

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6 添-2-002 改 1
提出年月日	2023年 11月 21日

VI-2-1-2 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要

2023年 11月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 敷地周辺の地震発生状況	2
3.1 被害地震	2
3.2 敷地周辺の地震活動	2
4. 活断層の分布状況	3
5. 地震の分類	4
5.1 内陸地殻内地震	4
5.2 プレート間地震及び海洋プレート内地震	5
6. 敷地における地震波の伝播特性	6
6.1 地震観測	6
6.2 解放基盤表面の設定	6
6.3 地震波の伝播特性	6
6.3.1 敷地及び敷地周辺の地下構造	6
6.3.2 地震波の伝播特性の評価	7
6.3.3 基準地震動 S_s の策定への反映事項	8
7. 基準地震動 S_s	10
7.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	10
7.1.1 地震発生層の設定	10
7.1.2 検討用地震の選定	11
7.1.3 地震動評価	12
7.2 震源を特定せず策定する地震動	17
7.2.1 評価方法	17
7.2.2 既往の知見	17
7.2.3 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集	17
7.2.4 地下構造モデルの設定	18
7.2.5 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル	19
7.2.6 超過確率の参照	20
7.3 基準地震動 S_s の策定	20
7.3.1 設計用応答スペクトル	20
7.3.2 設計用模擬地震波	21
7.4 基準地震動 S_s の超過確率参照	22

8.	弾性設計用地震動 S_d	23
8.1	設定根拠	23
8.2	安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率について	23
9.	参考文献	24

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」のうち「2.1 基本方針」に基づき、耐震設計に用いる基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d について説明するものである。

2. 基本方針

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」及び「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及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定している。

弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないよう基準地震動 S_s に係数を乗じて設定している。

基準地震動 S_s は、設置（変更）許可（平成29年12月27日）を受けたものを用いる。

基準地震動 S_s の策定は、設置（変更）許可申請書の添付書類六「5. 地震」、弾性設計用地震動 S_d の策定は、設置（変更）許可申請書の添付書類八「1.4 耐震設計」に記載のとおりであり、以下にその概要を示す。

3. 敷地周辺の地震発生状況

柏崎刈羽原子力発電所が位置する新潟県では、北東－南西方向の軸をもつ褶曲構造が卓越している⁽¹⁾。このひずみ集中帯と呼ばれる褶曲構造は南北方向に分布する何条かの断層・褶曲帯より成り、幅をもった領域全体で圧縮力によるひずみを解消するものと考えられている⁽²⁾。

柏崎刈羽原子力発電所周辺では、上記に対応するように地震が発生しており、その発生様式から、陸域の浅いところで発生する「内陸地殻内地震」及び日本海東縁の比較的浅いところで発生する「日本海東縁部の地震」の2種類に大別される⁽³⁾。

敷地周辺における被害地震、中小地震及び微小地震の発生状況を以下のとおり整理する。

3.1 被害地震

過去の地震による敷地への影響を検討するために、過去に敷地周辺に影響を与えたと考えられる被害地震を調査する。調査においては、信頼性が高いと考えられる「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾及び「気象庁地震カタログ」⁽⁵⁾を用いる。敷地からの震央距離が200km程度以内の地震を対象として選定した主な被害地震の諸元を表3-1に、それらの震央分布を図3-1に示す。

3.2 敷地周辺の地震活動

「気象庁地震カタログ」⁽⁵⁾に記載されている1923年～2012年の地震のうち、敷地周辺で発生したマグニチュード（以下「M」という。）5以上の地震の震央分布を図3-2に、敷地付近を横切る幅50kmの範囲に分布する震源の鉛直分布を図3-3に示す。

また、2010年～2012年の間に敷地周辺で発生したM5以下の地震のうち、震源深さが0km～30km、30km～60km、60km～90km、90km～120km及び120km以深の地震の震央分布を図3-4に、震源の鉛直分布を図3-5に示す。

4. 活断層の分布状況

地質調査結果，地震調査研究推進本部(2009)⁽⁶⁾等を踏まえ，敷地周辺の震源として考慮する活断層の分布を図4-1に，諸元を表4-1に示す。

さらに，連動を考慮する活断層の範囲を図4-2に，諸元を表4-2に示す。

5. 地震の分類

気象庁震度階級関連解説表⁽⁷⁾によると、地震により建物等に被害が発生するのは震度 5 弱（1996 年以前は震度 V）程度以上であることから、敷地に大きな影響を与える地震として、敷地周辺における揺れが震度 5 弱（震度 V）程度以上のものを地震発生様式別に分類する。

「3.1 被害地震」の表 3-1 に示した地震のうち、「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾及び「気象庁地震カタログ」⁽⁵⁾に記載されている震度分布図によると、敷地周辺における揺れが震度 5 弱（震度 V）程度以上であったと推定される地震は、1751 年越後の地震(M7.2)、1828 年越後の地震(M6.9)、1847 年善光寺地震(M7.4)、1847 年越後頸城郡の地震(M6.5)、1964 年新潟地震(M7.5)、2004 年新潟県中越地震(M6.8)（以下「2004 年新潟県中越地震」という。）、2007 年能登半島地震(M6.9)、2007 年新潟県中越沖地震(M6.8)（以下「2007 年新潟県中越沖地震」という。）及び 2011 年長野県北部の地震(M6.7)である。

一方、表 3-1 に示した地震のうち、敷地周辺の震度及び建物等の被害が明らかでない地震については、地震規模及び震央距離と震度との関係^{(8)・(9)}から敷地における震度を推定する。図 5-1 によると、敷地周辺における揺れが震度 5 弱（震度 V）程度以上と推定される地震は認められない。

5.1 内陸地殻内地震

敷地周辺における揺れが震度 5 弱（震度 V）程度以上であったと推定される地震のうち、1964 年新潟地震(M7.5)以外の地震は、内陸地殻内地震であると考えられ、1964 年新潟地震(M7.5)は、地震調査研究推進本部(2003)⁽²⁾によると日本海東縁部の地震として分類されている。内陸地殻内地震及び日本海東縁部の地震は、いずれも活断層・褶曲帯との関連性があり、震源深さが浅く、また、震源特性についても類似性が指摘されていることから^{(10)・(11)}、ここでは、これらの地震をまとめ、内陸地殻内地震として扱うこととする。

2007 年新潟県中越沖地震では、柏崎刈羽原子力発電所の各号機の原子炉建屋基礎版上で観測された最大加速度値が、設計で考慮した地震動による最大応答加速度値を上回った。また、観測記録の加速度振幅は、1 号機～4 号機の方が、5 号機～7 号機より大きくなっており、これらの要因分析を行っている⁽¹²⁾。

その要因を、震源特性、伝播特性（地震波が震源から敷地に伝わる経路の影響によるもの）及び地盤特性（敷地地盤の影響によるもの）に大別している。なお、以降の検討においては、伝播特性と地盤特性を区分せず、伝播特性に地盤特性を含めて整理する。

震源特性に関して、2007 年新潟県中越沖地震の短周期レベルは、内陸地殻内地震の平均的な短周期レベル⁽¹³⁾と比べて 1.5 倍程度であることを確認している。

伝播特性に関して、深部の地層境界が陸側から海側に向かい深くなる構造や敷地直下に存在する褶曲構造の影響があることを確認している^{(12)・(14)・(15)}。

2007 年新潟県中越沖地震の要因分析から得られた基準地震動 S_s の策定への反映

事項を表 5-1 に示す。

5.2 プレート間地震及び海洋プレート内地震

表 3-1 に示した地震において、プレート間地震及び海洋プレート内地震については、敷地周辺において震度 5 弱（震度 V）程度以上の揺れは認められていない^{(4),(5)}。

太平洋プレートではプレート間地震として 2011 年東北地方太平洋沖地震（モーメントマグニチュード（以下「Mw」という。）9.0）等が発生しているが、これらの地震は敷地から約 300km 以遠に位置し、敷地で震度 5 弱（震度 V）程度以上が想定される地震ではないことから、敷地への影響は大きくない。また、海洋プレート内地震として 2011 年宮城県沖の地震（M7.2）等が発生しているが、これらの地震は敷地から約 300km 以遠に位置し、敷地で震度 5 弱（震度 V）程度以上が想定される地震ではないことから、敷地への影響は大きくない。

6. 敷地における地震波の伝播特性

6.1 地震観測

敷地においては、地表と地中に地震計を設置した鉛直アレイ地震観測を1号機付近（以下「1号機鉛直アレイ観測点」という。）と5号機付近（以下「5号機鉛直アレイ観測点」という。）で実施している。また、全号機の原子炉建屋基礎版上に地震計を設置した原子炉建屋基礎版上地震観測及び敷地内のほぼ全域にわたり地表に地震計を設置した水平アレイ地震観測を実施している。それぞれの地震観測位置を図6-1に示す。

6.2 解放基盤表面の設定

地質調査結果によると、敷地における褶曲構造はNE-SW方向に連続し、全体としてSW方向にプランジしていることを確認している。

一方で、地盤の速度構造としては、各号機で実施したPS検層結果によると、1号機～4号機及び5号機～7号機の位置で、それぞれS波速度が700m/s以上となる硬質地盤は著しい高低差がなく、拡がりを持って分布していることを確認している。

したがって、解放基盤表面は、1号機～4号機側では、1号機鉛直アレイ観測点での東京湾平均海面T.M.S.L.（以下「標高」という。）-284mの位置に、5号機～7号機側では、5号機鉛直アレイ観測点での標高-134mの位置に設定する。

なお、入力地震動の評価においては、解放基盤表面以浅の地下構造（以下「浅部構造」という。）の影響を適切に考慮するため、6号機、7号機及び緊急時対策所を設置する5号機の解放基盤表面を表6-1に示す位置とする。

2007年新潟県中越沖地震の各号機で推定された表6-1に示す位置での速度時刻歴波形は、図6-2に示すように、5号機～7号機でおおむね等しく、適切な深度に設定していることを確認している。

6.3 地震波の伝播特性

6.3.1 敷地及び敷地周辺の地下構造

敷地及び敷地周辺の反射法地震探査、ボーリング調査等から、解放基盤表面以深の地下構造（以下「深部構造」という。）の特徴として、広域の地下構造は深部の地層境界が陸側から海側に向かい深くなる傾向を示すこと、敷地近傍の地下構造には褶曲構造が存在していることを確認している。

広域の地下構造としては、独立行政法人 原子力安全基盤機構(2005)⁽¹⁷⁾により敷地周辺の地下深部の3次元形状を反映した地下構造モデルが評価され、速度構造や減衰定数の妥当性が確認されている。

敷地近傍の地下構造としては、敷地内で実施したボーリング調査、敷地を含む周辺地域で実施した反射法地震探査の結果及びバランス断面法⁽¹⁸⁾を用いて推定した地層境界に基づき、敷地直下に存在する褶曲構造を考慮した2次元の地下構造モデルを評価した。敷地における2次元の地下構造モデルを図6-3に示す。モ

デルの速度構造や減衰定数の妥当性については、2007年新潟県中越沖地震の観測記録の再現性から確認している。

なお、敷地の地下構造については、1次元地下構造を仮定した検討を実施している。小林ほか(2005)⁽¹⁹⁾の方法を用い、水平/上下スペクトル振幅比の逆解析により推定した表6-2に示す速度構造モデル、微動アレイ観測による位相速度を目的関数とした逆解析により推定した速度構造モデル及び梅田・小林(2010)⁽²⁰⁾の方法を用いP波部水平/上下スペクトル振幅比、レシーバー関数及びコーダ部水平/上下スペクトル振幅比をジョイントインバージョンにより推定した速度構造モデルを整理した。2次元の地下構造との対比では、地層境界の深度に差異が生じていることから、複雑な地下構造の影響が認められた。

6.3.2 地震波の伝播特性の評価

3次元及び2次元の地下構造モデルを用いた分析結果は、地震観測記録の分析結果をおおむね再現していることから、深部の地層境界が陸側から海側に向かい深くなる構造及び敷地直下に存在する褶曲構造が敷地の深部構造における地震波の伝播特性に影響を与えていることを確認している。

一方、浅部構造における地震波の伝播特性については、鉛直アレイ地震観測の地表と地中のスペクトル比の到来方向別の分析及び梅田・小林(2010)⁽²⁰⁾の方法を用いて推定した速度構造モデルによる解放基盤表面相当位置から地表までの地盤増幅の確認により、特異な傾向は認められないことを確認している。

(1) 地震観測記録の分析

1号機及び5号機鉛直アレイ観測点で得られている中規模地震の観測記録を用い、深部構造における地震波の伝播特性について検討を行っている。観測記録から推定した解放基盤表面における地震動（以下「解放基盤波」という。）とNoda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比を整理し、敷地周辺の海域で発生する地震による地震波は、1号機鉛直アレイ観測点で5号機鉛直アレイ観測点と比較して大きく増幅するのに対し、敷地周辺の陸域で発生する地震による地震波は、特異な差異が認められないことを確認した⁽¹⁴⁾。検討結果を図6-4に示す。また、これらの鉛直アレイ地震観測で得られている小規模地震の観測記録を用い、浅部構造と深部構造における地震波の伝播特性について検討を行っている。浅部構造における地震波の伝播特性については、それぞれの観測点で地表と地中のスペクトル比を地震波の到来方向別に評価し、到来方向で特異な差異が認められないことを確認している。深部構造における地震波の伝播特性については、1号機鉛直アレイ観測点と5号機鉛直アレイ観測点の解放基盤波のスペクトル比を地震波の到来方向別に評価し、敷地の南西側から到来する地震波は、1号機鉛直アレイ観測点で大きく増幅していることを確認している。検討結果を図6-5及び図6-6に示す。

原子炉建屋基礎版上地震観測及び水平アレイ地震観測で得られている記録を用い、敷地内の各観測点間の比較を行った結果においても、1号機～4号機と5号機～7号機では伝播特性が異なることを確認している。特に、水平アレイ地震観測記録の分析結果では、南西側から到来する地震波のみ、顕著な増幅が認められる領域と顕著な増幅が認められない領域が確認され、1号機周辺の観測点で著しく増幅する傾向にあること、南西側以外の到来方向については、敷地内において地震波の伝播特性に特異な差異は認められないことを確認している。検討結果を図6-7に示す。

(2) 地下構造モデルを用いた分析

敷地周辺の地下深部の3次元形状を反映した地下構造モデルを用いて地盤増幅に関する解析検討を行った結果、厚い堆積層の影響に加え、地震基盤がせり上がる構造の影響により、敷地に近い領域で地盤増幅率が大きくなる傾向を確認した⁽¹²⁾。

また、敷地直下に存在する褶曲構造を考慮した2次元の地下構造モデルを用いて到来方向別の地盤増幅に関する解析検討を行った結果、地盤増幅率は、敷地の南西側から到来する地震波では5号機の位置と比較して1号機の位置で大きくなっており⁽¹⁵⁾、その他の方向から到来する地震波では1号機と5号機の位置で特異な差異が認められないことを確認している。検討結果を図6-8に示す。

なお、浅部構造における地震波の伝播特性については、梅田・小林(2010)⁽²⁰⁾の方法を用いた速度構造モデルを用いて解放基盤表面相当位置から地表までの地盤増幅に関する解析検討を行った結果、1号機～4号機、5号機～7号機周辺で特異な傾向は認められないことを確認している。一方、敷地の東側では、標高が高く表層が厚くなるために伝播特性が異なる領域もあることから、入力地震動の評価においては、調査結果等に基づき浅部構造の影響を適切に反映する。

6.3.3 基準地震動 S_s の策定への反映事項

基準地震動の策定においては、敷地における深部構造における地震波の伝播特性が異なることを踏まえ、地震波の顕著な増幅が認められる1号機～4号機を含む領域においては、著しい増幅が認められる1号機鉛直アレイを、地震波の顕著な増幅が認められない5号機～7号機を含む領域においては、各号機で特異な差異がないことから観測記録がより蓄積されている5号機鉛直アレイを代表として基準地震動を策定する。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価においては、地震動評価に適用可能な観測記録が得られていることを踏まえ、応答スペクトルに基づく地震動評価では観測記録に基づく補正係数を考慮することで、断層モデルを用いた手法による地震動評価では観測記録を要素地震とした経験的グリーン関数法を用いることで、地下構造モデルを設定せずに、地震波の伝播特性を適切に反映する。

「震源を特定せず策定する地震動」の評価においては、震源近傍における観測

記録の知見を基に敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを評価する必要があることを踏まえ、その知見が得られている基盤面から解放基盤表面までの地盤増幅を1次元地下構造モデルにより適切に評価可能であることを大深度地震観測記録等に基づき検証した上で、「震源を特定せず策定する地震動」の評価に用いる地下構造モデルを設定し、地震波の伝播特性を適切に反映する。

7. 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」及び「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及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。なお、基準地震動 S_s の策定においては、地震波の伝播特性及び基準地震動 S_s の策定過程における不確かさについても考慮する。

「6.3 地震波の伝播特性」を踏まえ、地震波の顕著な増幅が認められる領域においては1号機鉛直アレイを代表とし「荒浜側の基準地震動 S_s 」として、地震波の顕著な増幅が認められない領域においては5号機鉛直アレイを代表とし「大湊側の基準地震動 S_s 」として策定する。

7.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

7.1.1 地震発生層の設定

地震発生層は、2007年新潟県中越沖地震の余震分布⁽²¹⁾、ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト⁽¹⁰⁾における海域の自然地震観測による震源分布及び地殻構造探査による速度構造、Kato et al. (2009)⁽²²⁾による速度構造、水平/上下スペクトル振幅比を用いた地下構造推定手法⁽¹⁹⁾に基づく速度構造及びコンラッド面深さ^{(23), (24)}を総合的に判断して設定する。

2007年新潟県中越沖地震の本震以降に海底に設置された地震計の記録に基づいて再決定された精密余震分布によると震源深さは約6km～17kmに求められている⁽²¹⁾。

ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト⁽¹⁰⁾における海域の自然地震観測による震源分布でも震源深さは約6km～17kmに求められており、その上端は、速度構造のP波速度5.6km/s～6km/s層の深さと整合している。また、同プロジェクト⁽¹⁰⁾において、長岡平野西縁断層帯を横断する測線で屈折法地震探査等が実施されており、P波速度5.3km/s層の上面は6km～9kmの深さで分布していることが明らかとなっている。

Kato et al. (2009)⁽²²⁾では、2004年新潟県中越地震及び2007年新潟県中越沖地震の震源域周辺における稠密観測データを用いたトモグラフィ解析により、3次元の速度構造を推定しており、P波速度5.7km/sの等速度線は、西に向かって深くなり、その深度はおおむね6kmを超える傾向にある。小林ほか(2005)⁽¹⁹⁾の方法を用い、水平/上下スペクトル振幅比の逆解析により推定した表6-2に示す敷地地盤の速度構造モデルにおいてもP波速度6km/sを超える深さは6km以深となると考えられ、整合的である。

地殻はコンラッド面を境にして上部と下部に分けられ、内陸地殻内地震は主として上部地殻の中で発生するとされている。敷地周辺でのコンラッド面深さ^{(23), (24)}は15km～16km程度となっている。

上記の知見を整理し、上端深さについては速度構造を、下端深さについては余震分布をそれぞれ重視して検討した結果、地震発生層は、上端深さを6km、下端

深さを 17km, その厚さを 11km と設定する。

7.1.2 検討用地震の選定

検討用地震は, 「5. 地震の分類」を踏まえ, Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比較により, 敷地に大きな影響を与えると考えられる地震を選定する。なお, 敷地に与える影響の度合いを比較することが主目的であることから, 応答スペクトルの算定に当たっては, Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの補正係数を考慮しない。

「5. 地震の分類」によると, 敷地周辺における揺れが震度 5 弱 (震度 V) 程度以上と推定される地震は, 1751 年越後の地震 (M7. 2), 1828 年越後の地震 (M6. 9), 1847 年善光寺地震 (M7. 4), 1847 年越後頸城郡の地震 (M6. 5), 1964 年新潟地震 (M7. 5), 2004 年新潟県中越地震, 2007 年能登半島地震 (M6. 9), 2007 年新潟県中越沖地震及び 2011 年長野県北部の地震 (M6. 7) である。これらの地震については, 表 3-1 に示す地震規模及び震源位置から Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾により応答スペクトルを算定する。

「4. 活断層の分布状況」において示した敷地周辺の震源として考慮する活断層及び連動を考慮する活断層による地震を対象として, Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾により応答スペクトルを算定する。応答スペクトルの算定に用いる活断層の諸元を表 7-1 に示す。地震規模は, 図 7-1 に示すように, 2007 年新潟県中越沖地震の知見を踏まえて設定し, 等価震源距離 (以下「 X_{eq} 」という。) は, 地震調査研究推進本部 (2017)⁽²⁵⁾による強震動予測レシピ (以下「強震動予測レシピ」という。) に基づき設定した震源モデルを用いて算定する。ただし, F-B 断層による地震については, 芝 (2008)⁽²⁶⁾による震源インバージョン結果及び地震調査研究推進本部 (2008)⁽²¹⁾等から設定した 2007 年新潟県中越沖地震の震源モデルを 36km に拡張した震源モデルも考慮する。

さらに, 地震調査研究推進本部 (2003)⁽²⁾及び同 (2009)⁽⁶⁾においては, 日本海東縁部の地震として, 1964 年新潟地震 (M7. 5) に相当する新潟県北部沖の地震 (M7. 5 前後) に加え, 佐渡島北方沖の地震 (M7. 8 程度) を図 7-2 に示す新潟県沖から秋田県沖の領域に想定していることを踏まえ, 震源位置の不確かさを考慮し, 敷地に最も近い佐渡島北方に「想定佐渡島北方沖の地震」 (M7. 8) を想定する。

検討用地震の選定は, 「6.3 地震波の伝播特性」に示すとおり, 海域で発生する地震と陸域で発生する地震で地震波の伝播特性が異なることを踏まえ, 海域の活断層による地震及び海域で発生した地震 (以下「海域の地震」という。) と陸域の活断層による地震及び陸域で発生した地震 (以下「陸域の地震」という。) を分類して行う。なお, 日本海東縁部の地震については, 海域の地震に含めて選定する。

海域の地震及び陸域の地震を対象として, Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比較を図 7-3 に示す。これらより, 海域の地震による検討用地震とし

てF-B断層による地震を、陸域の地震による検討用地震として長岡平野西縁断層帯による地震をそれぞれ選定する。

一方、「5. 地震の分類」に示すとおり、表3-1に示した地震において、プレート間地震及び海洋プレート内地震については、敷地周辺において震度5弱（震度V）程度以上の揺れは認められておらず^{(4)・(5)}、敷地に大きな影響を与えるような地震ではない。

7.1.3 地震動評価

地震動評価は、震源特性及び地震波の伝播特性を考慮した上で、応答スペクトルに基づく手法及び断層モデルを用いた手法により行う。

応答スペクトルに基づく地震動評価は、Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾により行う。Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾の方法は、観測記録に基づく補正係数を考慮することにより、震源特性及び地震波の伝播特性を的確に反映することが可能である。なお、観測記録に基づく補正係数は、Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による内陸地殻内地震に対する補正係数は用いず、検討用地震と発生様式等が同じ地震の解放基盤波とNoda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比に基づき設定する。

断層モデルを用いた手法による地震動評価は、要素地震として適切な地震の観測記録が敷地において得られていることから、経験的グリーン関数法⁽²⁹⁾により行う。経験的グリーン関数法⁽²⁹⁾は、適切な要素地震を用いることにより、震源特性及び地震波の伝播特性を的確に反映することが可能である。

また、地震動評価における不確かさの考慮については、評価結果に与える影響が大きいと考えられる断層パラメータを選定し、その影響の度合いを評価する。

地震動評価の内容について、以下のとおり整理する。

(1) F-B断層による地震

a. 基本震源モデルの設定

F-B断層による地震の地震動評価は、強震動予測レシピモデル及び中越沖地震拡張モデルにより行う。

強震動予測レシピモデルにおいて、基本震源モデルは、地質調査結果及び強震動予測レシピ⁽²⁵⁾に基づき設定する。断層長さは、地質調査結果より36kmとして設定し、断層傾斜角は、明瞭に解釈できる範囲の海上音波探査の反射記録では、中～高角度と判断されることを踏まえ45°と設定する。

設定した断層パラメータ及び震源モデルを表7-2及び図7-4に示す。

b. 不確かさを考慮する断層パラメータの選定

F-B断層による地震の地震動評価のうち、強震動予測レシピモデルにおいては、2007年新潟県中越沖地震の知見等による不確かさの影響を把握することを目的に、表7-3に示すように、破壊開始点、アスペリティ位置、破壊伝播速度、

応力降下量及び断層傾斜角の不確かさを考慮する。

設定した断層パラメータ及び震源モデルを表 7-2, 表 7-4～表 7-6 及び図 7-4, 図 7-5 に示す。

c. 中越沖地震拡張モデル

中越沖地震拡張モデルは, F-B 断層に相当する位置で発生した 2007 年新潟県中越沖地震の知見を活用した地震動評価を行うことを目的に, 芝(2008)⁽²⁶⁾による震源インバージョン結果及び地震調査研究推進本部(2008)⁽²¹⁾等から設定した断層長さ 27km の震源モデルを, 図 7-6 に示すように, 36km に拡張して設定する。中越沖地震拡張モデルは, アスペリティの位置, 破壊伝播速度, 応力降下量及び断層傾斜角の設定において強震動予測レシピによる一般的な設定に対して保守的となっていることから, 強震動予測レシピモデルでの不確かさを考慮したケースに相当することを確認している。

なお, 破壊伝播形式については, 芝(2008)⁽²⁶⁾を参考にマルチハイポセンターを採用する。

設定した断層パラメータ及び震源モデルを表 7-7 及び図 7-7 に示す。

d. 応答スペクトルに基づく地震動評価

F-B 断層による地震の応答スペクトルに基づく地震動評価では, 強震動予測レシピモデル及び中越沖地震拡張モデルを対象とする。なお, 破壊伝播速度及び破壊開始点の不確かさによる影響については, 応答スペクトルに基づく地震動評価では確認することができないため, 断層モデルを用いた手法による地震動評価において確認する。

また, 2007 年新潟県中越沖地震の観測記録に基づく補正係数を考慮することにより, 震源特性及び地震波の伝播特性を反映させるものとする。観測記録に基づく補正係数を図 7-8 に示す。観測記録に基づく補正係数は, 保守的な評価となるよう, 1号機～4号機と 5号機～7号機で, 各号機の原子炉建屋基礎版上における観測記録から推定される解放基盤波と Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比を包絡するようにそれぞれ設定する。また, 評価において用いる地震規模については, 図 7-1 に示すように, 2007 年新潟県中越沖地震の知見を踏まえて算定した値とする。

上記に基づく地震動評価結果を図 7-9 に示す。

e. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

F-B 断層による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価は, 想定する地震の震源域で発生した 2007 年新潟県中越沖地震の余震を要素地震として行う。

要素地震の諸元及び震央位置を表 7-8 及び図 7-10 に示す。この要素地震

を用いた 2007 年新潟県中越沖地震の原子炉建屋基礎版上における強震動シミュレーションを実施し、敷地における観測記録と比較することにより、評価の妥当性を確認する。図 7-6 に示す震源モデルによる強震動シミュレーション結果と地震観測記録を比較して図 7-11 に示す。5 号機の評価においては、強震動シミュレーション結果は観測記録とおおむね同程度あるいは上回る地震動レベルとなっている。一方で、1 号機の評価においては、敷地より南西側に位置するアスペリティに対して、図 7-12 に示す補正係数を乗じることにより、観測記録とおおむね同程度の地震動レベルとなることを確認している。

以上のことから、F-B 断層による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価は、本要素地震を用いて実施することとし、地震波の顕著な増幅が認められる領域における評価において、図 7-4、図 7-5 及び図 7-7 に示す敷地より南西側に位置するアスペリティに用いる要素地震は、図 7-12 に示す補正係数を乗じた補正波とする。

上記に基づく地震動評価結果を図 7-13 に示す。

(2) 長岡平野西縁断層帯による地震

a. 基本震源モデルの設定

地質調査結果より、長岡平野西縁断層帯は、基本的には角田・弥彦断層、気比ノ宮断層及び片貝断層がそれぞれ単独で活動する分割放出型の断層帯と判断されるものの、地震調査研究推進本部(2004)⁽³³⁾、同(2009)⁽⁶⁾等を踏まえ、長岡平野西縁断層帯として一連で活動する場合を基本と考える。

断層パラメータは、地質調査結果及び強震動予測レシビ⁽²⁵⁾等に基づき設定し、アスペリティの応力降下量については、長大な逆断層であることから、佐藤(1989)⁽³⁴⁾による無限長の垂直縦ずれ断層に関する式を用いて震源断層全体の応力降下量を算定した後に設定する。

設定した断層パラメータ及び震源モデルを表 7-9 及び図 7-14 に示す。

b. 不確かさを考慮する断層パラメータの選定

長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価では、表 7-10 に示すように、破壊開始点、アスペリティ位置、破壊伝播速度、応力降下量及び断層傾斜角の不確かさを考慮する。

設定した断層パラメータ及び震源モデルを表 7-9、表 7-11～表 7-13 及び図 7-14、図 7-15 に示す。

c. 長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震

地質調査結果より、長岡平野西縁断層帯及び十日町断層帯西部は、両断層帯の間にリニアメントの判読されない区間が約 10km あり、この区間では背斜構造の形態も異なること等から、長岡平野西縁断層帯と十日町断層帯西部が連動

する可能性は低いと考えられるものの、長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価に加えて、長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震の地震動評価を実施する。

長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震においては、長大断層を対象とした Murotani et al. (2015)⁽³⁵⁾によるスケールリングを導入するとともに、地震調査研究推進本部の長大断層の評価⁽³⁶⁾と同様に平均応力降下量を一定値と仮定して設定する。また、表 7-10 に示すように応力降下量及び断層傾斜角の不確かさをそれぞれ考慮する。

設定した断層パラメータ及び震源モデルを表 7-14 及び図 7-16 に示す。

d. 応答スペクトルに基づく地震動評価

長岡平野西縁断層帯による地震の応答スペクトルに基づく地震動評価は、Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾により行い、表 7-10 の検討ケースのうち、基本震源モデル、アスペリティ位置、応力降下量及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケースを評価する。

基本震源モデル、アスペリティ位置及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケースの評価においては、想定断層面周辺で発生した地震の観測記録に基づく補正係数を考慮することにより、震源特性及び地震波の伝播特性を反映させるものとする。

図 7-17 に示す観測記録に基づく補正係数は、陸域で発生した地震については 1 号機鉛直アレイ観測点と 5 号機鉛直アレイ観測点で地震波の伝播特性に特異な差異がなく、複数の記録が得られていることを踏まえ、それぞれの解放基盤波と Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比の平均値として設定する。

応力降下量の不確かさについては、図 7-17 に示す観測記録に基づく補正係数の下限を 1 として、基本震源モデルの評価結果に対して短周期側における地震動レベルを嵩上げすることにより考慮する。

表 7-10 の検討ケースのうち、破壊開始点及び破壊伝播速度の不確かさによる影響は、応答スペクトルに基づく地震動評価では確認することができないため、断層モデルを用いた手法による地震動評価において確認する。

なお、検討用地震である長岡平野西縁断層帯の評価において用いる地震規模については、いまだ発生していない地震であることを踏まえ、保守的な評価となるよう、断層長さから松田(1975)⁽³⁷⁾による式に基づき算定した値とする。

長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震については、著しく長大な断層のため、松田(1975)⁽³⁷⁾による式の適用範囲外であることから、断層モデルを用いた手法により地震動評価を行う。

上記に基づく地震動評価結果を図 7-18 に示す。

e. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

長岡平野西縁断層帯による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価は、想定断層面周辺で発生した 2004 年新潟県中越地震の余震を要素地震として行う。

要素地震の諸元及び震央位置を表 7-15 及び図 7-19 に示す。これらの要素地震は、強震動シミュレーション⁽³⁸⁾において、敷地における 2004 年新潟県中越地震の観測記録の再現性が高いことから、長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価においても、断層面浅部及び深部に分け 2 つの要素地震を用いて評価することとする。

なお、要素地震については、表 7-16 に示すように、見積もりの影響評価、深部に採用した要素地震のみを用いた評価及び角田・弥彦断層～気比ノ宮断層の北部の断層に異なる要素地震を用いた評価を実施し、地震動評価に与える影響が小さいことを確認している。確認結果を、図 7-20 に示す。

上記に基づく地震動評価結果を図 7-21 に示す。

(3) 佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震

a. 震源モデルの設定

地質調査結果より、褶曲の連続性、離隔等から佐渡島南方断層、F-D 断層、高田沖断層、親不知海脚西縁断層及び魚津断層帯が連動する可能性は低いと考えられるものの、保守的に最大規模の連動を考慮する観点で地震動評価を行い、敷地に与える影響を確認する。

なお、地震動評価は、著しく長大な断層のため、松田(1975)⁽³⁷⁾による式の適用範囲外であることから、断層モデルを用いた手法により地震動評価を行う。

断層パラメータのうち、断層の位置及び断層長さは地質調査結果等に基づき設定し、断層傾斜角については、2007 年新潟県中越沖地震の余震分布⁽²¹⁾等を参考に一律 35° と設定する。

また、著しく長大な断層となることから、長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の評価で採用した方法で断層パラメータを設定した上で、応力降下量の不確かさを考慮して設定する。

設定した断層パラメータ及び震源モデルを表 7-17 及び図 7-22 に示す。

b. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価は、佐渡島南方断層の想定断層面周辺で発生した 2007 年新潟県中越沖地震の余震を要素地震として行う。要素地震の諸元及び震央位置を表 7-18 及び図 7-23 に示す。

なお、地震波の顕著な増幅が認められる領域における評価において、図 7-

22 に示す敷地より南西側に位置するアスペリティに用いる要素地震は、2007 年新潟県中越沖地震における第 3 アスペリティの特性を踏まえ、図 7-12 に示す補正係数を乗じた補正波とする。

上記に基づく地震動評価結果を図 7-24 に示す。

7.2 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、「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」は、震源近傍における観測記録より得られた知見を基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルとして策定する。

7.2.1 評価方法

震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内地震を検討対象地震として選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を基に、敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定する。「震源を特定せず策定する地震動」として、「地域性を考慮する地震動」及び「全国共通に考慮すべき地震動」の 2 種類を検討する。

7.2.2 既往の知見

加藤ほか(2004)⁽⁴⁰⁾は、内陸地殻内地震を対象として、詳細な地質学的調査によっても震源位置及び地震規模をあらかじめ特定できない地震による震源近傍の硬質地盤上の強震記録を用いて、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の上限スペクトルを設定している。加藤ほか(2004)⁽⁴⁰⁾による応答スペクトルに対し Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾の方法により求めた伝播特性を用いて評価した応答スペクトルを、震源を特定せず策定する地震動の評価において参考とする。

7.2.3 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内地震の震源近傍の観測記録の収集においては、「地域性を考慮する地震動」として、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を現すまでには至っておらず、震源の規模が推定できない Mw6.5 程度以上の地震を、「全国共通に考慮すべき地震動」として、断層破壊領域が地震発生層内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模も推定できない地震として地震学的検討から全国共通で考慮すべき Mw6.5 程度未満の地震を対象とする。

(1) 地域性を考慮する地震動 (Mw6.5 程度以上の地震)

「地域性を考慮する地震動」の検討に当たっては、事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部痕跡が確認された 2008 年岩手・宮城内陸地震及び 2000 年鳥取県西部地震を選定する。地表地震断層の出現要因の可能性としては、活断層の成熟度、上部の軟岩・火山岩・堆積層の分布状況、地質体の違い等の地域差があると考えられる。

2008 年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺は、カルデラや厚い第四紀火山噴出物が分布し、活断層地形の認定が困難な地域である。一方、敷地周辺は、断層運動に関連した褶曲構造が発達し、これらを詳細に調査することにより、活断層の認定が可能な地域である。また、2008 年岩手・宮城内陸地震の震源域周辺では、地震発生層上端深さが 1km 程度であり、敷地周辺と比較して著しく浅いこと、垣見ほか(2003)⁽⁴¹⁾の地震地体構造区分によると震源域と敷地が位置する領域は異なること等から、震源域と敷地周辺の地質学的及び地震学的背景に地域差があると考えられるため、2008 年岩手・宮城内陸地震の観測記録は収集対象外とする。

2000 年鳥取県西部地震の震源域周辺は、活断層が未成熟であり、横ずれ断層を主体とする地域である。一方、敷地周辺は、詳細な調査により多数の活断層が認定されており、逆断層を主体とする地域である。また、2000 年鳥取県西部地震の震源域周辺では、地震発生層上端深さが 2km 程度であり、敷地周辺と比較して著しく浅いこと、垣見ほか(2003)⁽⁴¹⁾の地震地体構造区分によると震源域と敷地が位置する領域は異なること等から、震源域と敷地周辺の地質学的及び地震学的背景に地域差があると考えられるため、2000 年鳥取県西部地震の観測記録は収集対象外とする。

(2) 全国共通に考慮すべき地震動 (Mw6.5 程度未満の地震)

「全国共通に考慮すべき地震動」の検討に当たっては、実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 別記 2 に示される、2004 年北海道留萌支庁南部の地震において防災科学技術研究所が運用する全国強震観測網の港町観測点における観測記録から推定した基盤地震動及び震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した S 波速度 2,200m/s 以上の地震基盤相当面における標準的な応答スペクトル (以下「標準応答スペクトル」という。) の知見を用いる。地震基盤相当面における標準応答スペクトルを図 7-25 に示す。

7.2.4 地下構造モデルの設定

敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルの評価に当たっては、7.2.3(2)に示す知見が得られている基盤面の S 波速度を考慮し、敷地においてその S 波速度に相当する基盤面から解放基盤表面までの地盤増幅を 1 次元地下構造モデルにより適切に評価可能であることを大深度地震観測記録等に基づき検証した上で地下構造モデルを設定し、地震波の伝播特性を適切に反映する。評価に用いる地下構造モ

デルは、大深度ボーリング調査結果等の知見を参照して梅田・小林(2010)⁽²⁰⁾の方法を用いて、敷地の伝播特性の情報を含んだ地表の観測記録を再現する地下構造モデルとして推定した。その際、観測記録が多く蓄積されている浅部(1号機鉛直アレイ観測点で標高-250m以浅, 5号機鉛直アレイ観測点で標高-300m以浅)については、観測記録の伝達関数を対象とした逆解析により推定した。設定した1次元地下構造モデルを表7-19に示す。設定した1次元地下構造モデルにより、敷地の解放基盤表面までの伝播特性を適切に考慮できることについては、大深度地震観測記録、大深度ボーリング調査結果等の知見及び既往の知見を用いて検証を行い、妥当性を確認している。

7.2.5 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル

2004年北海道留萌支庁南部の地震において、防災科学技術研究所が運用する全国強震観測網の港町観測点における観測記録から推定した基盤地震動を考慮した地震動(以下「2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動」という。)は、佐藤ほか(2013)⁽⁴³⁾で詳細な地盤調査及び信頼性の高い基盤地震動の推定が行われていることから、これらを参考にK-NET 港町観測点の地下構造モデルの不確かさ等を考慮して基盤地震動を評価し、K-NET 港町観測点と敷地の解放基盤表面相当位置の地盤物性の相違による影響を考慮する。表7-19に示す5号機鉛直アレイ観測点の地下構造モデルにおいてK-NET 港町観測点のS波速度938m/sを上回るS波速度960m/sの層の上面に基盤地震動を入力した。2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動は、敷地の地盤物性の相違による影響を考慮した評価結果に対し、さらに保守性を考慮して設定する。設定した応答スペクトルを加藤ほか(2004)⁽⁴⁰⁾による応答スペクトルと比較して図7-26に示す。

標準応答スペクトルに基づく地震動は、標準応答スペクトルがS波速度2,200m/s以上の地震基盤相当面を設定されていることから、この地震基盤相当面と敷地の解放基盤表面相当位置との地盤物性の相違による影響を考慮する。標準応答スペクトルに適合する模擬地震波は複数の方法に基づき作成することとし、地震動の振幅包絡線の経時的变化に基づく一様乱数の位相を有する正弦波の重ね合わせによる方法及び観測記録の位相を用いる方法により作成する。一様乱数の位相を用いた模擬地震波の振幅包絡線の経時的变化については、Noda et al.(2002)⁽¹⁶⁾の方法に基づき、表7-20に示す形状とする。観測記録の位相を用いた模擬地震波は、2007年新潟県中越沖地震の解放基盤波の位相を用いて作成する。標準応答スペクトルに適合する模擬地震波の作成結果を表7-21、加速度時刻歴波形を図7-27、標準応答スペクトルに対する模擬地震波の応答スペクトル比を図7-28に示す。表7-19に示す地下構造モデルにおいてS波速度2,200m/sを上回るS波速度2,350m/sの層の上面に模擬地震波を入力した。標準応答スペクトルに基づく地震動は、不確かさを考慮して、複数の方法に基づく模擬地震波を用いた評価結果のそれぞれの応答スペクトルとして設定する。設定した応答ス

ペクトルを図 7-29 に示す。

7.2.6 超過確率の参照

独立行政法人 原子力安全基盤機構(2005)⁽⁴⁴⁾は、断層モデルを用いた手法による M5.5～M7.3 の地震の震源近傍における地震動評価結果に基づき、各地域の震源を特定しにくい地震による地震動について、地震基盤における水平動の年超過確率を求め、その一様ハザードスペクトルを算出している。敷地が位置する領域(南東北・関東・中部)における一様ハザードスペクトルと、加藤ほか(2004)⁽⁴⁰⁾による応答スペクトルを地震基盤相当で比較した結果を図 7-30 に示す。加藤ほか(2004)⁽⁴⁰⁾に基づく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の年超過確率は、地震基盤相当において、 10^{-4} ～ 10^{-6} 程度である。

7.3 基準地震動 S_s の策定

7.3.1 設計用応答スペクトル

(1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルは、「7.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」に基づき、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策定する。

F-B 断層による地震における中越沖地震拡張モデルを考慮したケースについて、応答スペクトルに基づく地震動評価結果を基準地震動 S_{s-1} とし、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を基準地震動 S_{s-2} として設定する。基準地震動 S_{s-1} 及び S_{s-2} の設計用応答スペクトルを図 7-31 に示す。

長岡平野西縁断層帯による地震における応答スペクトルに基づく地震動評価結果のうち、応力降下量又は断層傾斜角の不確かさを考慮したそれぞれのケースの評価結果を包絡して基準地震動 S_{s-3} を設定する。また、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のうち、応力降下量の不確かさを考慮したケースを基準地震動 S_{s-4} とし、断層傾斜角の不確かさを考慮したケースを基準地震動 S_{s-5} として設定する。なお、基準地震動 S_{s-3} の鉛直方向は、水平方向の $2/3$ 倍となるように設定する。さらに、長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震動評価のうち、応力降下量の不確かさを考慮したケースを基準地震動 S_{s-6} とし、断層傾斜角の不確かさを考慮したケースを基準地震動 S_{s-7} として設定する。基準地震動 S_{s-3} ～ S_{s-7} の設計用応答スペクトルを図 7-32 に示す。

なお、佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震については、図 7-33 に示すとおり、F-B 断層による地震又は長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価結果を下回る。

(2) 震源を特定せず策定する地震動

「7.2 震源を特定せず策定する地震動」の地震動評価結果と基準地震動 Ss-1～Ss-7 を比較する。

2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動と基準地震動 Ss-1～Ss-7 の比較を図 7-34 に示す。荒浜側の 2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動は、基準地震動 Ss-1 に対して、水平及び鉛直方向ともに全周期帯において下回るため、基準地震動として設定しない。大湊側の 2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動は、基準地震動 Ss-1 に対して、鉛直方向では全周期帯において下回るものの、水平方向の一部の周期帯で上回るため、基準地震動 Ss-8 として設定する。

標準応答スペクトルに基づく地震動と基準地震動 Ss-1～Ss-7 の比較を図 7-35 に示す。荒浜側の標準応答スペクトルに基づく地震動は、基準地震動 Ss-3 に対して、水平及び鉛直方向ともに全周期帯において下回るため、基準地震動として設定しない。大湊側の標準応答スペクトルに基づく地震動は、基準地震動 Ss-1 に対して、水平方向では全周期帯において、鉛直方向では短周期側において下回るものの、鉛直方向の周期 1.7 秒以上の周期帯でわずかに上回る。これに対し、耐震設計等に基準地震動を用いる施設等は、周期 1.7 秒以上に鉛直方向の固有周期を有しない設計とする。なお、令和 4 年 3 月 23 日付け原規規発第 2203234 号により通知を受けるまでに既に設計した設計基準対象施設及び重大事故等対処施設（それぞれにおいて当該施設が機能を維持するために必要な施設等を含む）のうち、耐震設計等に基準地震動を用いる施設等は、周期 1.7 秒以上の長周期側に鉛直方向の固有周期を有しないことを確認している。以上を前提条件として、大湊側の標準応答スペクトルに基づく地震動は基準地震動として設定しない。

7.3.2 設計用模擬地震波

(1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

応答スペクトルに基づく地震動評価結果による基準地震動 Ss-1 及び Ss-3 の設計用模擬地震波は、設計用応答スペクトルに適合するものとして、地震動の振幅包絡線の経時的変化に基づく一様乱数の位相を有する正弦波の重ね合わせにより作成する。なお、振幅包絡線の経時的変化については、Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾に基づき表 7-22 に示す形状とする。設計用模擬地震波 Ss-1H, Ss-1V 及び Ss-3H, Ss-3V は、それぞれ F-B 断層による地震及び長岡平野西縁断層帯による地震に相当する振幅包絡線の経時的変化を有するものとする。設計用模擬地震波の作成結果を表 7-23 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図 7-36 にそれぞれ示す。

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果による基準地震動 Ss-2, Ss-4～Ss-7 の設計用模擬地震波は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の加速度時刻歴波形を採用する。

(2) 震源を特定せず策定する地震動

基準地震動 S_s-8 の時刻歴波形は、2004 年北海道留萌支庁南部地震の K-NET 港町観測点において得られた記録から地下構造モデルの不確かさ、敷地の地盤物性を考慮した上で、さらに保守性を考慮して評価したものを採用する。

以上により策定した設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形を図 7-37 に、最大加速度値をまとめて表 7-24 に示す。

7.4 基準地震動 S_s の超過確率参照

参考として、基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルと社団法人 日本原子力学会 (2007)⁽⁴⁵⁾ の方法に基づき試算した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルを比較する。

一樣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、地質調査結果、地震調査研究推進本部 (2012)⁽⁴⁶⁾ に基づく活断層に関する情報及び地震調査研究推進本部 (2009)⁽⁶⁾ による日本海東縁部の地震に関する情報を基にモデル化を行う。また、領域震源モデルとして、敷地から半径 150km 以内の領域を対象とし、垣見ほか (2003)⁽⁴¹⁾、海域と陸域及び敷地から半径 30km 内外に基づき領域区分を設定する。考慮した震源モデルを表 7-25 及び図 7-38 に示す。

地震動伝播モデルとしては、Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾ による距離減衰式を用い、敷地に与える影響が大きいと考えられる活断層の連動を考慮したロジックツリーを作成し評価を行う。ロジックツリーの分岐及び重み付けの考え方を表 7-26 に示し、作成したロジックツリーを図 7-39 に示す。

上記に基づき試算した平均ハザード曲線、地震ごとのハザード曲線及びフラクタイルハザード曲線をそれぞれ図 7-40～図 7-42 に示す。また、一樣ハザードスペクトルと基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルの比較を図 7-43 に示す。基準地震動 S_s-1～S_s-7 の設計用応答スペクトルの年超過確率は 10^{-4} ～ 10^{-5} 程度である。

また、「震源を特定せず策定する地震動」に基づき設定した基準地震動 S_s-8 の応答スペクトルと領域震源による一樣ハザードスペクトルの比較を図 7-44 に示す。基準地震動 S_s-8 の年超過確率は 10^{-3} ～ 10^{-5} 程度である。

8. 弾性設計用地震動 S_d

8.1 設定根拠

弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下回らないよう基準地震動 S_s に係数 0.5 を乗じて設定する。ここで、係数 0.5 は工学的判断として、原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が 0.5 程度であるという知見を踏まえ、さらに「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）」に基づいた「原子炉設置変更許可申請書（平成 3 年 5 月 15 日許可/63 資庁第 6644 号）」の「添付書類六 変更に係る原子炉施設の場所に関する気象、地盤、水理、地震、社会環境等の状況に関する説明書 5.6.3 基準地震動」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルをおおむね下回らないよう配慮した値とする。

また、建物・構築物及び機器・配管系ともに 0.5 を採用することで、弾性設計用地震動 S_d に対する設計に一貫性をとる。なお、弾性設計用地震動 S_d の年超過確率は、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度である。弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルを図 8-1 に、弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形を図 8-2 に、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_1 の比較を図 8-3 に、弾性設計用地震動 S_d と解放基盤表面における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を図 8-4 に示す。

8.2 安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率について

安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての係数 α は、日本電気協会の調査報告⁽⁴⁸⁾を参照して評価する。日本電気協会の調査報告⁽⁴⁸⁾には、鉄筋コンクリート造壁式構造の建屋を 2 質点系の簡易なスウェイ・ロッキングモデルに置換し、入力地震動を 100Gal ずつ順次増加して非線形地震応答解析を行って求められたせん断ひずみと層せん断力係数の関係を示した図があり、この図に許容限界①および許容限界②を加筆したものを図 8-5 に示す。ここで、許容限界②は、建屋はある程度の損傷を受けるがその程度は小さく、終局に対して余裕のある基準地震動 S_s の許容限界（せん断ひずみ度で 2.0×10^{-3} ）を示しており、許容限界①は許容限界②の入力加速度を 1/2 倍とした場合の応答値を示している。

許容限界①の応答値は短期許容応力度相当と考えられ、設置許可基準規則解釈 別記 2 でいう弾性設計用地震動 S_d に求められる「おおむね弾性範囲の設計」と考えられる。

以上より、許容限界①を弾性限界、許容限界②を安全機能限界と捉えた場合、安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての α は 0.5 程度の値となる。

9. 参考文献

- (1) 活断層研究会編 (1991) : [新編] 日本の活断層 分布図と資料, 東京大学出版会
- (2) 地震調査研究推進本部 (2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について, 地震調査委員会資料
- (3) 地震調査研究推進本部地震調査委員会編 (2009) : 日本の地震活動ー被害地震から見た地域別の特徴ー 第2版
- (4) 宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子 (2013) : 日本被害地震総覧 599-2012, 東京大学出版会
- (5) 気象庁: 地震年報 2012年版, 地震・火山月報ほか
- (6) 地震調査研究推進本部 (2009) : 「全国地震動予測地図」報告書
- (7) 気象庁, 消防庁 (2009) : 震度に関する検討会報告書
- (8) 村松郁栄 (1969) : 震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 自然科学, 第4巻, 第3号
- (9) 勝又護, 徳永規一 (1971) : 震度IVの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応, 験震時報, 第36巻, 第3,4号
- (10) 文部科学省 研究開発局, 独立行政法人 防災科学技術研究所: 科学技術振興費 ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 成果報告書
- (11) 染井一寛, 浅野公之, 岩田知孝 (2010) : 地震波コーダのスペクトル比から推定したひずみ集中帯内外の地震系列の応力降下量, 月刊地球, Vol. 32
- (12) 東京電力株式会社 (2008) : 柏崎刈羽原子力発電所における平成19年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書
- (13) 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透 (2001) : 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 第545号
- (14) 土方勝一郎, 西村功, 水谷浩之, 徳光亮一, 真下貢, 田中信也 (2010) : 2007年新潟県中越沖地震の地震動特性, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻 第653号
- (15) 渡辺哲史, 諸井孝文, 徳光亮一, 西村功, 土方勝一郎 (2011) : 褶曲構造を考慮した解析によるアスペリティ位置と地震動増幅特性の関連性の検討ー柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震の観測記録に基づく評価ー, 日本建築学会構造系論文集, 第76巻 第659号
- (16) Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul
- (17) 独立行政法人 原子力安全基盤機構(2005) : 地震に係る確率論的安全評価手法の整備=深部地盤速度構造同定に基づく地震動特性評価に関する検討=に関する報告書, JNES/SAE05-048
- (18) 岡村行信, 石山達也 (2005) : 2004年新潟県中越地震震源域での地質構造を用いた

- 伏在断層モデルの作成，活断層・古地震研究報告，No.5
- (19) 小林喜久二，植竹富一，土方勝一郎（2005）：地震動の水平/上下スペクトル振幅比の逆解析による地下構造推定法の標準化に関する検討，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2，構造Ⅱ
- (20) 梅田尚子，小林喜久二（2010）：地震記録の逆解析による地下構造推定手法の適用性検討，第13回地震工学シンポジウム論文集
- (21) 地震調査研究推進本部（2008）：平成19年（2007年）新潟県中越沖地震の評価，平成20年1月11日，地震調査委員会資料
- (22) Kato, A., E. Kurashimo, T. Igarashi, S. Sakai, T. Iidaka, M. Shinohara, T. Kanazawa, T. Yamada, N. Hirata, and T. Iwasaki (2009) : Reactivation of ancient rift systems triggers devastating intraplate earthquakes, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 36
- (23) D. Zhao, A. Hasegawa and H. Kanamori (1994) : Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 99, NO. B11
- (24) Katsumata (2010) : Depth of the Moho discontinuity beneath the Japanese islands estimated by travelttime analysis, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 115, B04303
- (25) 地震調査研究推進本部（2017）：震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」），平成29年（2017年）4月
- (26) 芝良昭（2008）：2007年新潟県中越沖地震の震源過程の解明と広帯域強震動評価，電力中央研究所報告，研究報告N08007
- (27) 武村雅之（1998）：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との関連—，地震第2輯，第51巻
- (28) 大竹政和，平朝彦，太田陽子（2002）：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス，東京大学出版会
- (29) DAN, K., T. WATANABE and T. TANAKA (1989) : A SEMI-EMPIRICAL METHOD TO SYNTHESIZE EARTHQUAKE GROUND MOTIONS BASED ON APPROXIMATE FAR-FIELD SHEAR-WAVE DISPLACEMENT, 日本建築学会構造系論文報告集，第396号
- (30) 入倉孝次郎（2006）：強震動地震学の発展の歴史とレシピへの展開，第34回地盤震動シンポジウム，日本建築学会
- (31) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所：広帯域地震観測網 (F-net), <http://www.fnet.bosai.go.jp/>
- (32) James N. Brune (1970) : Tectonic Stress and the Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 75, NO. 26
- (33) 地震調査研究推進本部（2004）：長岡平野西縁断層帯の長期評価について，地震調査委員会資料
- (34) 佐藤良輔 編著（1989）：日本の地震断層パラメーター・ハンドブック，鹿島出版会

- (35) Murotani, S., S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura and S. Kitagawa (2015) : Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal mega-fault systems, Pure and Applied Geophysics, 172
- (36) 地震調査研究推進本部 (2005) : 山崎断層帯の地震を想定した強震動評価について, 地震調査委員会資料
- (37) 松田時彦 (1975) : 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震第2輯, 第28巻
- (38) 神原浩, 松島信一, 早川崇, 福喜多輝 (2006) : 2004年新潟県中越地震の余震観測記録に基づく本震時の震源域の強震動推定, 清水建設研究報告, 第83号
- (39) 岩田知孝, 森勇人, 川瀬博 (2005) : スペクトルインバージョンによる強震観測点サイトの非線形性の抽出, 平成16年(2004年)新潟県中越沖地震に関する緊急調査研究報告書
- (40) 加藤研一, 宮腰勝義, 武村雅之, 井上大榮, 上田圭一, 壇一男 (2004) : 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 —, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号
- (41) 垣見俊弘, 松田時彦, 相田勇, 衣笠善博 (2003) : 日本列島と周辺海域の地震地体構造区分, 地震第2輯, 第55巻
- (42) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 : 強震観測網 (K-NET, KiK-net), <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/>
- (43) 佐藤浩章, 芝良昭, 東貞成, 功刀卓, 前田宜浩, 藤原広行 (2013) : 物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点 (HKD020) の基盤地震動とサイト特性評価 研究報告:N13007 電力中央研究所報告
- (44) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 (2005) : 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 (平成16年度), JNES/SAE05-004
- (45) 社団法人 日本原子力学会 (2007) : 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, 日本原子力学会標準, AESJ-SC-P006
- (46) 地震調査研究推進本部 (2012) : 今後の地震動ハザード評価に関する検討～2011年・2012年における検討結果～
- (47) 島崎邦彦 (2009) : 地震と活断層: その関係を捉え直す, 科学, Vol.79, No.2
- (48) 社団法人日本電気協会 電気技術基準調査委員会原子力発電耐震設計特別調査委員会建築部会 (1994) : 静的地震力の見直し (建築編) に関する調査報告書 (概要)

表 3-1(1) 主な被害地震の諸元 (その 1)

No.	年.月.日	北緯	東経	地震規模	震央距離 (km)	震源地名 (地震名)
1	0762.06.09	35.5° ~36.5°	137.0° ~138.0°	≥7.0	186	美濃・飛騨・信濃
2	0818.--.--	36.0° ~37.0°	139.0° ~140.0°	≥7.5	130	関東諸国
3	0841.--.--	36.2°	138.0°	≥6.5	146	信濃
4	1433.11.06	37.7°	139.8°	6.7	110	会津
5	1502.01.28	37.2°	138.2°	6.5~7.0	43	越後南西部
6	1611.09.27	37.6°	139.8°	≒6.9	108	会津
7	1627.10.22	36.6°	138.2°	6.0±1/2	98	松代
8	1636.12.03	37.0°	138.7°	≒5.0~5.5	47	越後中魚沼郡
9	1646.06.09	38.1°	140.65°	6.5~6.7	196	陸前
10	1649.07.30	35.8°	139.5°	7.0±1/4	197	武蔵・下野
11	1659.04.21	37.1°	139.8°	6 3/4~7.0	112	岩代・下野
12	1666.02.01	37.1°	138.2°	≒6 3/4	50	越後西部
13	1670.06.22	37.75°	139.15°	≒6 3/4	61	越後中・南蒲原郡
14	1683.06.17	36.7°	139.6°	6.0~6.5	120	日光
15	1683.06.18	36.75°	139.65°	6.5~7.0	119	日光
16	1683.10.20	36.9°	139.7°	7.0±1/4	113	日光
17	1706.01.19	38.6°	139.9°	5 3/4±1/4	174	湯殿山付近
18	1714.04.28	36.75°	137.85°	≒6 1/4	100	信濃小谷村
19	1725.05.29	36.25°	139.7°	≒6.0	163	日光
20	1725.08.14	36.0°	138.1°	6.0~6.5	164	伊那・高遠・諏訪
21	1729.08.01	37.4°	137.1°	6.6~7.0	133	能登・佐渡
22	1731.10.07	38.0°	140.6°	≒6.5	188	岩代
23	1738.01.03	37.0°	138.7°	≒5 1/2	47	中魚沼郡
24	1751.05.21	37.1°	138.2°	7.0~7.4	50	越後
25	1755.04.21	36.75°	139.6°	—	116	日光
26	1762.03.29	37.8°	139.0°	5.5~6.0	55	越後
27	1762.10.31	38.1°	138.7°	≒7.0	76	佐渡
28	1780.07.20	38.9°	139.9°	≒6.5	200	酒田
29	1791.07.23	36.2°	138.0°	≒6 3/4	146	松本
30	1799.06.29	36.6°	136.7°	6.0±1/4	192	加賀
31	1802.12.09	37.8°	138.35°	6.5~7.0	48	佐渡
32	1821.12.13	37.45°	139.6°	5.5~6.0	89	岩代
33	1826.08.28	36.2°	137.25°	≒6.0	181	飛騨大野郡
34	1828.12.18	37.6°	138.9°	6.9	33	越後
35	1833.12.07	38.9°	139.25°	7 1/2±1/4	174	羽前・羽後・越後・佐渡
36	1847.05.08	36.7°	138.2°	7.4	87	信濃北部および越後西部(善光寺地震)
37	1847.05.13	37.2°	138.3°	6 1/2±1/4	36	越後頸城郡
38	1853.01.26	36.6°	138.1°	6.5±1/4	101	信濃北部
39	1855.03.18	36.25°	136.9°	6 3/4±1/4	200	飛騨白川・金沢
40	1858.04.09	36.4°	137.2°	7.0~7.1	168	飛騨・越中・加賀・越前(飛越地震)

つづく

注：地震諸元は、「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾による。

以降の検討において、地震諸元が幅をもって示されている場合は、その中央値を採用。

表 3-1(2) 主な被害地震の諸元 (その 2)

つづき

No.	年.月.日	北緯	東経	地震規模	震央距離 (km)	震源地名(地震名)
41	1858.04.23	36.6°	137.9°	5.7±0.2	110	信濃大町
42	1859.01.11	35.9°	139.7°	≒6.0	195	岩槻
43	1886.07.23	37.05°	138.5°	5.3	42	信越国境
44	1887.07.22	37.5°	138.9°	5.7	28	新潟県古志郡
45	1888.04.29	36.6°	140.0°	6.0	154	栃木県
46	1890.01.07	36.45°	137.95°	6.2	122	犀川流域
47	1892.12.09	37.1°	136.7°	6.4	172	能登
48	1894.10.22	38.9°	139.9°	7.0	200	庄内平野(庄内地震)
49	1896.04.02	37.5°	137.3°	5.7	115	能登半島
50	1897.01.17	36.2°	139.9°	5.6	178	利根川中流域
51	1897.01.17	36.65°	138.25°	5.2	91	長野県北部
52	1898.02.13	36.2°	139.8°	5.6	173	茨城県南西部
53	1898.05.26	37.0°	138.9°	6.1	54	新潟県六日町付近
54	1900.07.25	36° 48′	138° 20′	5.0	73	長野県仁礼村付近
55	1903.08.10	36.2°	137.5°	5 1/2	167	乗鞍岳西方
56	1904.05.08	37.1°	138.9°	6.1	44	新潟県六日町付近
57	1905.07.23	37.15°	138.45°	5.2	33	新潟県安塚町付近
58	1912.07.16	36.4°	138.55°	5.7	113	浅間山
59	1912.08.17	36.4°	138.25°	5.1	117	長野県上田町付近
60	1914.11.15	37.1°	138.1°	5.7	57	高田付近
61	1916.02.22	36.5°	138.5°	6.2	102	浅間山麓
62	1918.11.11	36.45°	137.88°	6.1	125	長野県大町付近(大町地震)
63	1918.11.11	36.45°	137.88°	6.5	125	長野県大町付近(大町地震)
64	1919.03.29	36.9°	138.4°	5.4	60	長野県北部
65	1923.01.14	36° 05′	140° 03′	6.0	197	水海道付近
66	1927.10.27	37° 30′	138° 51′	5.2	24	新潟県中部(関原地震)
67	1931.09.21	36° 10′	139° 15′	6.9	151	埼玉県中部(西埼玉地震)
68	1933.09.21	37° 05′	136° 57′	6.0	151	能登半島
69	1933.10.04	37° 14′	138° 58′	6.1	39	新潟県小千谷
70	1936.11.02	37° 22′	140° 01′	4.1	126	会津若松市付近
71	1941.03.07	36° 43′	138° 22′	5.0	81	長野県中野付近
72	1941.07.15	36° 39′	138° 12′	6.1	93	長野市付近
73	1943.08.12	37° 20′	139° 52′	6.2	113	福島県田島付近(田島地震)
74	1943.10.13	36° 49′	138° 13′	5.9	75	長野県古間村
75	1944.12.07	38° 22′	140° 22′	5.5	188	山形県左沢町
76	1949.12.26	36° 42′	139° 42′	6.2	126	今市地方(今市地震)
77	1949.12.26	36° 43′	139° 47′	6.4	131	今市地方(今市地震)
78	1951.08.02	37° 10′	138° 30′	5.0	29	新潟県南部
79	1956.09.30	37° 59′	140° 37′	6.0	189	宮城県南部
80	1961.02.02	37° 27′	138° 50′	5.2	21	長岡付近

つづく

注：地震諸元は、「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾による。

以降の検討において、地震諸元が幅をもって示されている場合は、その中央値を採用。

表 3-1(3) 主な被害地震の諸元 (その 3)

つづき

No.	年.月.日	北緯	東経	地震規模	震央距離 (km)	震源地名 (地震名)
81	1964.06.16	38° 22'	137° 13'	7.5	118	新潟県沖 (新潟地震)
82	1968.07.01	35° 59'	139° 26'	6.1	176	埼玉県中部
83	1968.09.21	36° 49'	138° 16'	5.3	73	長野県北部
84	1970.04.09	36° 26'	138° 06'	5.0	118	長野県北部
85	1971.02.26	37° 08'	138° 21'	5.5	39	新潟県南部
86	1971.11.10	36° 37'	138° 20'	4.5	92	長野県北部
87	1972.08.20	38° 36'	139° 57'	5.3	177	山形県中部
88	1974.08.04	36° 01'	139° 55'	5.8	195	茨城県南西部
89	1977.10.05	36° 08'	139° 52'	5.5	182	茨城県南西部
90	1979.03.02	36° 09'	138° 00'	3.8	151	松本市付近
91	1979.04.25	37° 22'	139° 29'	4.4	78	福島県西部
92	1979.05.05	35° 48'	139° 11'	4.7	187	秩父市付近
93	1980.09.24	35° 58'	139° 48'	5.4	194	埼玉県東部
94	1983.10.16	37° 08.4'	137° 58.3'	5.3	64	新潟県西部沿岸
95	1986.08.24	36° 19.4'	138° 19.4'	4.9	124	長野県東部
96	1986.12.30	36° 38.4'	137° 55.3'	5.9	106	長野県北部
97	1987.06.16	37° 30.5'	140° 03.4'	4.5	129	会津若松付近
98	1987.09.14	36° 59.5'	138° 29.0'	4.8	49	長野県北部
99	1989.02.19	36° 01.3'	139° 54.3'	5.6	194	茨城県南西部
100	1990.12.07	37° 12.6'	138° 33.4'	5.4	24	新潟県南部
101	1992.05.11	36° 32.0'	140° 32.2'	5.6	199	茨城県中部
102	1992.12.27	36° 58.6'	138° 34.8'	4.5	49	新潟県南部
103	1993.02.07	37° 39.4'	137° 17.8'	6.6	118	能登半島沖
104	1993.05.21	36° 02.7'	139° 53.8'	5.4	192	茨城県南西部
105	1994.12.18	37° 17.7'	139° 53.5'	5.5	115	福島県西部
106	1995.01.07	36° 18.1'	139° 58.6'	5.4	175	茨城県南西部
107	1995.04.01	37° 53.5'	139° 14.9'	5.6	78	新潟県北東部
108	1995.12.22	38° 12.2'	140° 23.1'	4.6	180	蔵王付近
109	1996.12.21	36° 05.8'	139° 51.7'	5.6	185	茨城県南部
110	1998.02.21	37° 16.2'	138° 47.7'	5.2	24	中越地方
111	1998.07.01	36° 37.3'	137° 54.9'	5.0	108	長野県北部
112	1999.01.28	36° 22.3'	137° 59.0'	4.8	129	松本市付近
113	2000.04.26	37° 34.8'	140° 00.7'	4.5	126	会津若松・喜多方付近
114	2001.01.04	36° 57.4'	138° 46.1'	5.3	54	中越地方
115	2002.06.14	36° 13.0'	139° 58.6'	5.1	181	茨城県南部
116	2003.12.22	37° 53.3'	138° 15.3'	4.7	60	佐渡付近
117	2004.10.23	37° 17.6'	138° 52.0'	6.8	27	中越地方 (2004年新潟県中越地震)
118	2005.01.18	37° 22.2'	138° 59.8'	4.7	36	中越地方
119	2005.02.16	36° 02.3'	139° 53.3'	5.3	192	茨城県南部
120	2005.04.23	36° 39.7'	138° 17.8'	4.1	88	長野県北部

つづく

注：地震諸元は、「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾による。

表 3-1(4) 主な被害地震の諸元 (その 4)

つづき

No.	年.月.日	北緯	東経	地震規模	震央距離 (km)	震源地名 (地震名)
121	2005.06.20	37° 13.8'	138° 35.4'	5.0	21	中越地方
122	2005.07.28	36° 07.6'	139° 50.8'	5.0	182	茨城県南部
123	2005.08.21	37° 17.9'	138° 42.7'	5.0	17	中越地方
124	2005.10.16	36° 02.4'	139° 56.3'	5.1	194	茨城県南部
125	2007.03.25	37° 13.2'	136° 41.2'	6.9	171	能登地方 (2007年能登半島地震)
126	2007.07.16	37° 33.4'	138° 36.6'	6.8	15	柏崎沖 (2007年新潟県中越沖地震)
127	2008.06.13	35° 54.7'	137° 42.2'	4.7	186	長野県南部
128	2009.05.12	37° 04.3'	138° 32.0'	4.8	39	上越地方
129	2009.10.12	37° 25.9'	139° 41.8'	4.9	97	会津地方
130	2010.05.01	37° 33.6'	139° 11.5'	4.9	55	中越地方
131	2010.09.29	37° 17.1'	140° 01.5'	5.7	127	福島県中通り
132	2010.10.03	37° 08.3'	138° 25.1'	4.7	35	上越地方
133	2011.02.27	36° 09.5'	137° 27.5'	4.9	173	飛騨地方
134	2011.02.27	36° 09.4'	137° 27.3'	5.5	173	飛騨地方
135	2011.03.12	36° 59.2'	138° 35.9'	6.7	48	長野県北部 (2011年長野県北部の地震)
136	2011.04.11	36° 56.7'	140° 40.4'	7.0	192	福島県浜通り
137	2011.04.12	37° 03.2'	140° 38.6'	6.4	186	福島県浜通り
138	2011.04.16	36° 20.5'	139° 56.7'	5.9	169	茨城県南部
139	2011.04.17	37° 01.4'	138° 41.3'	4.9	45	中越地方
140	2011.06.02	37° 01.1'	138° 42.3'	4.7	46	中越地方
141	2011.06.30	36° 11.3'	137° 57.3'	5.4	148	長野県中部
142	2011.11.20	36° 42.6'	140° 35.3'	5.3	194	茨城県北部
143	2012.02.08	37° 51.9'	138° 10.3'	5.7	62	佐渡付近
144	2012.07.10	36° 49.9'	138° 23.3'	5.2	68	長野県北部

注：地震諸元は、「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾による。

表 4-1 敷地周辺の震源として考慮する活断層の諸元

	No. *1	活断層の名称	断層長さ (km)	備考
海域	①	佐渡島棚東縁断層	37	佐渡島棚東縁撓曲に対応
	②	F-B 断層	36	F-B 褶曲群に対応
	③	佐渡島南方断層	29	
	④	F-D 断層	30	F-D 褶曲群に対応
	⑤	高田沖断層	25	高田沖褶曲群に対応
	⑥	米山沖断層	21	
陸域	⑦	長岡平野西縁断層帯	91	地震調査研究推進本部(2009) ⁽⁶⁾ 等を踏まえ、角田・弥彦断層～気比ノ宮断層～片貝断層の同時活動を考慮
	⑧	十日町断層帯西部	33	断層長さは地震調査研究推進本部(2009) ⁽⁶⁾ による長期評価に基づく
	⑨	高田平野西縁断層帯	30	
	⑩	悠久山断層	13	孤立した短い活断層*2
	⑪	半蔵金付近のリニアメント	10	孤立した短い活断層*2
	⑫	柏崎平野南東縁のリニアメント	3.5	孤立した短い活断層*2
	⑬	山本山断層	3.5	孤立した短い活断層*2
	⑭	水上断層	4	孤立した短い活断層*2
	⑮	上米山断層	6	孤立した短い活断層*2
	⑯	雁海断層	7	孤立した短い活断層*2

注記*1: 番号は、図 4-1 に対応。

*2: 敷地周辺に認められる、地表付近の断層長さが短く、震源断層が地表付近の長さ以上に広がっている可能性も考えられる断層（以下「孤立した短い活断層」という。）。

表 4-2 連動を考慮する活断層の諸元

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

注記*: 番号は、図 4-2 に対応。

表 5-1 基準地震動 S_s の策定への反映事項

項目	反映事項	
	応答スペクトルに基づく地震動評価	断層モデルを用いた手法による地震動評価
共通	<p>震源特性及び地震波の伝播特性を適切に反映するため、敷地における観測記録に基づき、基準地震動 S_s を策定する。</p> <p>地震動評価においては、地震動特性の違いを考慮し、海域で発生する地震と陸域で発生する地震に分類して評価を実施する。</p> <p>海域で発生する地震については、顕著な増幅が認められる領域と顕著な増幅が認められない領域でそれぞれ評価を実施する。</p> <p>陸域で発生する地震については、地震動特性に特異な差異がないことから共通の評価を実施する。</p>	
震源特性	<p>Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による内陸地殻内地震に対する補正係数は採用せず、敷地における観測記録に基づく補正係数を考慮する。なお、補正係数が 1 を下回る場合、1 に嵩上げたケースも考慮する。</p>	<p>短周期レベルとして標準的な値の 1.5 倍を考慮する。</p>
伝播特性	<p>海域で発生する地震、陸域で発生する地震を分類し、地震波の到来方向を踏まえて評価した観測記録に基づく補正係数を適用する。</p>	<p>地下構造等の影響が反映された適切な要素地震を用いて評価する。</p>

表 6-1 入力地震動の評価における解放基盤表面の位置

号機	標高 T. M. S. L. * (m)	整地面からの深さ (m)
5号機	-134	146
6号機	-155	167
7号機	-155	167

注記*：東京湾平均海面。Tokyo bay Mean Sea Level の略で、
東京湾での検潮に基づき設定された陸地の高さの基準。

表 6-2 小林ほか(2005)⁽¹⁹⁾の方法を用いて推定した速度構造モデル

(1) 1号機鉛直アレイ観測点

層 No.	標高 (m)	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	S 波速度 (m/s)	P 波速度 (m/s)	Q 値*
	-284					
1	-300	16	2.11	1110	2280	50f
2	-1360	1060	2.12	1160	2390	50f
3	-2410	1050	2.25	1620	3220	50f
4	-3700	1290	2.36	2050	4150	50f
5	-5880	2180	2.51	2760	4820	50f
6	—	—	2.59	3170	5230	—

← 解放基盤表面
← 地震基盤

注記* : Q 値は、推定された値から周波数(f)依存型のモデルとして設定した値。

(2) 5号機鉛直アレイ観測点

層 No.	標高 (m)	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	S 波速度 (m/s)	P 波速度 (m/s)	Q 値*
	-134					
1	-149	15	2.03	730	1800	50f
2	-180	31	2.03	890	1900	50f
3	-231	51	2.03	890	1900	50f
4	-266	35	2.03	960	1900	50f
5	-300	34	2.03	1000	2100	50f
6	-1360	1060	2.12	1160	2390	50f
7	-2410	1050	2.25	1620	3220	50f
8	-3700	1290	2.36	2050	4150	50f
9	-5880	2180	2.51	2760	4820	50f
10	—	—	2.59	3170	5230	—

← 解放基盤表面
← 地震基盤

注記* : Q 値は、推定された値から周波数(f)依存型のモデルとして設定した値。

表 7-1 応答スペクトル算定に用いる活断層の諸元

(1) 震源として考慮する活断層

	No. *1	活断層の名称	断層長さ (km)	地震 規模*2	傾斜角*3 (°)	断層幅*4 (km)	Xeq*5 (km)	
							1号機	5号機
海 域	①	佐渡島棚東縁断層	37	6.8	西 55	15	55	53
	②	F-B 断層	36	6.8 (7.0)	東 45 (東 35)	16 (20)	17 (13)	16 (13)
	③	佐渡島南方断層	29	6.8	東 45	16	26	25
	④	F-D 断層	30	6.8	東 45	16	38	39
	⑤	高田冲断層	25	6.8	東 30	22	59	60
	⑥	米山冲断層	21	6.8	西 50	15	25	26
陸 域	⑦	長岡平野西縁断層帯	91	7.5	西 50	15	25	25
	⑧	十日町断層帯西部	33	6.8	西 60	13	32	33
	⑨	高田平野西縁断層帯	30	6.8	西 45	16	51	52

注記*1: 番号は、図 4-1 に対応。

*2: 地震規模は、図 7-1 に示すように、2007 年新潟県中越沖地震の知見を踏まえて設定。ただし、下限値を 6.8 として設定。

*3: 断層の傾斜角は、地質調査結果及び地震調査研究推進本部(2009)⁽⁶⁾による長期評価を参考に設定。なお、F-B 断層の()は、2007 年新潟県中越沖地震の余震分布⁽²¹⁾を参考に傾斜角を設定した場合の値。

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

*5: Xeq は、強震動予測レシビ⁽²⁵⁾に従い、地質調査結果に基づく断層の midpoint を基準として均等配置した断層面を用いて算定。なお、F-B 断層の()は、芝(2008)⁽²⁶⁾による震源インバージョン結果及び地震調査研究推進本部(2008)⁽²¹⁾等から設定した 2007 年新潟県中越沖地震の震源モデルを 36km に拡張した震源モデルに基づき算定。

注: 敷地周辺に認められる、孤立した短い活断層については、長岡平野西縁断層帯を構成する片貝断層と比較して Xeq が遠いことを確認した上で、長岡平野西縁断層帯で代表させる。

(2) 連動を考慮する活断層

	No. *1	活断層の名称	断層 長さ (km)	地震 規模*2	傾斜 角*3 (°)	断層 幅*4 (km)	Xeq (km)	
							1号機	5号機
海 域	I	佐渡島南方断層～F-D 断層 ～高田冲断層	84	7.6	東 30～ 45	20	31	31
	II	佐渡島南方断層～F-D 断層 ～高田冲断層～親不知海脚 西縁断層～魚津断層帯	156	—*5	東 30～ 45	20	—	—
陸 域	III	長岡平野西縁断層帯～山本 山断層～十日町断層帯西部	132	7.7	西 50	15	26	26

注記*1: 番号は、図 4-2 に対応。

*2: 地震規模は、図 7-1 に示すように、2007 年新潟県中越沖地震の知見を踏まえて設定。

*3: 断層の傾斜角は、地質調査結果及び地震調査研究推進本部(2009)⁽⁶⁾による長期評価を参考に設定。なお、幅がある I、II について、ここでは 2007 年新潟県中越沖地震の余震分布⁽²¹⁾を参考に 35° として設定。

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

*5: 大竹ほか(2002)⁽²⁸⁾を参考に、参照している日本海東縁部の地震の最大規模(M7.8)を超えているため評価手法の適用範囲外と判断。

表 7-2 F-B 断層による地震の断層パラメータ

強震動予測レシピモデル

(基本震源モデル(No. 1)*, 破壊開始点の不確かさを考慮したケース(No. 2)*及び

アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース(No. 3)*)

項目		設定値		
巨視的断層面	気象庁マグニチュード	6.8		
	基準点	東経(°)	138.34	
		北緯(°)	37.37	
	断層上端深さ(km)	6		
	断層長さ(km)	36		
	断層幅(km)	16		
	断層面積(km ²)	576		
	走向(°)	39		
	傾斜角(°)	45		
	破壊伝播形式	同心円状		
	S波速度(km/s)	3.4		
	地震モーメント(N・m)	1.9×10 ¹⁹		
アスペリティ	アスペリティ番号	アス ^ペ リティ1	アス ^ペ リティ2	
	面積(km ²)	60	60	
	地震モーメント(N・m)	3.9×10 ¹⁸	3.9×10 ¹⁸	
	平均すべり量(cm)	205	205	
	実効応力(MPa)	15.6	15.6	
	破壊伝播速度(km/s)	2.4	2.4	
背景領域	面積(km ²)	456		
	地震モーメント(N・m)	1.1×10 ¹⁹		
	平均すべり量(cm)	76		
	実効応力(MPa)	2.8		
	破壊伝播速度(km/s)	2.4		

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-3 に対応。

表 7-3 F-B 断層による地震の検討ケース

No.	検討ケース	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	断層傾斜角 δ (°)	破壊開始点	アスペリティの数と位置	破壊伝播速度*	応力降下量	短周期レベル (N・m/s ²)	備考
0	(地質調査結果)	36	—	中～高角度	—	—	—	—	—	地質調査結果における断層長さの不確かさを考慮
1	強震動予測レシビモデル 基本震源モデル	36	16	45	アスペリティ 下端 (複数)	2 個 中央均等配置	0.72Vs	強震動予測 レシビ ⁽²⁵⁾	1.5×10 ¹⁹	地質調査結果及び強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾ に基づき、不確かさの影響を確認するために設定したモデル。
2	強震動予測レシビモデル 破壊開始点の不確かさ考慮	36	16	45	巨視的断層面 下端 (複数)	2 個 中央均等配置	0.72Vs	強震動予測 レシビ ⁽²⁵⁾	1.5×10 ¹⁹	巨視的断層面の下端に破壊開始点を設定したモデル。
3	強震動予測レシビモデル アスペリティ位置の不確かさ考慮	36	16	45	アスペリティ 下端 (複数)	1 個 中央集約配置	0.72Vs	強震動予測 レシビ ⁽²⁵⁾	1.5×10 ¹⁹	敷地に最も近い位置となる断層面中央にアスペリティを集約して設定したモデル。
4	強震動予測レシビモデル 破壊伝播速度の不確かさ考慮	36	16	45	アスペリティ 下端 (複数)	2 個 中央均等配置	3.1km/s	強震動予測 レシビ ⁽²⁵⁾	1.5×10 ¹⁹	2007 年新潟県中越沖地震の震源インバージョン ⁽²⁶⁾ 結果によると、一部のアスペリティで最大 3.1km/s の破壊伝播速度が求められていることから北側のアスペリティに 3.1km/s を設定したモデル。
5	強震動予測レシビモデル 応力降下量の不確かさ考慮	36	16	45	アスペリティ 下端 (複数)	2 個 中央均等配置	0.72Vs	強震動予測 レシビ ⁽²⁵⁾ ×1.5 倍	2.2×10 ¹⁹	2007 年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、アスペリティの応力降下量として強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾ による値の 1.5 倍の値を考慮したモデル。
6	強震動予測レシビモデル 断層傾斜角の不確かさ考慮	36	20	35	アスペリティ 下端 (複数)	2 個 中央均等配置	0.72Vs	強震動予測 レシビ ⁽²⁵⁾	1.7×10 ¹⁹	2007 年新潟県中越沖地震の余震分布 ⁽²¹⁾ を参考に傾斜角 35° を考慮したモデル。
7	中越沖地震拡張モデル	36	20	35	2007 年新潟県 中越沖地震で の破壊開始点	3 個 2007 年新潟県中 越沖地震でのアス ペリティ位置	2.5～ 3.1km/s	強震動予測 レシビ ⁽²⁵⁾ ×1.5 倍相当	2.3×10 ¹⁹	2007 年新潟県中越沖地震の知見を活用した地震動評価を実施することを目的に、芝 (2008) ⁽²⁶⁾ による震源インバージョン結果及び地震調査研究推進本部 (2008) ⁽²¹⁾ 等から設定した断層長さ 27km の震源モデルを、地質調査結果を踏まえ、36km に拡張して設定したモデル。

注記* : Vs は、震源の S 波速度を示す。

表 7-4 F-B 断層による地震の断層パラメータ
 強震動予測レシピモデル
 (破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース (No. 4) *)

項 目		設定値		
巨視的断層面	気象庁マグニチュード	6.8		
	基準点	東経(°)	138.34	
		北緯(°)	37.37	
	断層上端深さ(km)	6		
	断層長さ(km)	36		
	断層幅(km)	16		
	断層面積(km ²)	576		
	走向(°)	39		
	傾斜角(°)	45		
	破壊伝播形式	同心円状		
	S 波速度(km/s)	3.4		
地震モーメント(N・m)	1.9×10 ¹⁹			
アスペリティ	アスペリティ番号	アスぺリティ1	アスぺリティ2	
	面積(km ²)	60	60	
	地震モーメント(N・m)	3.9×10 ¹⁸	3.9×10 ¹⁸	
	平均すべり量(cm)	205	205	
	実効応力(MPa)	15.6	15.6	
	破壊伝播速度(km/s)	2.4	3.1	
背景領域	面積(km ²)	456		
	地震モーメント(N・m)	1.1×10 ¹⁹		
	平均すべり量(cm)	76		
	実効応力(MPa)	2.8		
	破壊伝播速度(km/s)	2.4		

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-3 に対応。

表 7-5 F-B 断層による地震の断層パラメータ
 強震動予測レシピモデル
 (応力降下量の不確かさを考慮したケース (No. 5)*)

項 目		設定値		
巨視的断層面	気象庁マグニチュード	6.8		
	基準点	東経(°)	138.34	
		北緯(°)	37.37	
	断層上端深さ(km)	6		
	断層長さ(km)	36		
	断層幅(km)	16		
	断層面積(km ²)	576		
	走向(°)	39		
	傾斜角(°)	45		
	破壊伝播形式	同心円状		
	S波速度(km/s)	3.4		
	地震モーメント(N・m)	1.9×10 ¹⁹		
アスペリティ	アスペリティ番号	アスぺリティ1	アスぺリティ2	
	面積(km ²)	60	60	
	地震モーメント(N・m)	3.9×10 ¹⁸	3.9×10 ¹⁸	
	平均すべり量(cm)	205	205	
	実効応力(MPa)	23.4	23.4	
	破壊伝播速度(km/s)	2.4	2.4	
背景領域	面積(km ²)	456		
	地震モーメント(N・m)	1.1×10 ¹⁹		
	平均すべり量(cm)	76		
	実効応力(MPa)	4.2		
	破壊伝播速度(km/s)	2.4		

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-3 に対応。

表 7-6 F-B 断層による地震の断層パラメータ
 強震動予測レシピモデル
 (断層傾斜角の不確かさを考慮したケース (No. 6)*)

項 目		設定値		
巨視的断層面	気象庁マグニチュード	6.8		
	基準点	東経(°)	138.37	
		北緯(°)	37.36	
	断層上端深さ(km)	6		
	断層長さ(km)	36		
	断層幅(km)	20		
	断層面積(km ²)	720		
	走向(°)	39		
	傾斜角(°)	35		
	破壊伝播形式	同心円状		
	S波速度(km/s)	3.4		
	地震モーメント(N・m)	2.9×10 ¹⁹		
アスペリティ	アスペリティ番号	アスぺリティ1	アスぺリティ2	
	面積(km ²)	87	87	
	地震モーメント(N・m)	7.0×10 ¹⁸	7.0×10 ¹⁸	
	平均すべり量(cm)	257	257	
	実効応力(MPa)	15.0	15.0	
	破壊伝播速度(km/s)	2.4	2.4	
背景領域	面積(km ²)	546		
	地震モーメント(N・m)	1.5×10 ¹⁹		
	平均すべり量(cm)	87		
	実効応力(MPa)	2.4		
	破壊伝播速度(km/s)	2.4		

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-3 に対応。

表 7-7 F-B 断層による地震の断層パラメータ
中越沖地震拡張モデル(No. 7) *

項 目		設定値		
巨視的断層面	気象庁マグニチュード	7.0		
	基準点	東経(°)	138.37	
		北緯(°)	37.36	
	断層上端深さ(km)	6		
	断層長さ(km)	36		
	断層幅(km)	20		
	断層面積(km ²)	720		
	走向(°)	39		
	傾斜角(°)	35		
	破壊伝播形式	マルチハイポセンター		
	S 波速度(km/s)	3.4		
地震モーメント(N・m)	1.7×10 ¹⁹			
アスペリティ	アスペリティ番号	アス ^ペ リティ1	アス ^ペ リティ2	アス ^ペ リティ3
	面積(km ²)	42	52	42
	地震モーメント(N・m)	3.3×10 ¹⁸	3.8×10 ¹⁸	2.5×10 ¹⁸
	平均すべり量(cm)	249	230	195
	実効応力(MPa)	25	21	20
	破壊伝播速度(km/s)	3.1	2.8	2.5
	破壊時間遅れ(s)	0.2	1.8	0.0
背景領域	面積(km ²)	584		
	地震モーメント(N・m)	7.0×10 ¹⁸		
	平均すべり量(cm)	38		
	実効応力(MPa)	5.1		
	破壊伝播速度(km/s)	2.3		

注記* : 検討ケースの番号(No.)は、表 7-3 に対応。

表 7-8 F-B 断層による地震の地震動評価に用いる要素地震の諸元

項目		設定値	備考
発生日時		2007年7月16日 21時08分	気象庁 ⁽⁵⁾
気象庁マグニチュード		4.4	気象庁 ⁽⁵⁾
モーメントマグニチュード		4.4	F-net ⁽³¹⁾
震央位置	東経(°)	138.63	気象庁 ⁽⁵⁾
	北緯(°)	37.51	気象庁 ⁽⁵⁾
震源深さ(km)		13.6	余震分布を踏まえ設定
走向(°)		187 ; 39	F-net ⁽³¹⁾
傾斜(°)		54 ; 41	F-net ⁽³¹⁾
すべり角(°)		70 ; 115	F-net ⁽³¹⁾
地震モーメント(N・m)		5.2×10^{15}	F-net ⁽³¹⁾
コーナー周波数(Hz)		1.7	Brune(1970) ⁽³²⁾ 式
実効応力(MPa)		4.6	芝(2008) ⁽²⁶⁾

表 7-9 長岡平野西縁断層帯による地震の断層パラメータ
 (基本震源モデル(No. 1)*, 破壊開始点の不確かさを考慮したケース(No. 2)*及び
 アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース(No. 3)*)

項目		設定値					
		長岡平野 西縁断層帯 (全体)	角田・弥彦 断層 (北部)	角田・弥彦 断層 (南部)	気比ノ宮 断層	片貝断層	
巨 視 的 断 層 面	気象庁マグニチュード	8.1					
	基準点	東経(°)	138.83	138.83	138.79	138.76	138.73
		北緯(°)	38.13	38.13	37.89	37.65	37.47
	断層上端深さ(km)		6				
	断層長さ(km)		91	27	27	20	17
	断層幅(km)		15				
	断層面積(km ²)		1365	405	405	300	255
	走向(°)		187				
	傾斜角(°)		50				
	S波速度(km/s)		3.4				
	破壊伝播速度(km/s)		2.4				
地震モーメント(N・m)		1.0×10 ²⁰	3.1×10 ¹⁹	3.1×10 ¹⁹	2.3×10 ¹⁹	1.9×10 ¹⁹	
ア ス ペ リ テ ィ	面積(km ²)	373	111	111	82	70	
	地震モーメント(N・m)	5.7×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	1.1×10 ¹⁹	
	平均すべり量(cm)	487					
	応力降下量(MPa)	16					
背 景 領 域	面積(km ²)	992	294	294	218	185	
	地震モーメント(N・m)	4.7×10 ¹⁹	1.4×10 ¹⁹	1.4×10 ¹⁹	1.0×10 ¹⁹	8.8×10 ¹⁸	
	平均すべり量(cm)	152					
	実効応力(MPa)	3.2	3.4	3.4	3.0	2.7	

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-10 に対応。

表 7-10 長岡平野西縁断層帯による地震の検討ケース

No.	検討ケース	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	断層傾斜角 δ (°)	破壊開始点	アスペリティ位置	破壊伝播速度*	応力降下量	備考
0	(地質調査結果)片貝断層	16	—	50	—	—	—	—	地質調査結果によると、基本的には角田・弥彦断層、気比ノ宮断層及び片貝断層がそれぞれ単独で活動する分割放出型の断層帯と判断される。
1	基本震源モデル	91	15	50	巨視的断層面北端部	断層中央上端	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾	地震調査研究推進本部(2009) ⁽⁶⁾ を参考に、長岡平野西縁断層帯として同時活動を考慮し、強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾ に基づき設定したモデル。
2	破壊開始点の不確かさ考慮	91	15	50	複数	断層中央上端	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾	基本震源モデルにおける設定以外で、巨視的断層面の南端及びアスペリティ下端部に破壊開始点を設定したモデル。
3	アスペリティ位置の不確かさ考慮	91	15	50	巨視的断層面北端部	セグメント毎敷地寄せ	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾	地質調査結果において、片貝断層及び気比ノ宮断層の平均変位速度が断層中央で大きくなっている傾向を踏まえ、断層中央上端が基本として考えられるが、セグメント毎にアスペリティを敷地に寄せて設定したモデル。
4	破壊伝播速度の不確かさ考慮	91	15	50	巨視的断層面北端部	断層中央上端	3.1km/s	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾	2007年新潟県中越沖地震の震源イメージ ⁽²⁶⁾ 結果によると、一部のアスペリティで最大3.1km/sの破壊伝播速度が求められていることから片貝断層のアスペリティに3.1km/sを設定したモデル。
5	応力降下量の不確かさ考慮	91	15	50	巨視的断層面北端部	断層中央上端	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾ ×1.5倍	2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、アスペリティの応力降下量として強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾ による値の1.5倍の値を考慮したモデル。
6	断層傾斜角の不確かさ考慮	91	20	35	巨視的断層面北端部	断層中央上端	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾	周辺で発生した2007年新潟県中越沖地震の余震分布 ⁽²¹⁾ を参考に傾斜角35°を考慮したモデル。
7	連動の考慮	132	15	50	巨視的断層面北端部	断層中央上端	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾	長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮したモデル。
8	連動の考慮及び応力降下量の不確かさ考慮	132	15	50	巨視的断層面北端部	断層中央上端	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾ ×1.5倍	長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮したモデルにおいて、アスペリティの応力降下量として強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾ による値の1.5倍の値を考慮したモデル。
9	連動の考慮及び断層傾斜角の不確かさ考慮	132	20	35	巨視的断層面北端部	断層中央上端	0.72Vs	強震動予測レシビ ⁽²⁵⁾	長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮したモデルにおいて、周辺で発生した2007年新潟県中越沖地震の余震分布 ⁽²¹⁾ を参考に傾斜角35°を考慮したモデル。

注記* : Vs は、震源のS波速度を示す。

表 7-11 長岡平野西縁断層帯による地震の断層パラメータ
(破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース(No. 4)*)

項目		設定値					
		長岡平野 西縁断層帯 (全体)	角田・弥彦 断層 (北部)	角田・弥彦 断層 (南部)	気比ノ宮 断層	片貝断層	
巨視的 断層 面	気象庁マグニチュード	8.1					
	基準点	東経(°)	138.83	138.83	138.79	138.76	138.73
		北緯(°)	38.13	38.13	37.89	37.65	37.47
	断層上端深さ(km)		6				
	断層長さ(km)		91	27	27	20	17
	断層幅(km)		15				
	断層面積(km ²)		1365	405	405	300	255
	走向(°)		187				
	傾斜角(°)		50				
	S波速度(km/s)		3.4				
	破壊伝播速度(km/s)		—	2.4	2.4	2.4	3.1
地震モーメント(N・m)		1.0×10 ²⁰	3.1×10 ¹⁹	3.1×10 ¹⁹	2.3×10 ¹⁹	1.9×10 ¹⁹	
ア ス ペ リ テ ィ	面積(km ²)	373	111	111	82	70	
	地震モーメント(N・m)	5.7×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	1.1×10 ¹⁹	
	平均すべり量(cm)	487					
	応力降下量(MPa)	16					
背 景 領 域	面積(km ²)	992	294	294	218	185	
	地震モーメント(N・m)	4.7×10 ¹⁹	1.4×10 ¹⁹	1.4×10 ¹⁹	1.0×10 ¹⁹	8.8×10 ¹⁸	
	平均すべり量(cm)	152					
	実効応力(MPa)	3.2	3.4	3.4	3.0	2.7	

注記*：検討ケースの番号(No.)は、表 7-10 に対応。

表 7-12 長岡平野西縁断層帯による地震の断層パラメータ
(応力降下量の不確かさを考慮したケース (No. 5) *)

項 目		設定値					
		長岡平野 西縁断層帯 (全体)	角田・弥彦 断層 (北部)	角田・弥彦 断層 (南部)	気比ノ宮 断層	片貝断層	
巨視的 断層面	気象庁マグニチュード	8.1	/	/	/	/	
	基準点	東経(°)	138.83	138.83	138.79	138.76	138.73
		北緯(°)	38.13	38.13	37.89	37.65	37.47
	断層上端深さ(km)		6				
	断層長さ(km)		91	27	27	20	17
	断層幅(km)		15				
	断層面積(km ²)		1365	405	405	300	255
	走向(°)		187				
	傾斜角(°)		50				
	S波速度(km/s)		3.4				
破壊伝播速度(km/s)		2.4					
地震モーメント(N・m)		1.0×10 ²⁰	3.1×10 ¹⁹	3.1×10 ¹⁹	2.3×10 ¹⁹	1.9×10 ¹⁹	
ア ス ペ リ テ ィ	面積(km ²)	373	111	111	82	70	
	地震モーメント(N・m)	5.7×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	1.1×10 ¹⁹	
	平均すべり量(cm)	487					
	応力降下量(MPa)	24					
背 景 領 域	面積(km ²)	992	294	294	218	185	
	地震モーメント(N・m)	4.7×10 ¹⁹	1.4×10 ¹⁹	1.4×10 ¹⁹	1.0×10 ¹⁹	8.8×10 ¹⁸	
	平均すべり量(cm)	152					
	実効応力(MPa)	4.8	5.2	5.2	4.4	4.1	

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-10 に対応。

表 7-13 長岡平野西縁断層帯による地震の断層パラメータ
(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース (No. 6) *)

項目		設定値					
		長岡平野 西縁断層帯 (全体)	角田・弥彦 断層 (北部)	角田・弥彦 断層 (南部)	気比ノ宮 断層	片貝断層	
巨視的 断層面	気象庁マグニチュード	8.1	/	/	/	/	
	基準点	東経(°)	138.79	138.79	138.75	138.72	138.69
		北緯(°)	38.13	38.13	37.89	37.65	37.47
	断層上端深さ(km)		6				
	断層長さ(km)		91	27	27	20	17
	断層幅(km)		20				
	断層面積(km ²)		1820	540	540	400	340
	走向(°)		187				
	傾斜角(°)		35				
	S波速度(km/s)		3.4				
	破壊伝播速度(km/s)		2.4				
地震モーメント(N・m)		1.8×10^{20}	5.5×10^{19}	5.5×10^{19}	4.1×10^{19}	3.4×10^{19}	
ア ス ペ リ テ ィ	面積(km ²)	452	134	134	99	84	
	地震モーメント(N・m)	9.1×10^{19}	2.7×10^{19}	2.7×10^{19}	2.0×10^{19}	1.7×10^{19}	
	平均すべり量(cm)	649					
	応力降下量(MPa)	17					
背 景 領 域	面積(km ²)	1368	406	406	301	256	
	地震モーメント(N・m)	9.3×10^{19}	2.8×10^{19}	2.8×10^{19}	2.0×10^{19}	1.7×10^{18}	
	平均すべり量(cm)	217					
	実効応力(MPa)	3.1	3.4	3.4	2.9	2.7	

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-10 に対応。

表 7-14(1) 長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震の断層パラメータ (連動を考慮したケース (No. 7) *)

項目			設定値						
			全体	長岡平野西縁断層帯 (91km)				長岡～十日町間 (山本山断層)	十日町断層帯西部
				角田・弥彦断層 (北部)	角田・弥彦断層 (南部)	気比ノ宮断層	片貝断層		
巨視的断層面	基準点	東経(°)	—	138.83				138.72	
		北緯(°)	—	38.13				37.27	
	断層上端深さ(km)		6						
	断層長さ(km)		132	27	27	20	17	8	33
	断層幅(km)		15						
	断層面積(km ²)		1980	405	405	300	255	120	495
	走向(°)		—	187				210	
	傾斜角(°)		50						
	S波速度(km/s)		3.4						
	破壊伝播速度(km/s)		2.4						
地震モーメント(N・m)		2.0×10 ²⁰	4.1×10 ¹⁹	4.1×10 ¹⁹	3.0×10 ¹⁹	2.6×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	5.0×10 ¹⁹	
アスペリティ	面積(km ²)		510.3	104.4	104.4	77.3	65.7	30.9	127.6
	地震モーメント(N・m)		1.0×10 ²⁰	2.1×10 ¹⁹	2.1×10 ¹⁹	1.5×10 ¹⁹	1.3×10 ¹⁹	6.2×10 ¹⁸	2.6×10 ¹⁹
	平均すべり量(cm)		641						
	応力降下量(MPa)		17						
背景領域	面積(km ²)		1469.7	300.6	300.6	222.7	189.3	89.1	367.4
	地震モーメント(N・m)		9.6×10 ¹⁹	2.0×10 ¹⁹	2.0×10 ¹⁹	1.5×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	5.8×10 ¹⁸	2.4×10 ¹⁹
	平均すべり量(cm)		209						
	実効応力(MPa)		3.4	3.7	3.7	3.2	2.9	2.0	4.1

注記* : 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-10 に対応。

表 7-14(2) 長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震の断層パラメータ
(連動及び応力降下量の不確かさを考慮したケース (No. 8) *)

項目			設定値						
			全体	長岡平野西縁断層帯 (91km)				長岡～十日町間 (山本山断層)	十日町断層帯西部
				角田・弥彦断層 (北部)	角田・弥彦断層 (南部)	気比ノ宮断層	片貝断層		
巨視的断層面	基準点	東経(°)	—	138.83				138.72	
		北緯(°)	—	38.13				37.27	
	断層上端深さ(km)		6						
	断層長さ(km)		132	27	27	20	17	8	33
	断層幅(km)		15						
	断層面積(km ²)		1980	405	405	300	255	120	495
	走向(°)		—	187				210	
	傾斜角(°)		50						
	S波速度(km/s)		3.4						
	破壊伝播速度(km/s)		2.4						
地震モーメント(N・m)		2.0×10 ²⁰	4.1×10 ¹⁹	4.1×10 ¹⁹	3.0×10 ¹⁹	2.6×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	5.0×10 ¹⁹	
アスペリティ	面積(km ²)		510.3	104.4	104.4	77.3	65.7	30.9	127.6
	地震モーメント(N・m)		1.0×10 ²⁰	2.1×10 ¹⁹	2.1×10 ¹⁹	1.5×10 ¹⁹	1.3×10 ¹⁹	6.2×10 ¹⁸	2.6×10 ¹⁹
	平均すべり量(cm)		641						
	応力降下量(MPa)		25						
背景領域	面積(km ²)		1469.7	300.6	300.6	222.7	189.3	89.1	367.4
	地震モーメント(N・m)		9.6×10 ¹⁹	2.0×10 ¹⁹	2.0×10 ¹⁹	1.5×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	5.8×10 ¹⁸	2.4×10 ¹⁹
	平均すべり量(cm)		209						
	実効応力(MPa)		5.1	5.6	5.6	4.8	4.4	3.0	6.2

注記* : 検討ケースの番号(No.)は、表 7-10 に対応。

表 7-14(3) 長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震の断層パラメータ
(連動及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース (No. 9) *)

項 目			設定値						
			全体	長岡平野西縁断層帯 (91km)				長岡～十日町間 (山本山断層)	十日町断層帯西部
				角田・弥彦断層 (北部)	角田・弥彦断層 (南部)	気比ノ宮断層	片貝断層		
巨視的断層面	基準点	東経(°)	—	138.79				138.69	
		北緯(°)	—	38.13				37.28	
	断層上端深さ(km)		6						
	断層長さ(km)		132	27	27	20	17	8	33
	断層幅(km)		20						
	断層面積(km ²)		2640	540	540	400	340	160	660
	走向(°)		—	187				210	
	傾斜角(°)		35						
	S波速度(km/s)		3.4						
	破壊伝播速度(km/s)		2.4						
地震モーメント(N・m)		2.6×10 ²⁰	5.4×10 ¹⁹	5.4×10 ¹⁹	4.0×10 ¹⁹	3.4×10 ¹⁹	1.6×10 ¹⁹	6.6×10 ¹⁹	
アスペリティ	面積(km ²)		748.8	153.2	153.2	113.5	96.4	45.4	187.2
	地震モーメント(N・m)		1.5×10 ²⁰	3.1×10 ¹⁹	3.1×10 ¹⁹	2.3×10 ¹⁹	1.9×10 ¹⁹	9.1×10 ¹⁸	3.7×10 ¹⁹
	平均すべり量(cm)		641						
	応力降下量(MPa)		15						
背景領域	面積(km ²)		1891.2	386.8	386.8	286.5	243.6	114.6	472.8
	地震モーメント(N・m)		1.1×10 ²⁰	2.3×10 ¹⁹	2.3×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	1.5×10 ¹⁹	6.9×10 ¹⁸	2.9×10 ¹⁹
	平均すべり量(cm)		194						
	実効応力(MPa)		2.6	2.8	2.8	2.4	2.3	1.5	3.1

注記* : 検討ケースの番号(No.)は、表 7-10 に対応。

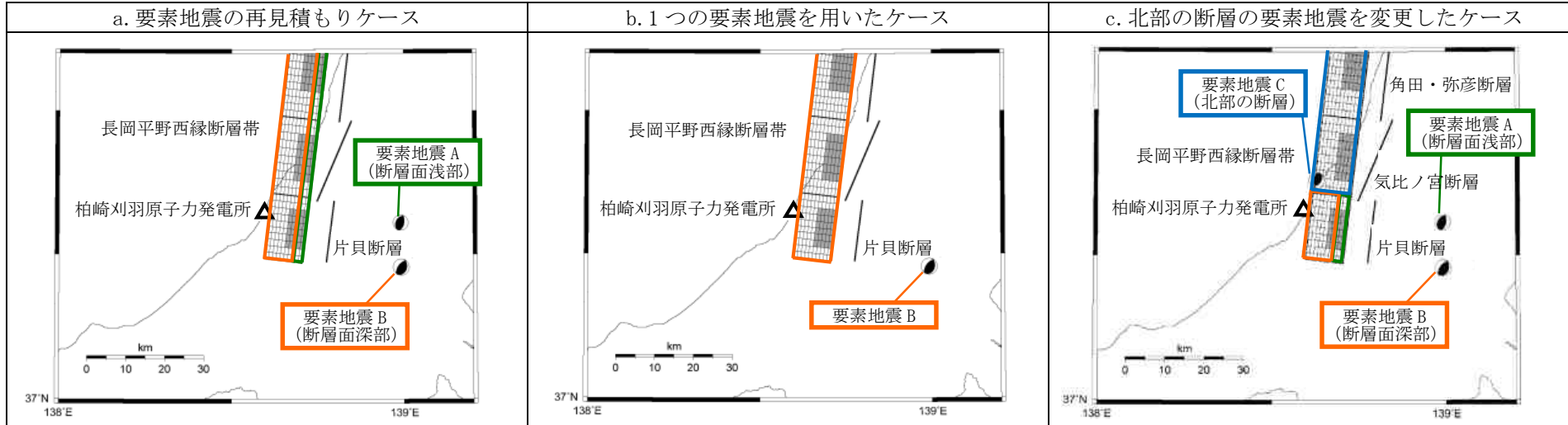
表 7-15 長岡平野西縁断層帯による地震の
地震動評価に用いる要素地震の諸元

項目	設定値 (断層面浅部)	設定値 (断層面深部)	備考
発生日時	2004年11月08日 11時15分	2004年10月27日 10時40分	気象庁 ⁽⁵⁾
気象庁マグニチュード	5.9	6.1	気象庁 ⁽⁵⁾
モーメントマグニチュード	5.5	5.8	F-net ⁽³¹⁾
震央 位置	東経(°)	138.99	*
	北緯(°)	37.41	*
震源深さ(km)	0	11.60	気象庁 ⁽⁵⁾
	5	11	F-net ⁽³¹⁾
走向(°)	13 ; 209	218 ; 18	F-net ⁽³¹⁾
傾斜(°)	53 ; 38	60 ; 32	F-net ⁽³¹⁾
すべり角(°)	80 ; 103	100 ; 73	F-net ⁽³¹⁾
地震モーメント(N・m)	2.2×10^{17}	6.3×10^{17}	F-net ⁽³¹⁾
コーナー周波数(Hz)	0.6	0.4	神原ほか(2006) ⁽³⁸⁾
実効応力(MPa)	10.4	8.7	神原ほか(2006) ⁽³⁸⁾

注記*：震央位置については、神原ほか(2006)⁽³⁸⁾による日本測地系の座標を世界測地系に変換。

表 7-16 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価に用いる要素地震に関する影響評価

(1) 評価ケース一覧



注：長岡平野西縁断層帯の傾斜角 50° の断層モデル図にプロット。

(2) 影響評価に用いる要素地震の諸元

		要素地震 A	要素地震 B	備考	要素地震 C	備考
発生日時		2004/11/8 11:15	2004/10/27 10:40	気象庁 ⁽⁵⁾	2007/7/16 21:08	気象庁 ⁽⁵⁾
マグニチュード	M _j	5.9	6.1	気象庁 ⁽⁵⁾	4.4	気象庁 ⁽⁵⁾
	M _w	5.5	5.8	F-net ⁽³¹⁾	4.4	F-net ⁽³¹⁾
震源位置	東経(°)	138.99	138.99	*1	138.63	気象庁 ⁽⁵⁾
	北緯(°)	37.41	37.31	*1	37.51	気象庁 ⁽⁵⁾
震源深さ(km)		0	11.60	気象庁 ⁽⁵⁾	13.6	余震分布を踏まえ設定
		5	11	F-net ⁽³¹⁾		
走向(°)		13 ; 209	218 ; 18	F-net ⁽³¹⁾	187 ; 39	F-net ⁽³¹⁾
傾斜(°)		53 ; 38	60 ; 32	F-net ⁽³¹⁾	54 ; 41	F-net ⁽³¹⁾
すべり角(°)		80 ; 103	100 ; 73	F-net ⁽³¹⁾	70 ; 115	F-net ⁽³¹⁾
地震モーメント(N・m)		2.2×10 ¹⁷	6.3×10 ¹⁷	F-net ⁽³¹⁾	5.2×10 ¹⁵	F-net ⁽³¹⁾
コーナー周波数(Hz)		0.6→0.45 ^{*2}	0.4→0.45 ^{*2}	神原ほか(2006) ⁽³⁸⁾	1.65	Brune(1970) ⁽³²⁾ 式
実効応力(MPa)		10.4→4.4 ^{*2}	8.7→12.5 ^{*2}	神原ほか(2006) ⁽³⁸⁾	4.6	芝(2008) ⁽²⁶⁾
Q値		76 f ^{0.74}	76 f ^{0.74}	岩田ほか(2005) ⁽³⁹⁾	76 f ^{0.74}	岩田ほか(2005) ⁽³⁹⁾

注記*1：神原ほか(2006)⁽³⁸⁾による日本測地系の座標を世界測地系に変換。

*2：a. 要素地震の再見積もりケースで考慮する値。

表 7-17 佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～
親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の断層パラメータ

項目			設定値				
			全体	佐渡島南方断層	F-D 断層	高田沖断層	親不知海脚西縁断層～魚津断層帯
巨視的断層面	基準点	東経(°)	—	138.39	137.81		137.44
		北緯(°)	—	37.45	37.17		36.64
	断層上端深さ(km)		6				
	断層長さ(km)		156	29	30	25	72
	断層幅(km)		20				
	断層面積(km ²)		3120	580	600	500	1440
	走向(°)		—	0	55		30
	傾斜角(°)		35				
	S波速度(km/s)		3.4				
	破壊伝播速度(km/s)		2.4				
	地震モーメント(N・m)		3.1×10^{20}	5.8×10^{19}	6.0×10^{19}	5.0×10^{19}	1.4×10^{20}
アスペリティ	面積(km ²)		936	174	180	150	432
	地震モーメント(N・m)		1.9×10^{20}	3.5×10^{19}	3.6×10^{19}	3.0×10^{19}	8.6×10^{19}
	平均すべり量(cm)		641				
	応力降下量(MPa)		22				
背景領域	面積(km ²)		2184	406	420	350	1008
	地震モーメント(N・m)		1.2×10^{20}	2.3×10^{19}	2.4×10^{19}	2.0×10^{19}	5.8×10^{19}
	平均すべり量(cm)		183				
	実効応力(MPa)		5.1	4.1	4.1	3.8	6.4

表 7-18 佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～
魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価に用いる要素地震の諸元

項目	設定値	備考
発生日時	2007年7月16日 21時08分	気象庁 ⁽⁵⁾
気象庁マグニチュード	4.4	気象庁 ⁽⁵⁾
モーメントマグニチュード	4.4	F-net ⁽³¹⁾
震央位置	東経(°)	138.63
	北緯(°)	37.51
震源深さ(km)	13.6	余震分布を踏まえ設定
走向(°)	187 ; 39	F-net ⁽³¹⁾
傾斜(°)	54 ; 41	F-net ⁽³¹⁾
すべり角(°)	70 ; 115	F-net ⁽³¹⁾
地震モーメント(N・m)	5.2×10^{15}	F-net ⁽³¹⁾
コーナー周波数(Hz)	1.7	Brune(1970) ⁽³²⁾ 式
実効応力(MPa)	4.6	芝(2008) ⁽²⁶⁾

表 7-19 「震源を特定せず策定する地震動」の評価に用いる地下構造モデル

(1) 1号機鉛直アレイ観測点

層 No.	標高 (m)	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	Q _s [*]		Q _p [*]	
						Q ₀	n	Q ₀	n
	-284.0								
1	-764.5	480.5	1.70	997	2210	14.91	0.89	5.27	0.61
2	-1242.3	477.8	2.10	1500	2700	19.37	0.75	10.22	0.85
3	-1896.3	654.0	2.30	1870	2760	11.55	0.52	9.19	0.70
4	-2792.2	895.9	2.40	1920	4270	14.35	0.75	9.46	0.66
5	-4081.5	1289.3	2.50	2350	4780	20.71	0.57	17.80	0.85
6	-6469.8	2388.3	2.60	3060	5080	66.23	0.78	37.72	0.72
7	-	-	2.70	3490	5440	66.23	0.78	37.72	0.72

注記* : Q値は周波数(f)依存型のモデルとして $Q(f)=Q_0 \times f^n$ を仮定して推定された値。

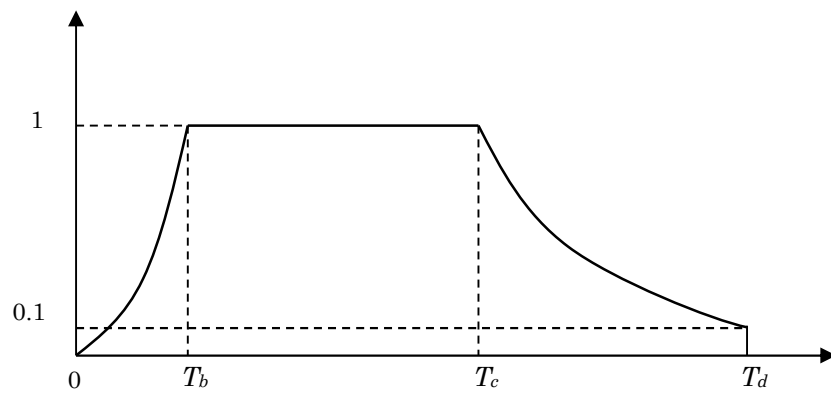
(2) 5号機鉛直アレイ観測点

層 No.	標高 (m)	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	Q _s [*]		Q _p [*]	
						Q ₀	n	Q ₀	n
	-134.0								
1	-149.0	15.0	2.03	730	1800	5.00	0.85	3.33	0.90
2	-231.0	82.0	2.03	890	1900	5.00	0.85	3.33	0.90
3	-266.0	35.0	2.03	960	1900	5.00	0.85	3.33	0.90
4	-300.0	34.0	2.03	1000	2100	5.00	0.85	3.33	0.90
5	-834.5	534.5	2.10	1200	2420	14.32	0.90	6.11	0.59
6	-1716.2	881.7	2.30	1300	2610	15.05	0.89	6.12	0.61
7	-2613.3	897.1	2.40	1920	4270	14.35	0.75	9.46	0.66
8	-3944.3	1331.0	2.50	2350	4780	20.71	0.57	17.80	0.85
9	-6092.4	2148.1	2.60	3060	5080	66.23	0.78	37.72	0.72
10	-	-	2.70	3490	5440	66.23	0.78	37.72	0.72

注記* : Q値は周波数(f)依存型のモデルとして $Q(f)=Q_0 \times f^n$ を仮定して推定された値。

表 7-20 標準応答スペクトルに適合する一様乱数の位相を用いた
模擬地震波の振幅包絡線の経時的変化

模擬地震波	地震規模 (M)	X _{eq} (km)	振幅包絡線の経時的変化(s)		
			T _b	T _c	T _d
一様乱数の位相 (水平, 鉛直方向)	7.0	10	3.72	16.31	29.80



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

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

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

表 7-21 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波の作成結果

模擬地震波	作成条件		作成結果		
	応答スペクトル	最大加速度値 (cm/s ²)	応答スペクトル比	継続時間 (s)	SI 比
一様乱数の位相 (水平方向)	図 7-25	600	図 7-28 (a)	表 7-20	1.04
一様乱数の位相 (鉛直方向)	図 7-25	400	図 7-28 (b)	表 7-20	1.01
観測記録の位相 (水平方向)	図 7-25	600	図 7-28 (c)	40.95	1.02
観測記録の位相 (鉛直方向)	図 7-25	400	図 7-28 (d)	40.95	1.01

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

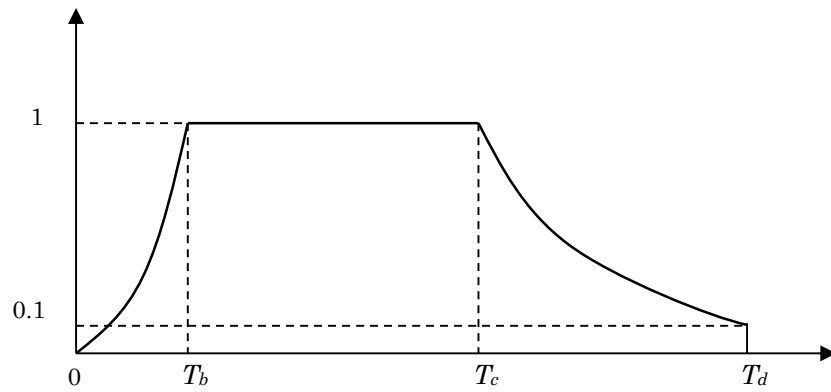
$S_v(T)$: 模擬地震波の擬似速度応答スペクトル (cm/s)

$\bar{S}_v(T)$: 目標とする応答スペクトル (cm/s)

T : 固有周期 (s)

表 7-22 応答スペクトルに基づく基準地震動 S s の設計用模擬地震波における
振幅包絡線の経時的変化

設計用 模擬地震波	地震規模 (M)	Xeq (km)	振幅包絡線の経時的変化(s)		
			T _b	T _c	T _d
Ss-1H Ss-1V	7.0	13	3.72	16.30	31.85
Ss-3H Ss-3V	8.1	25	13.18	40.10	74.13



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

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

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

表 7-23 設計用模擬地震波 Ss-1H, Ss-1V 及び Ss-3H, Ss-3V の作成結果

設計用 模擬地震波	作成条件		作成結果		
	応答スペクトル	最大加 速度値 (cm/s ²)	応答スペクトル比	継続時間	SI 比
Ss-1H (荒浜側)	図 7-31 (1)	2300	図 7-36 (a)	表 7-22	1.03
Ss-1V (荒浜側)	図 7-31 (2)	1050	図 7-36 (b)	表 7-22	1.00
Ss-1H (大湊側)	図 7-31 (3)	1050	図 7-36 (c)	表 7-22	1.01
Ss-1V (大湊側)	図 7-31 (4)	650	図 7-36 (d)	表 7-22	1.02
Ss-3H (共通)	図 7-32 (1), (2), (4), (5)	600	図 7-36 (e)	表 7-22	1.01
Ss-3V (共通)	図 7-32 (3), (6)	400	図 7-36 (f)	表 7-22	1.02

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

$S_v(T)$: 設計用模擬地震波の擬似速度応答スペクトル(cm/s)

$\bar{S}_v(T)$: 目標とする設計用応答スペクトル(cm/s)

T : 固有周期(s)

表 7-24 基準地震動 S s の最大加速度値

(1) 荒浜側

(単位 : cm/s²)

基準地震動 S s				NS 方向	EW 方向	UD 方向
Ss-1	F-B 断層による地震	応答スペクトルに基づく地震動評価		2300		1050
Ss-2		断層モデルを用いた手法による地震動評価		1240	1703	711
Ss-3	長岡平野西縁断層帯による地震	応答スペクトルに基づく地震動評価	応力降下量及び断層傾斜角の不確かさをそれぞれ考慮したケースを包絡	600		400
Ss-4		断層モデルを用いた手法による地震動評価	応力降下量の不確かさ考慮	589	574	314
Ss-5		断層傾斜角の不確かさ考慮	553	554	266	
Ss-6	長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震	断層モデルを用いた手法による地震動評価	応力降下量の不確かさ考慮	510	583	313
Ss-7			断層傾斜角の不確かさ考慮	570	557	319

(2) 大湊側

(単位 : cm/s²)

基準地震動 S s				NS 方向	EW 方向	UD 方向
Ss-1	F-B 断層による地震	応答スペクトルに基づく地震動評価		1050		650
Ss-2		断層モデルを用いた手法による地震動評価		848	1209	466
Ss-3	長岡平野西縁断層帯による地震	応答スペクトルに基づく地震動評価	応力降下量及び断層傾斜角の不確かさをそれぞれ考慮したケースを包絡	600		400
Ss-4		断層モデルを用いた手法による地震動評価	応力降下量の不確かさ考慮	428	826	332
Ss-5		断層傾斜角の不確かさ考慮	426	664	346	
Ss-6	長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震	断層モデルを用いた手法による地震動評価	応力降下量の不確かさ考慮	434	864	361
Ss-7			断層傾斜角の不確かさ考慮	389	780	349
Ss-8	震源を特定せず策定する地震動	2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動評価		650		330

注：基準地震動 Ss-4～Ss-7 において、要素地震の影響により最大加速度値に違いはあるものの、荒浜側と大湊側の地震動レベルは同程度であり、荒浜側の地震動が過小評価となっていないことを確認している。

表 7-25(1) 震源モデルの諸元 (活断層による地震, 調査結果に基づく)

特定震源の名称	分類	地震規模 M	X _{eq} (km)		平均活動間隔 (年)	発生確率 モデル
			荒浜側	大湊側		
① 佐渡島棚東縁部断層	海域	6.8	55	53	5500	ポアソン
② F-B 断層		7.0	13	13	1000	BPT
③ 佐渡島南方断層		6.9	23	22	4700	ポアソン
④ F-D 断層		6.9	35	36	4700	ポアソン
⑤ 高田沖断層		6.8	61	63	4100	ポアソン
⑥ 米山沖断層		6.8	25	26	31600	ポアソン
⑦ 親不知海脚西縁断層帯～魚津断層帯		7.5	94	96	8000	ポアソン
⑧ 角田・弥彦断層	陸域	7.7	51	49	2450	ポアソン
⑨ 気比ノ宮断層		7.1	21	20	2450	ポアソン
⑩ 片貝断層		6.8	14	14	2450	ポアソン
⑪ 悠久山断層		6.8	27	26	5800	ポアソン
⑫ 半蔵金付近のリニアメント		6.8	25	25	2300	ポアソン
⑬ 柏崎平野南東縁のリニアメント		6.8	15	16	2300	ポアソン
⑭ 山本山断層		6.8	21	21	2300	ポアソン
⑮ 水上断層		6.8	15	16	2300	ポアソン
⑯ 上米山断層		6.8	17	18	2300	ポアソン
⑰ 雁海断層		6.8	17	18	2300	ポアソン
⑱ 十日町断層帯西部		7.4	30	32	3300	ポアソン

注：海域の断層による地震のMは2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえて設定した値を記載。陸域の断層による地震のMは、松田(1975)⁽³⁷⁾に基づき設定。ただし、いずれも下限値は6.8としている。また、海域の断層のうち連動を考慮する2～5及び7の断層については傾斜角35°として設定。

表 7-25(2) 震源モデルの諸元
(活断層による地震, 地震調査研究推進本部(2012)⁽⁴⁶⁾に基づく)

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

表 7-25(3) 震源モデルの諸元 (日本海東縁部の地震)

特定震源の名称	分類	地震規模 M	Xeq (km)		平均活動間隔 (年)	発生確率 モデル	
			荒浜側	大湊側			
秋田県沖		7.5	東傾斜	258	257	1000	ポアソン
			西傾斜	259	257	1000	ポアソン
山形県沖		7.7	169	167	1000	BPT	
新潟県北部沖		7.5	117	116	1000	BPT	
佐渡島北方沖	海域	7.8	東傾斜	235	233	750	ポアソン
			西傾斜	199	197	750	ポアソン
			東傾斜	148	147	750	ポアソン
			西傾斜	235	234	750	ポアソン
			東傾斜	199	198	750	ポアソン
			西傾斜	149	147	750	ポアソン
佐渡島北方沖～北海道西方沖 (連動)		8.4	280	278	3900	ポアソン	
想定D断層による地震		8.0	74	75	25000	ポアソン	

表 7-26 (1) ロジックツリーの分岐及び重み付けの考え方
(陸域の主要な活断層：長岡平野西縁断層帯)

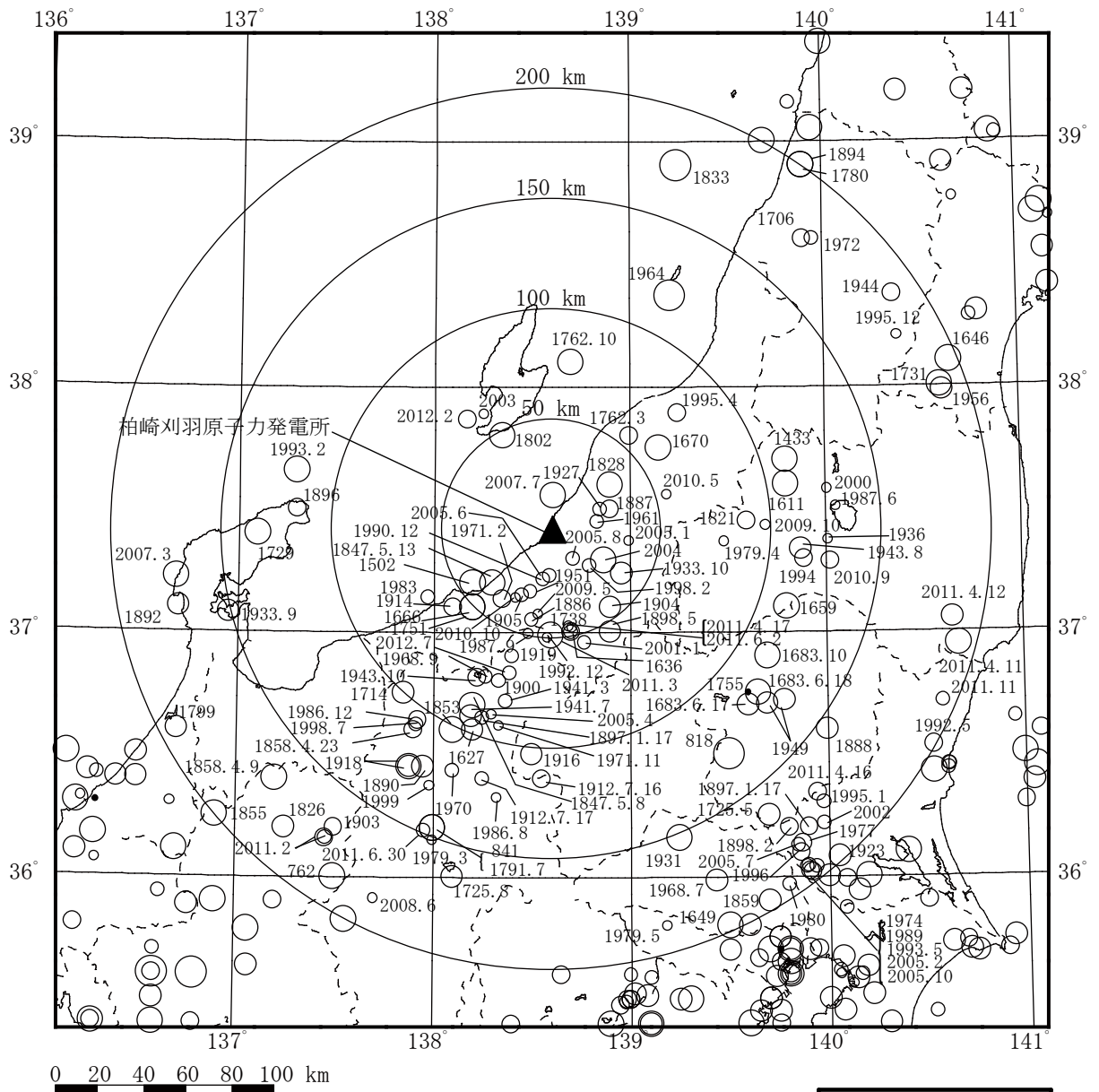
項目	分岐	重み	重み付けの考え方
震源の 組み合わせ	3セグメントの連動(各発生パターンの出現確率を考慮)	1/3	複数の連動パターンを考慮し、重みは等配分とした。
	長岡平野西縁断層帯を1セグメントとして評価(常に連動)	1/3	
	3セグメントが単独で活動	1/3	
傾斜角	50°	1/2	調査結果と2007年新潟県中越沖地震の知見に基づき設定した。
	35°	1/2	
アスペリティ 位置	中央	1/3	複数の位置を設定し、重みは等配分とした。
	至近	1/3	
	遠方	1/3	
距離減衰式の 補正係数	補正あり	1/2	2007年新潟県中越沖地震の知見に基づき設定した。
	補正なし	1/2	

表 7-26 (2) ロジックツリーの分岐及び重み付けの考え方
(海域の主要な活断層)

項目	分岐	重み	重み付けの考え方
震源の 組み合わせ	①各セグメントが常に個別に活動	1/9	複数の連動パターンを考慮し、重みは等配分とした。
	②F-D断層、高田沖断層は常に個別、F-B断層+佐渡島南方断層は連動	1/9	
	③F-D断層+高田沖断層は常に連動、F-B断層、佐渡島南方断層は常に個別に活動	1/9	
	④F-D断層、高田沖断層は常に連動、F-B断層+佐渡島南方断層は連動	1/9	
	⑤F-D断層+高田沖断層は連動、その他は常に個別に活動	1/9	
	⑥F-D断層+高田沖断層は連動、F-B断層+佐渡島南方断層は連動	1/9	
	⑦高田沖断層+F-D断層+F-B断層は連動、佐渡島南方断層は常に個別に活動	1/9	
	⑧高田沖断層+F-D断層+佐渡島南方断層は連動、F-B断層は常に個別に活動	1/9	
	⑨高田沖断層+F-D断層+F-B断層+佐渡島南方断層は連動	1/9	
地震規模	2007年新潟県中越沖地震の知見を考慮	2/3	2007年新潟県中越沖地震の知見に基づき設定した。
	松田式 ⁽³⁷⁾	1/3	
アスペリティ 位置	中央	1/3	複数の位置を設定し、重みは等配分とした。
	至近	1/3	
	遠方	1/3	
距離減衰式の 補正係数	補正あり	1/2	2007年新潟県中越沖地震の知見に基づき設定した。
	補正なし	1/2	

表 7-26 (3) ロジックツリーの分岐及び重み付けの考え方
(領域震源)

項目	分岐		重み	重み付けの考え方
半径 30km の区分	区分する		1/2	敷地周辺の地質調査範囲に 基づき設定した。
	区分しない		1/2	
b 値	観測記録		1/2	過去に発生した地震と地震 調査研究推進本部 (2012) ⁽⁴⁶⁾ に基づき設定した。
	0.9		1/2	
地震規模 (最大 M)	歴史地震	中央値	1/2×1/3	歴史地震と、島崎 (2009) ⁽⁴⁷⁾ に基づき設定した。
		最小値	1/2×1/3	
		最大値	1/2×1/3	
	島崎 (2009) ⁽⁴⁷⁾	M7.1	1/2×3/4	
		M7.4	1/2×1/4	



注：地震諸元は、「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾による。

図3-1 敷地周辺における主な被害地震の震央分布

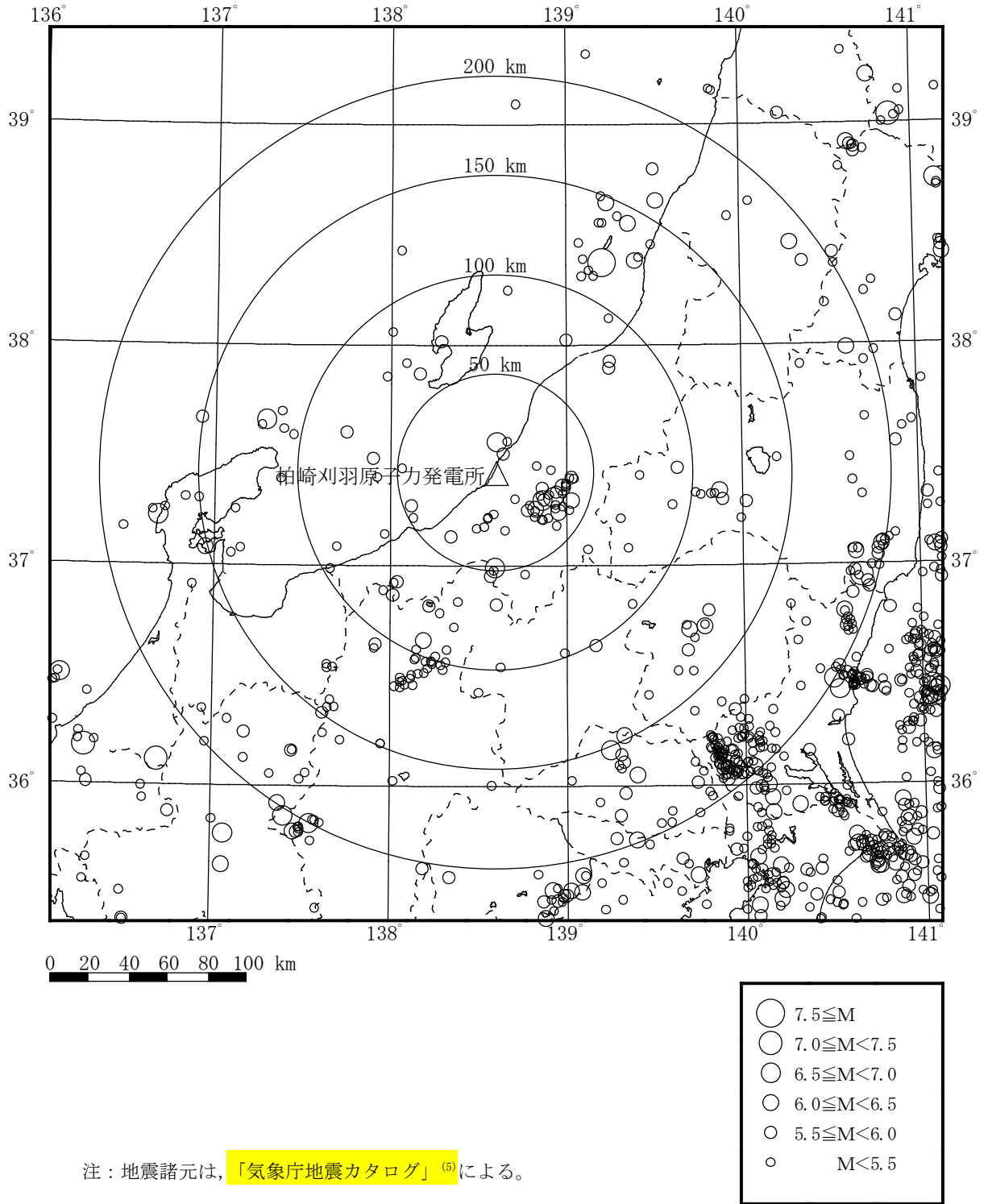


図 3-2 敷地周辺における M5 以上の地震の震央分布
(1923 年～2012 年)

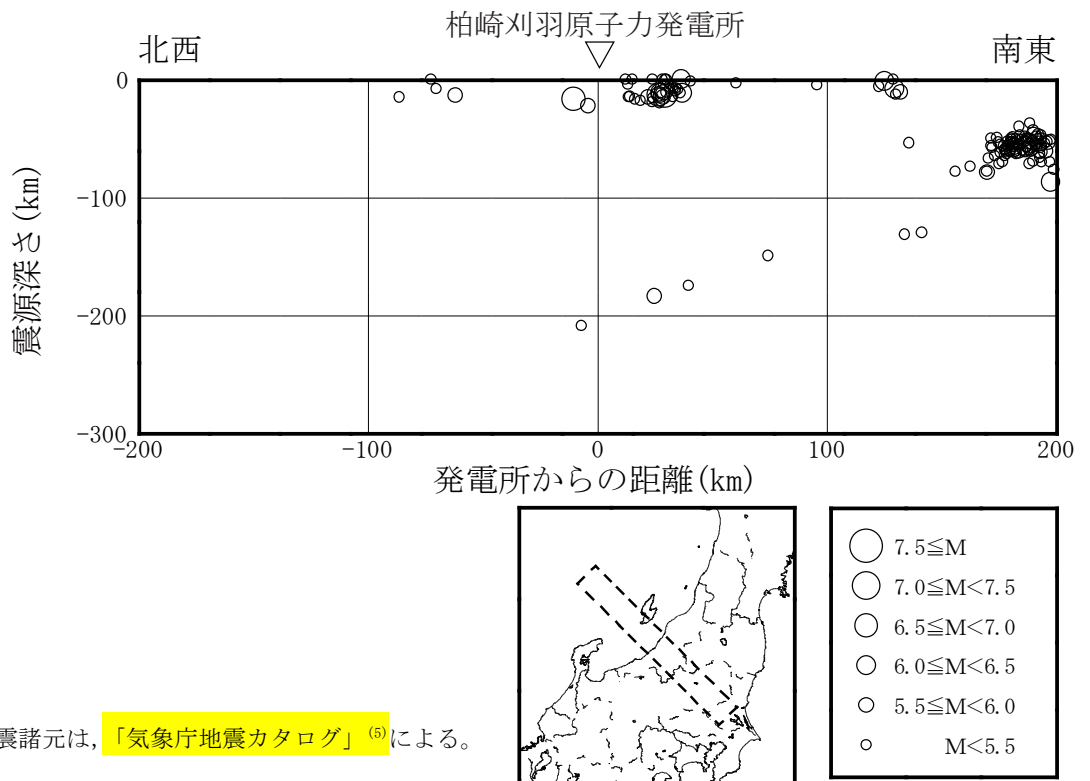


図 3-3(1) 敷地周辺における M5 以上の地震の震源鉛直分布 (その 1)
(1923 年～2012 年)

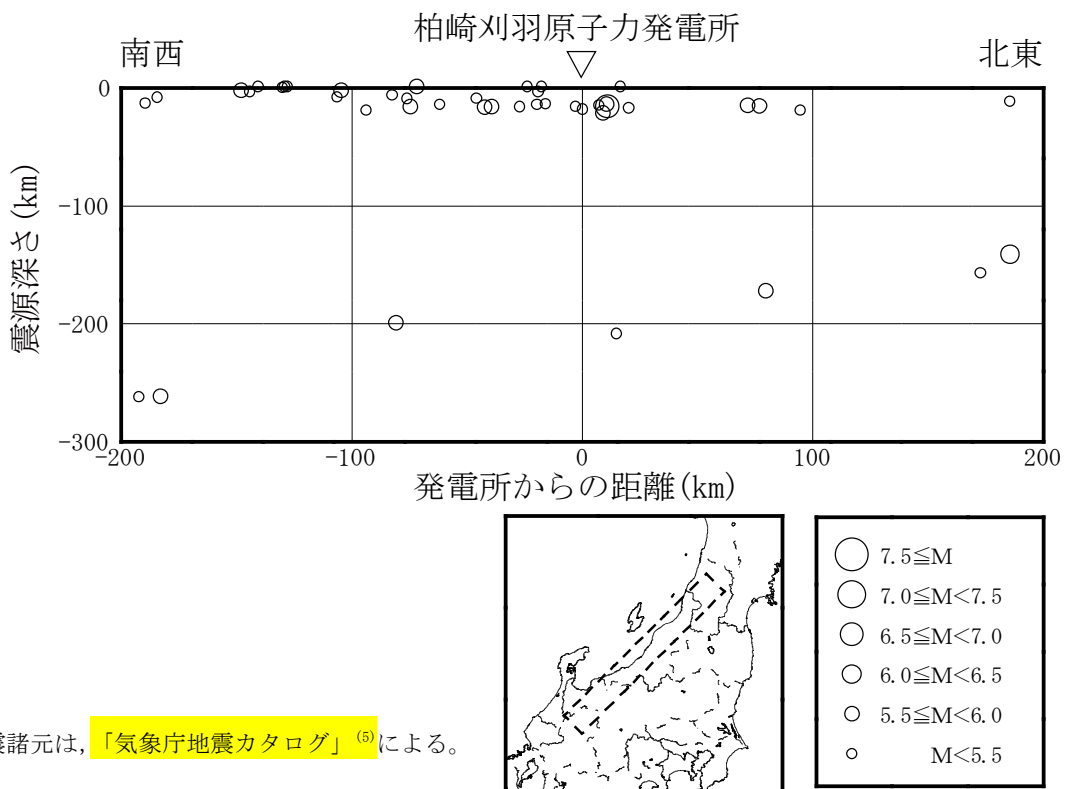


図 3-3(2) 敷地周辺における M5 以上の地震の震源鉛直分布 (その 2)
(1923 年～2012 年)

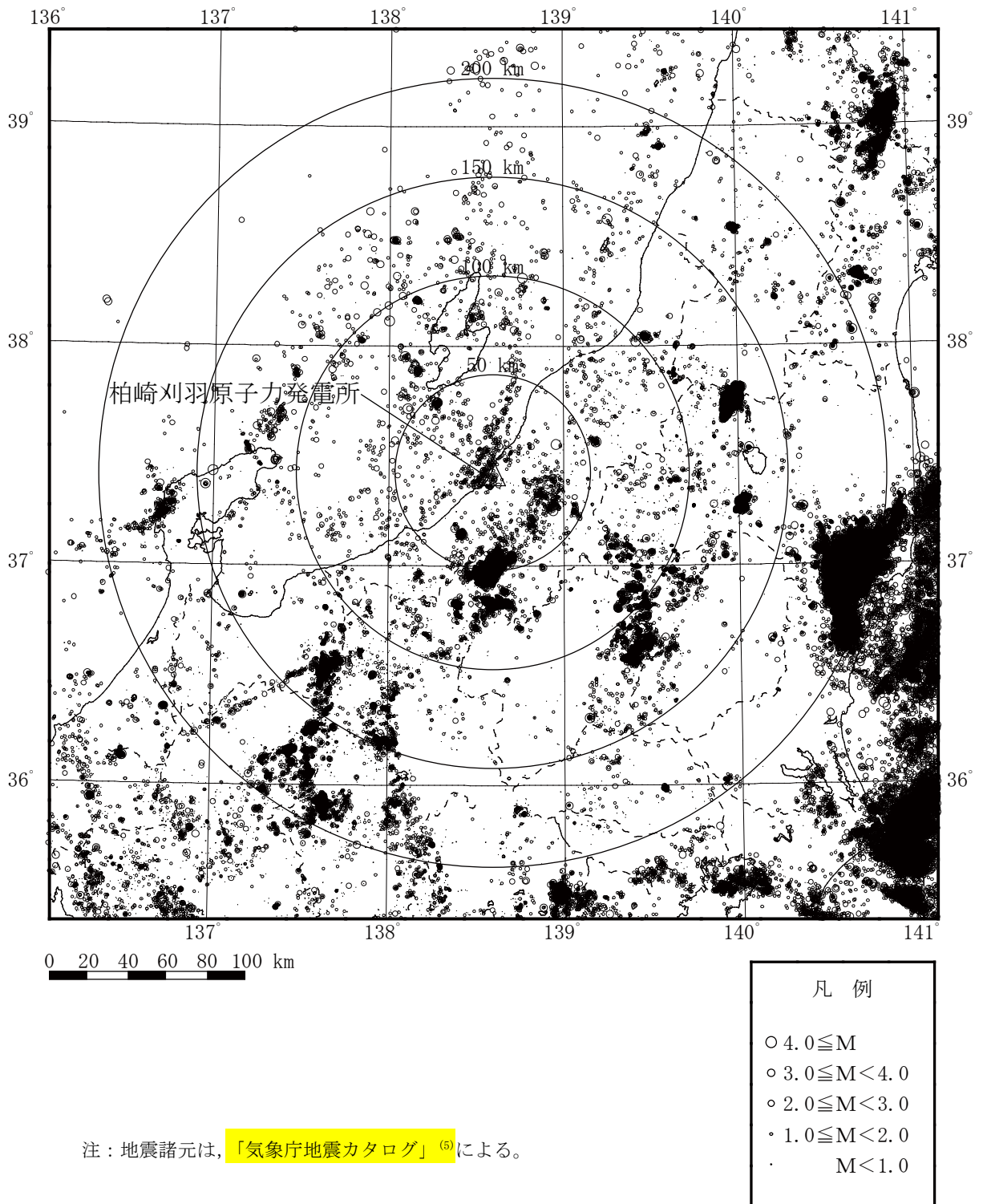


図3-4(1) 敷地周辺におけるM5以下の地震の震央分布
(2010年～2012年, 震源深さ0km～30km)

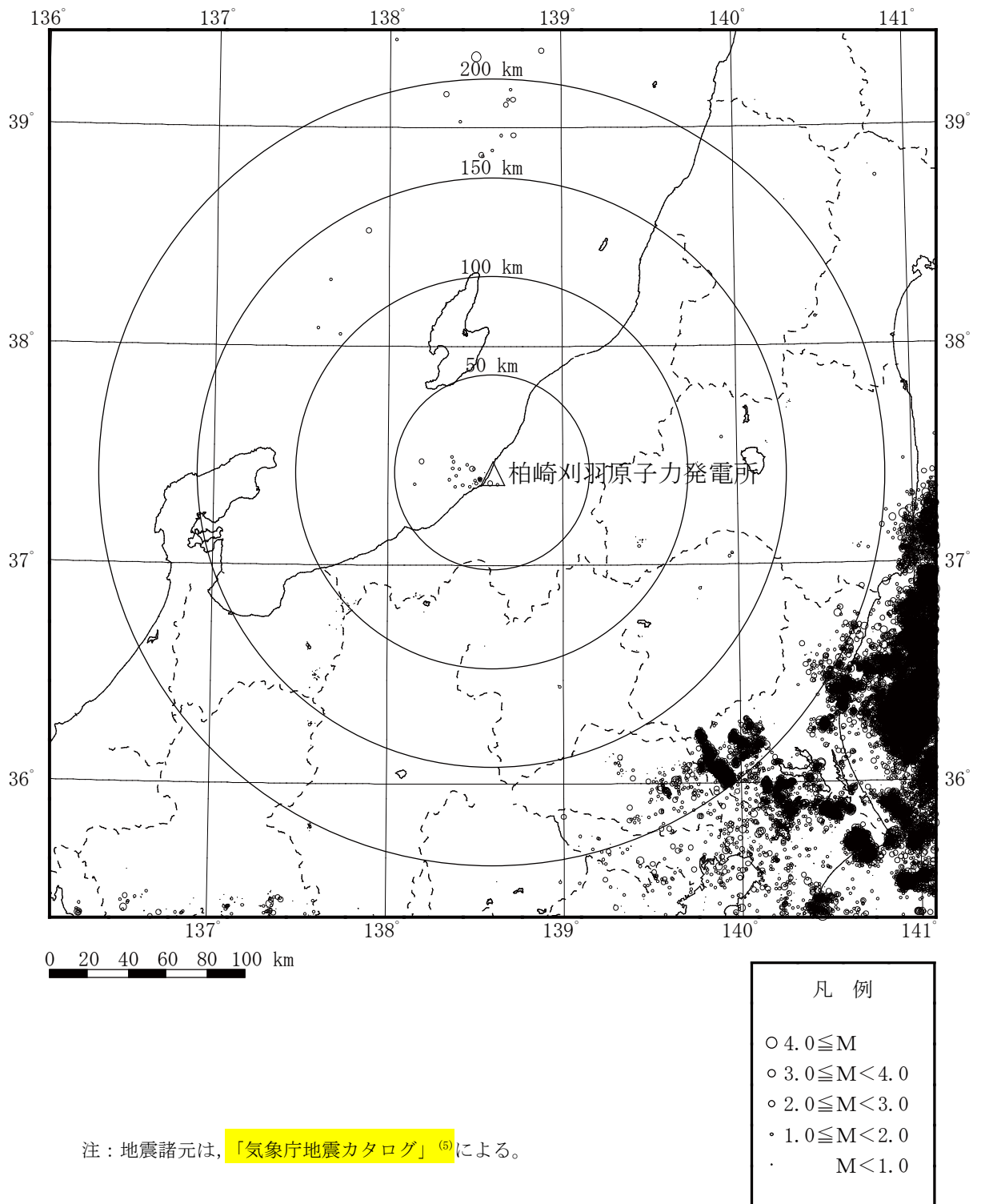


図 3-4(2) 敷地周辺における M5 以下の地震の震央分布
(2010 年～2012 年, 震源深さ 30km～60km)

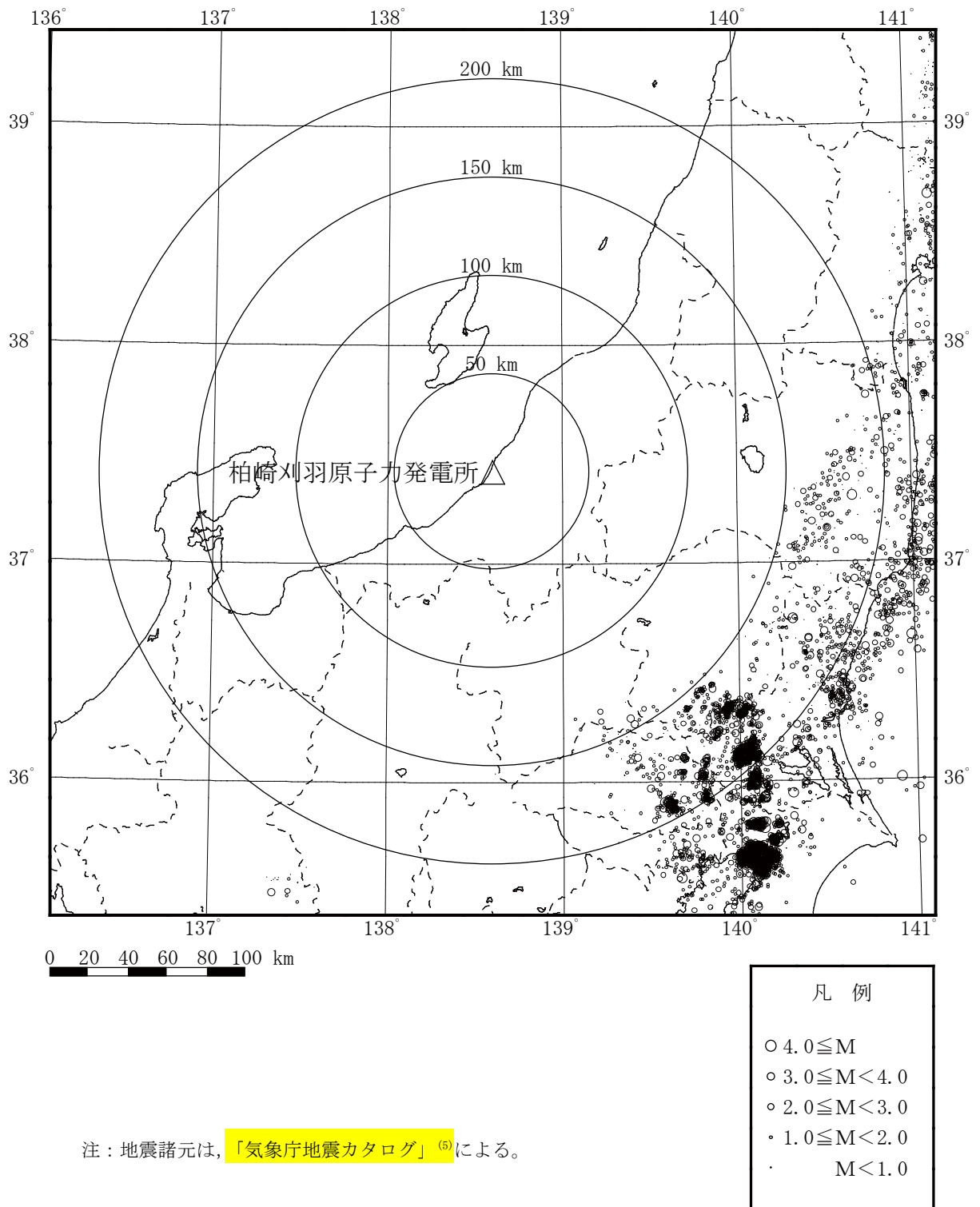


図 3-4(3) 敷地周辺における M5 以下の地震の震央分布
(2010 年～2012 年，震源深さ 60km～90km)

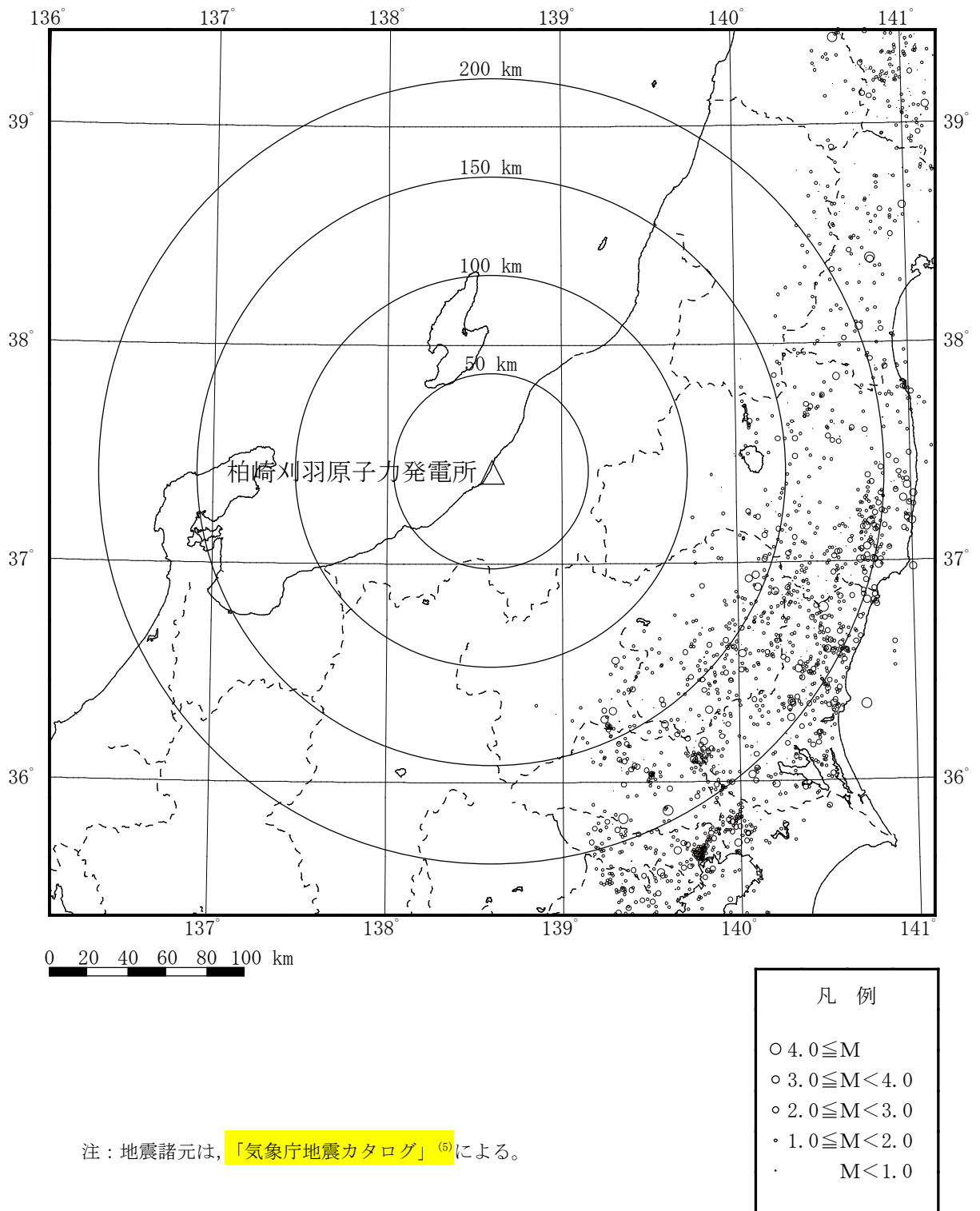


図 3-4(4) 敷地周辺における M5 以下の地震の震央分布
(2010 年～2012 年, 震源深さ 90km～120km)

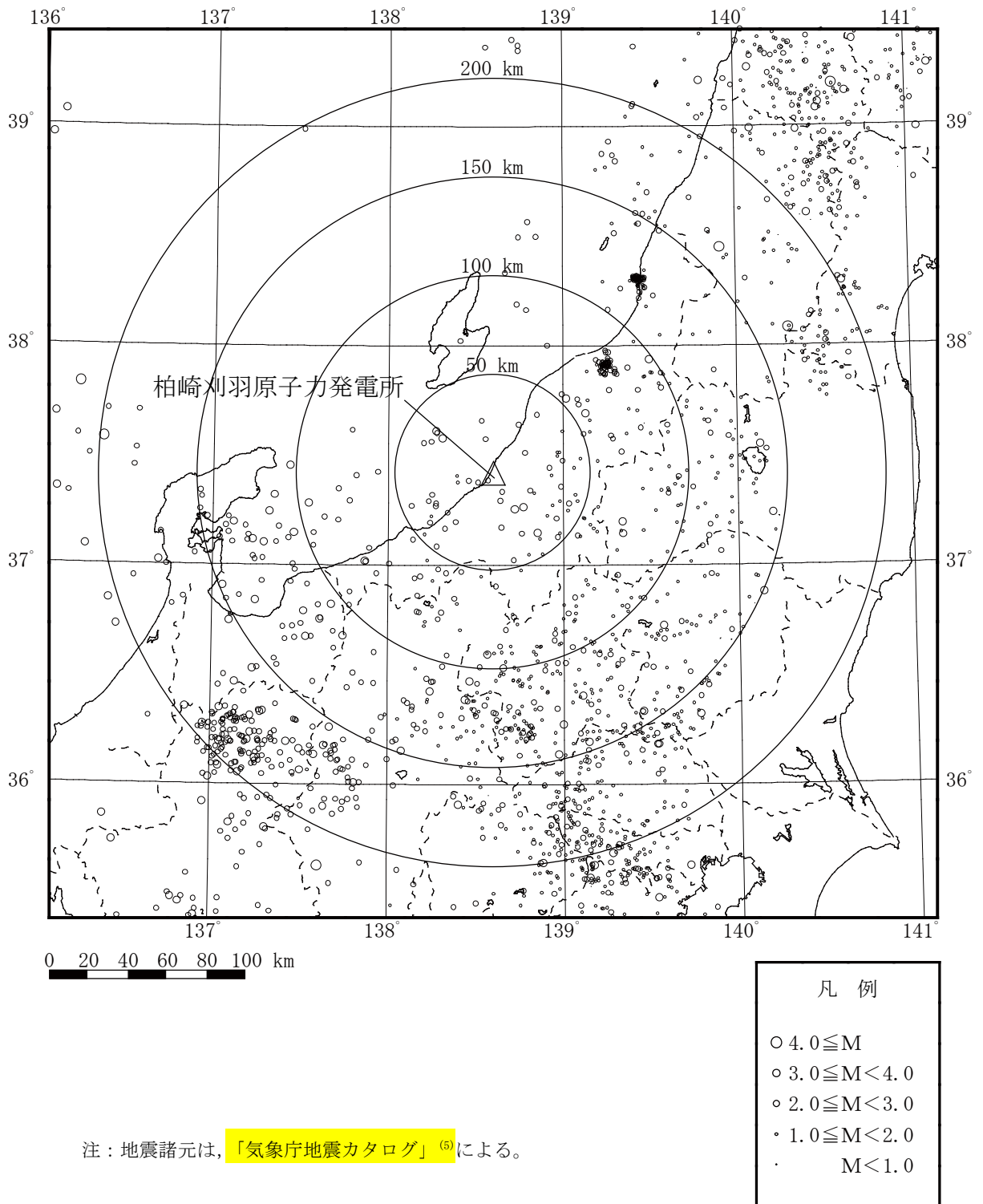


図 3-4(5) 敷地周辺における M5 以下の地震の震央分布
(2010 年～2012 年, 震源深さ 120km 以深)

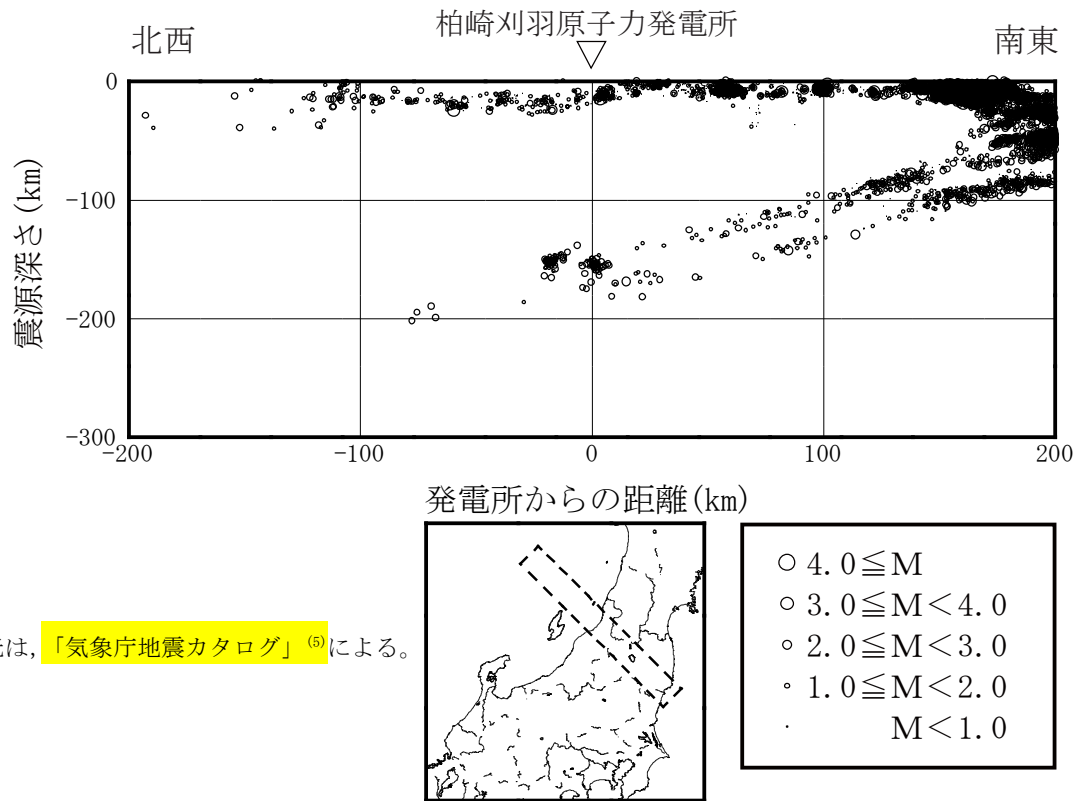


図 3-5(1) 敷地周辺における M5 以下の地震の震源鉛直分布 (その 1)
(2010 年～2012 年)

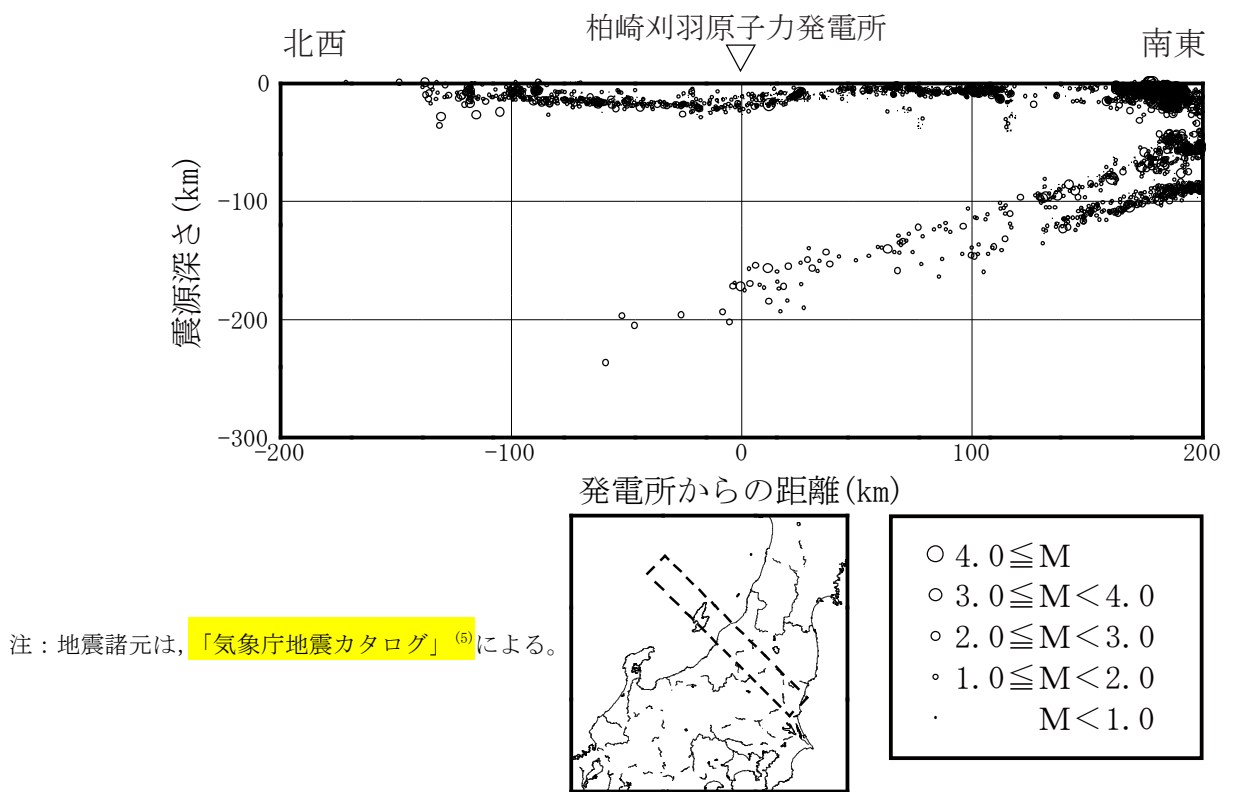


図 3-5(2) 敷地周辺における M5 以下の地震の震源鉛直分布 (その 2)
(2010 年～2012 年)

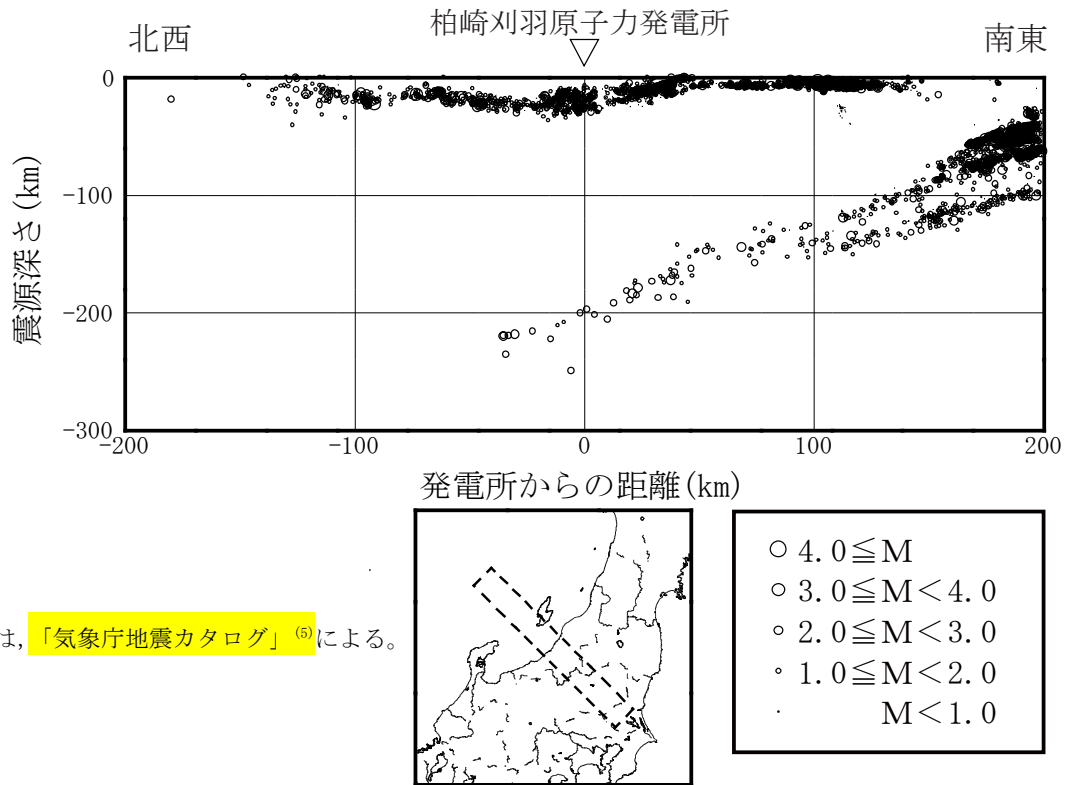


図 3-5(3) 敷地周辺における M5 以下の地震の震源鉛直分布 (その 3)
(2010 年～2012 年)

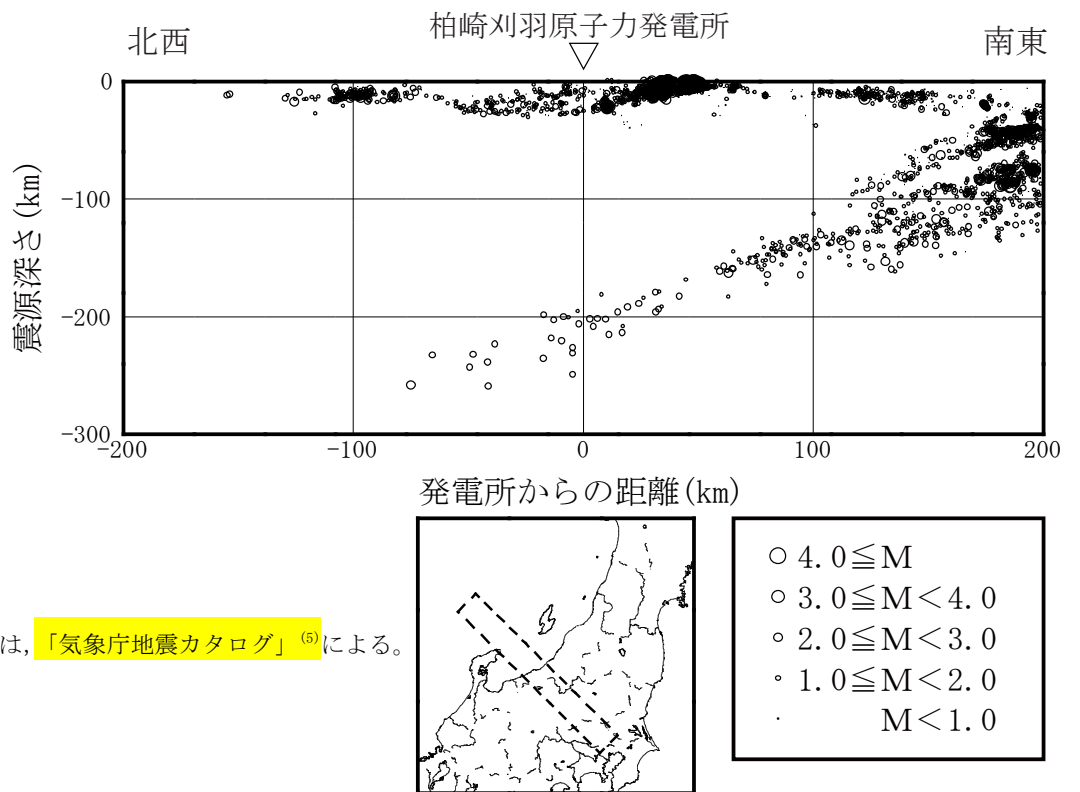


図 3-5(4) 敷地周辺における M5 以下の地震の震源鉛直分布 (その 4)
(2010 年～2012 年)

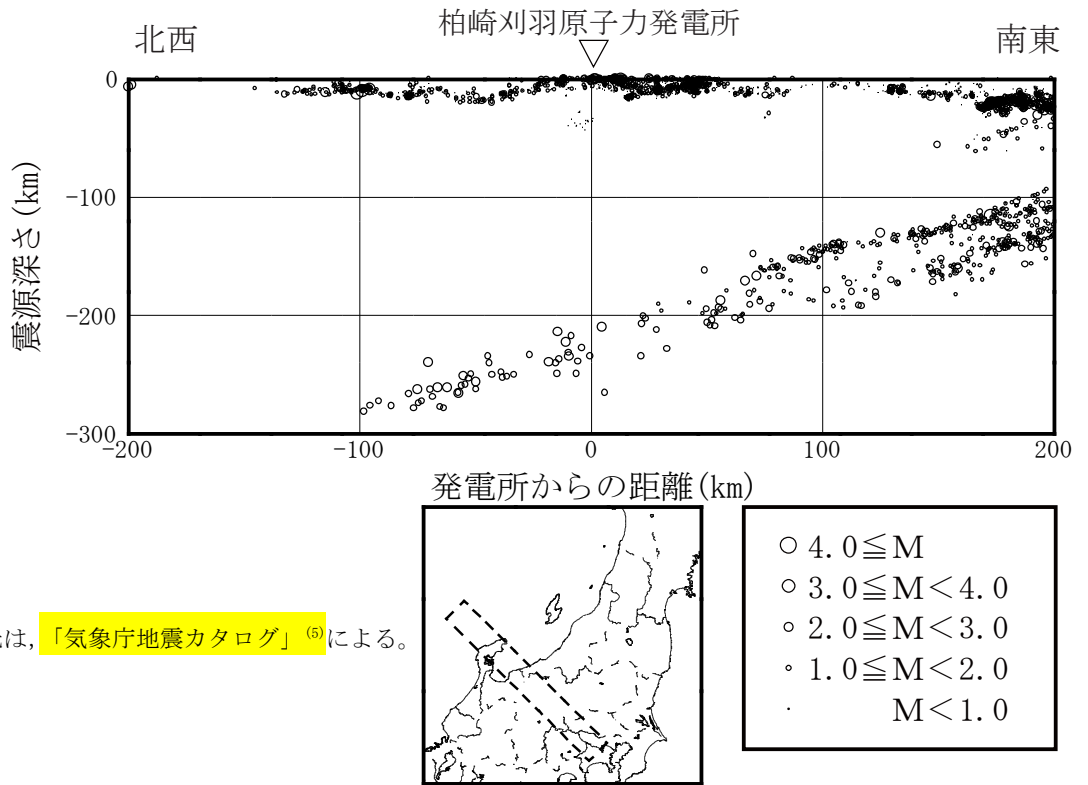


図 3-5(5) 敷地周辺における M5 以下の地震の震源鉛直分布 (その 5)
(2010 年～2012 年)

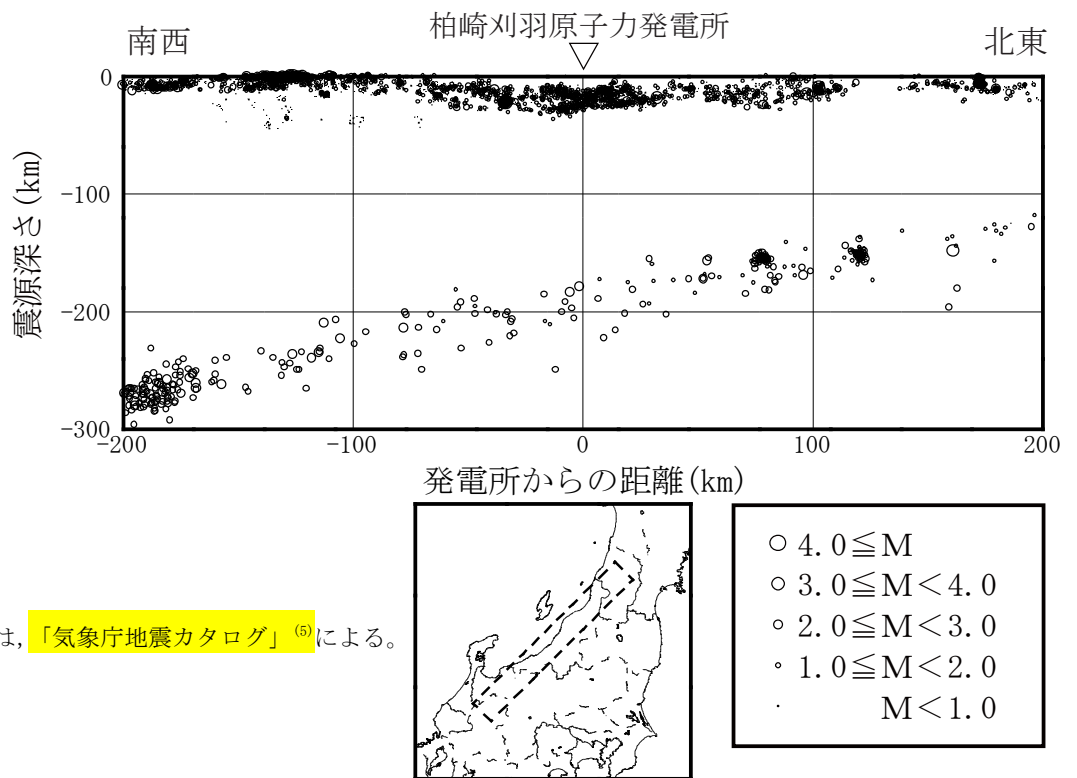
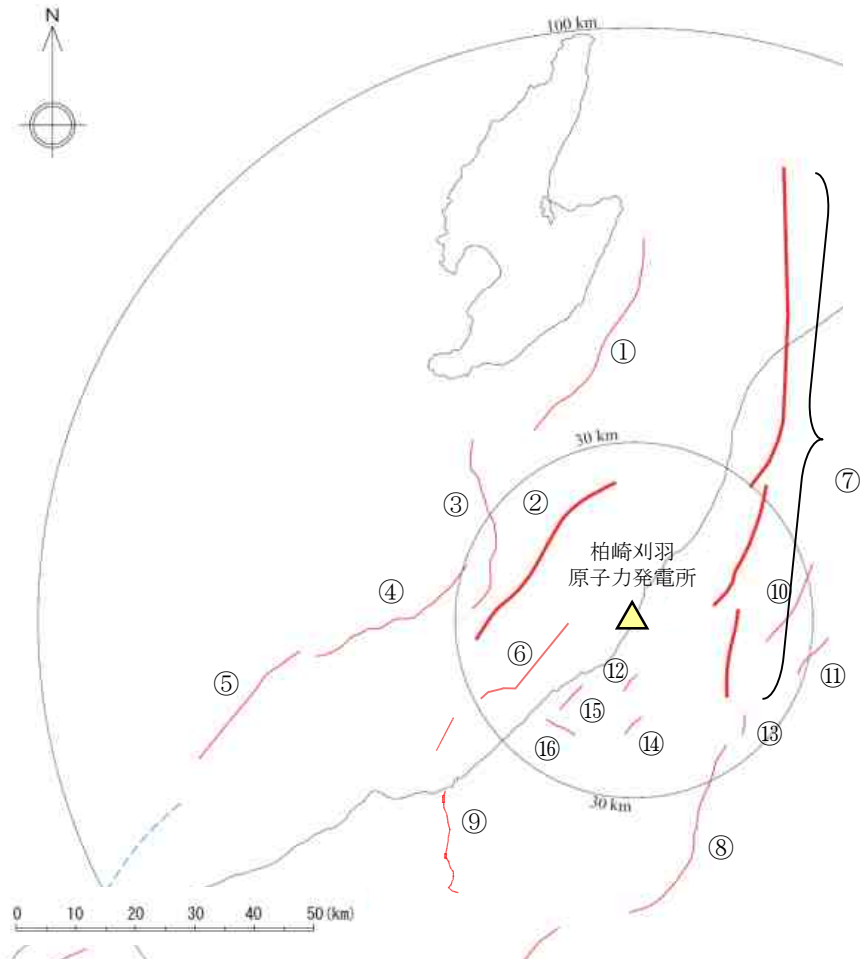


図 3-5(6) 敷地周辺における M5 以下の地震の震源鉛直分布 (その 6)
(2010 年～2012 年)



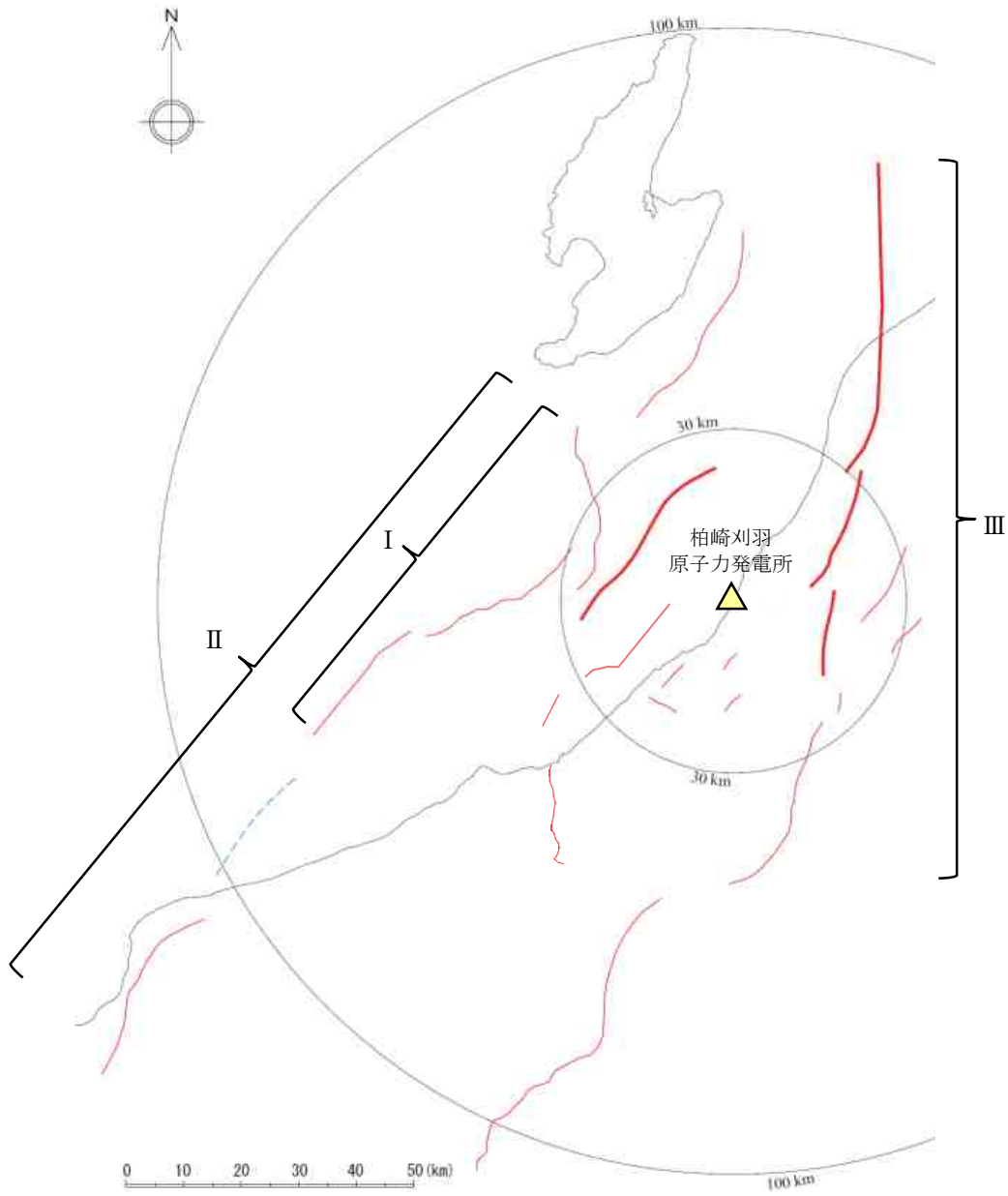
◆海域の活断層

① 佐渡島棚東縁断層	④ F-D 断層
② F-B 断層	⑤ 高田沖断層
③ 佐渡島南方断層	⑥ 米山沖断層

◆陸域の活断層

⑦ 長岡平野西縁断層帯	⑧ 十日町断層帯西部
⑨ 高田平野西縁断層帯	⑩ 悠久山断層
⑪ 半蔵金付近のリニアメント	⑫ 柏崎平野南東縁のリニアメント
⑬ 山本山断層	⑭ 水上断層
⑮ 上米山断層	⑯ 雁海断層

図 4-1 敷地周辺の震源として考慮する活断層の分布図



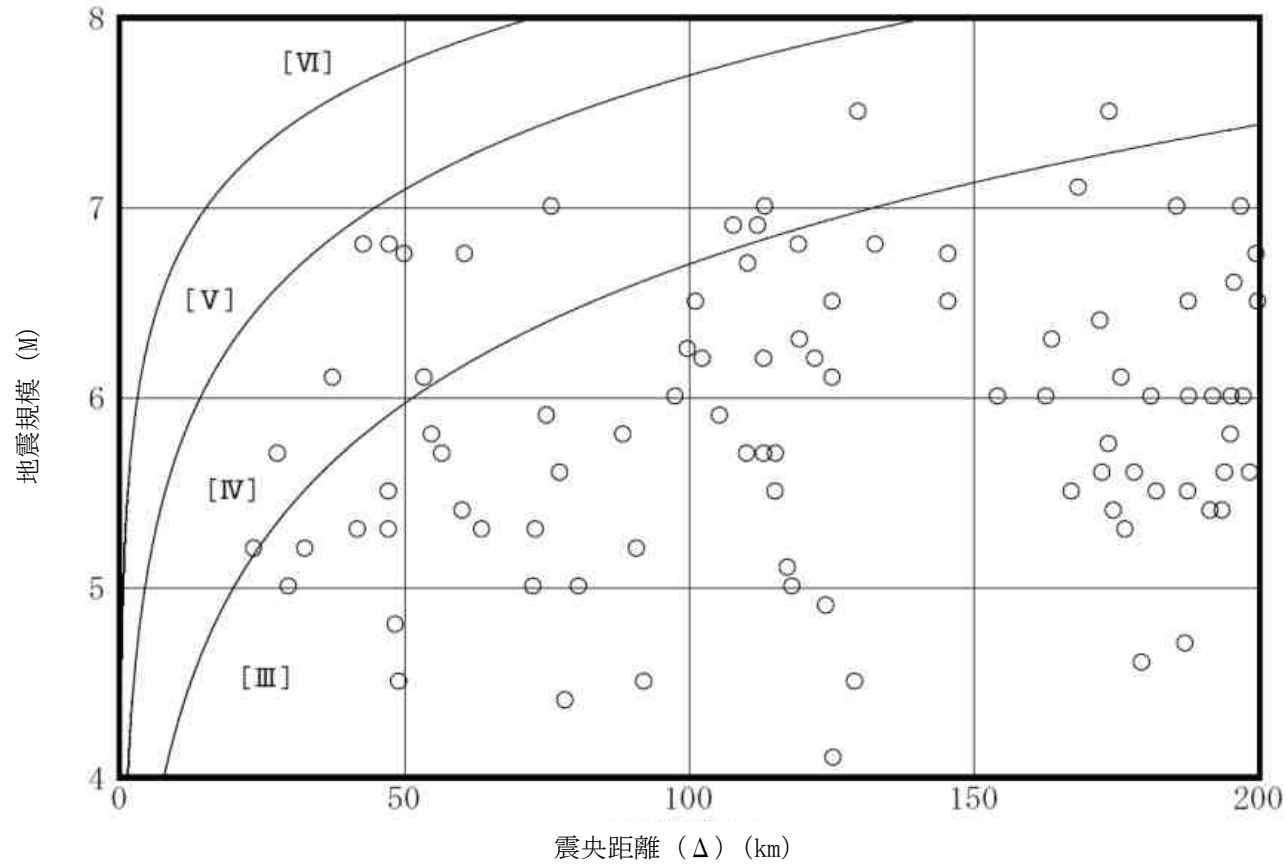
◆海域の連動

- | | |
|----|-------------------------------------|
| I | 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層 |
| II | 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯 |

◆陸域の連動

- | | |
|-----|--------------------------|
| III | 長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部 |
|-----|--------------------------|

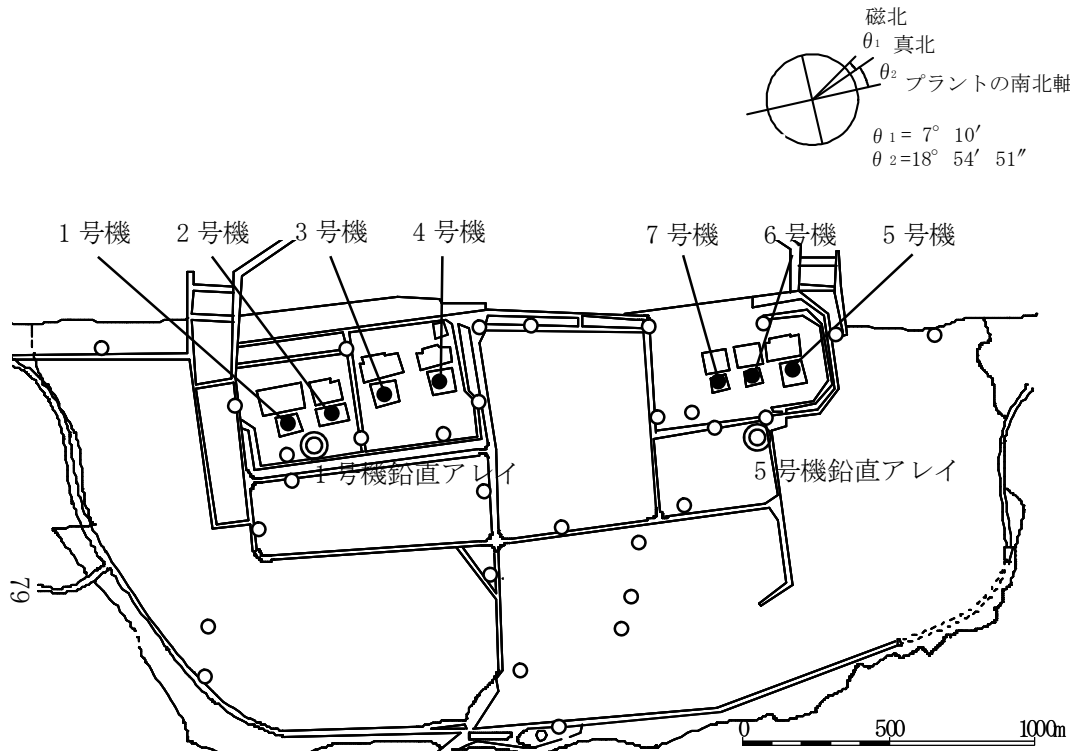
図 4-2 敷地周辺の連動を考慮する活断層の範囲



注：地震諸元は、「日本被害地震総覧」⁽⁴⁾による。地震諸元が幅をもって示されている場合は、その中央値を採用。

[III] ~ [VI] は、1996年以前の気象庁震度階で、震度階の境界線は、村松(1969)⁽⁸⁾及び勝又・徳永(1971)⁽⁹⁾による。

図5-1 敷地周辺の震度及び建物等の被害が明らかでない地震のM-Δ図



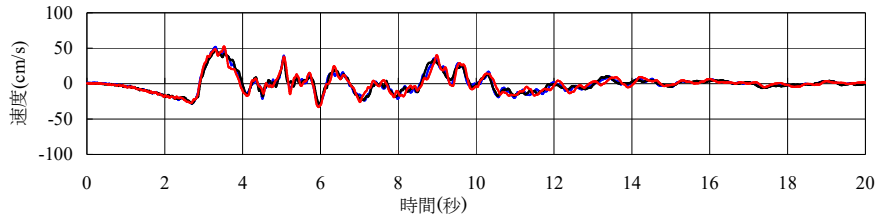
地震観測点

- ◎ : 鉛直アレイ地震観測点
- : 原子炉建屋基礎版上地震観測点 (2007年観測開始)
- : 水平アレイ地震観測点 (2010年観測開始)

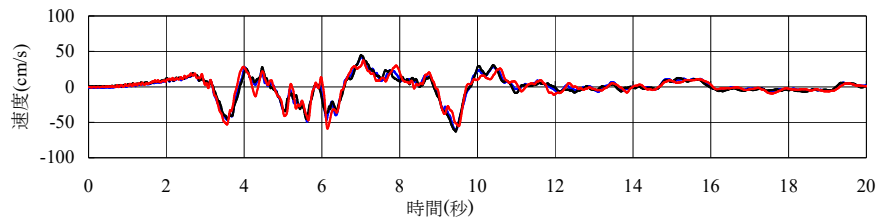
標高*1	1号機鉛直アレイ		5号機鉛直アレイ	
	地震計	地層	地震計	地層
+12.0m			▽G.L.	
+9.3m			◎*5	
+5.0m	▽G.L.			古安田層
		古安田層		
-24.0m			○*5	西山層
-40.0m	○*2			
-100.0m			○*5	椎谷層
-122.0m	○*2	西山層		
-180.0m			○*5	
-250.0m	○*3			
-300.0m			○*5	
-400.0m	○*4			

注記*1 : 東京湾平均海面 (以下「標高」という)。
 *2 : 1982年4月観測開始。
 *3 : 1982年4月観測開始~2007年11月観測終了。
 *4 : 2009年3月観測開始。
 *5 : 1985年9月観測開始。

図6-1 敷地における地震観測点



(a) 5号機～7号機 NS 方向



(b) 5号機～7号機 EW 方向

図 6-2 2007 年新潟県中越沖地震の各号機で推定された速度波形

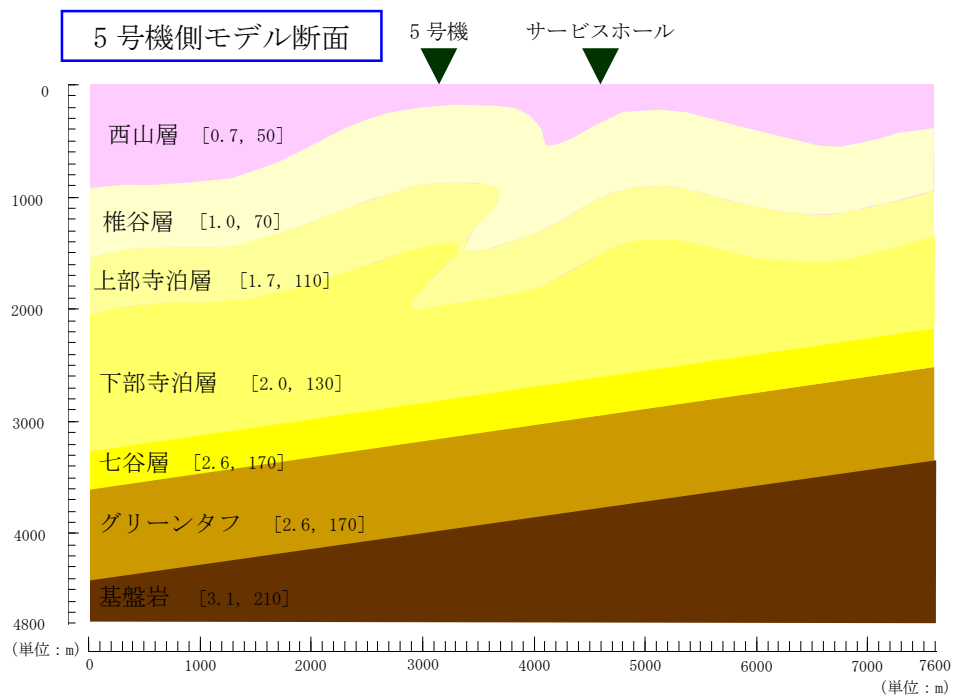
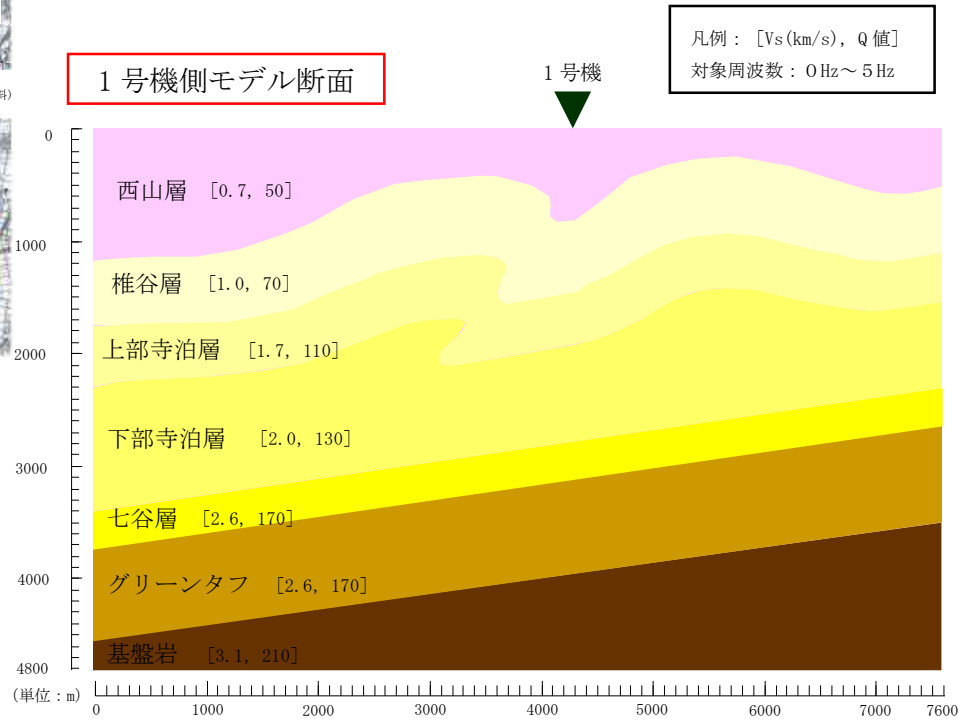
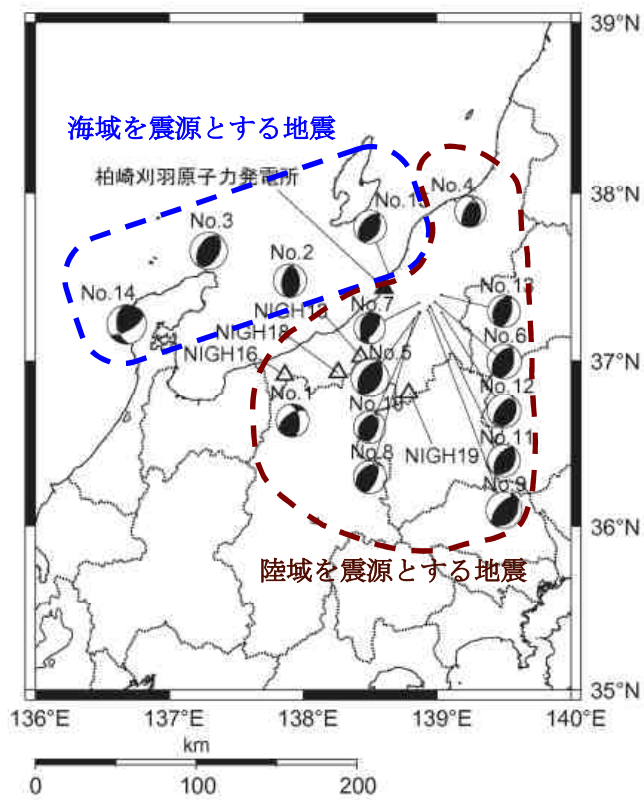
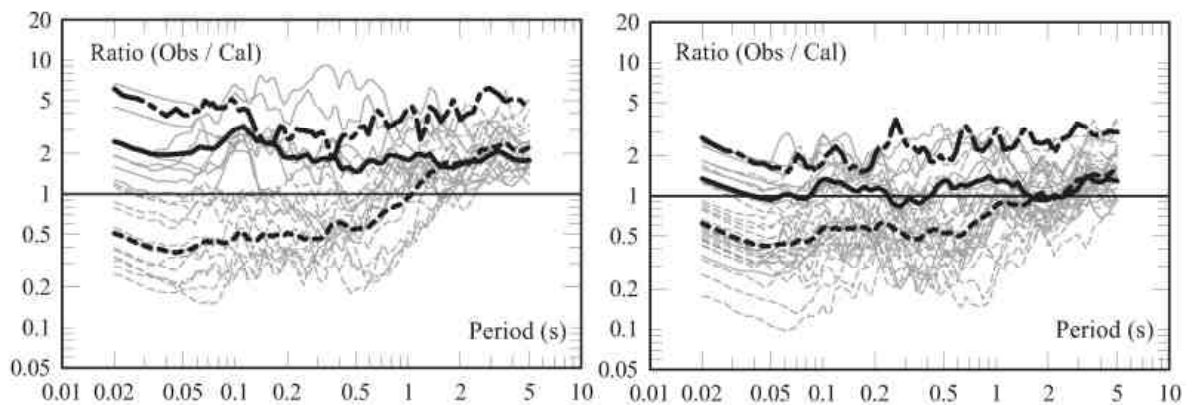


図 6-3 敷地における 2 次元地下構造モデル



- 海城を震源とする地震
- 海城を震源とする地震 (平均)
- 陸域を震源とする地震
- 陸域を震源とする地震 (平均)
- .-.-.- 中越沖地震解放基盤波 (1号及び5号機のEW方向)



(a) 1号機鉛直アレイ

(b) 5号機鉛直アレイ

図6-4 敷地周辺で発生した中規模地震の到来方向別の解放基盤波と Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比 (土方ほか(2010)⁽¹⁴⁾に一部加筆)

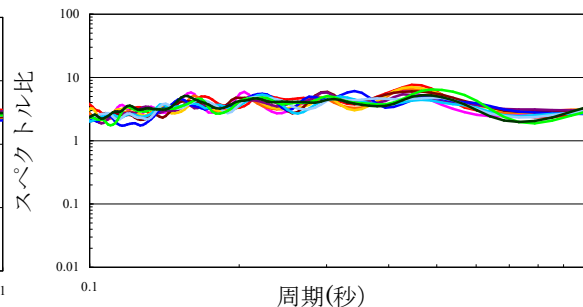
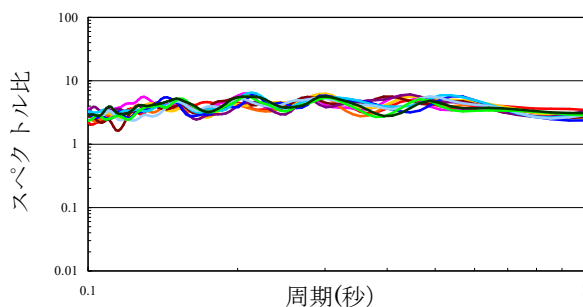
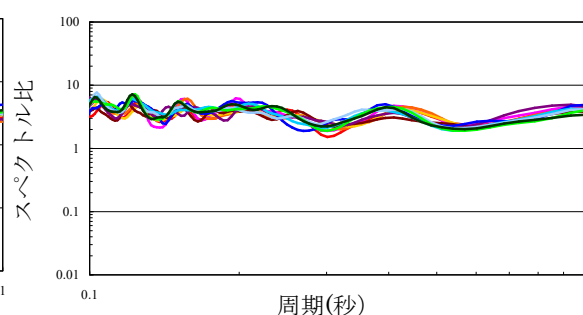
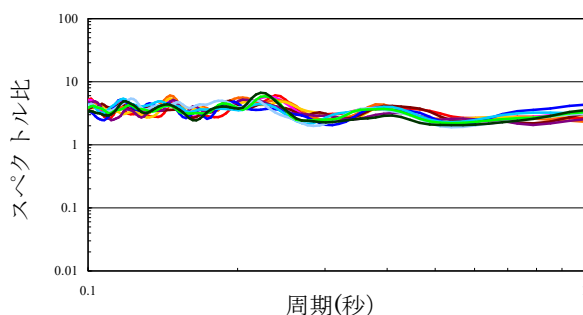
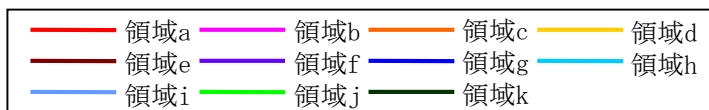
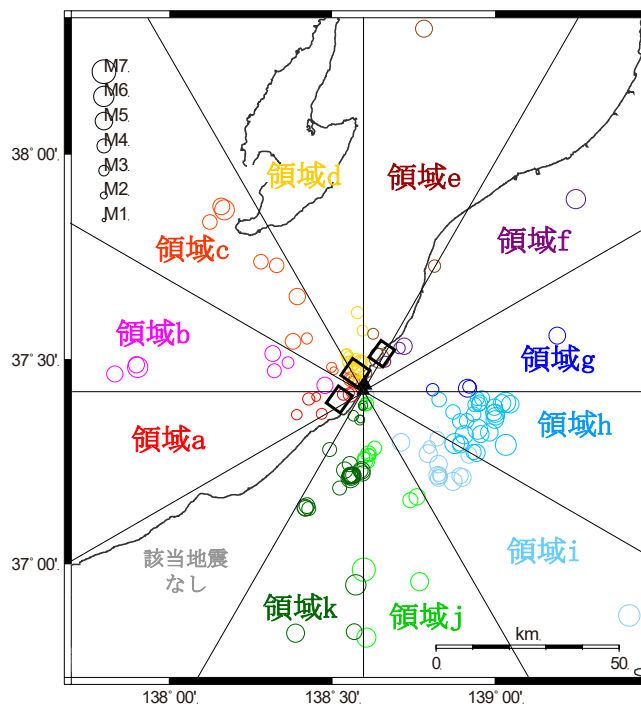
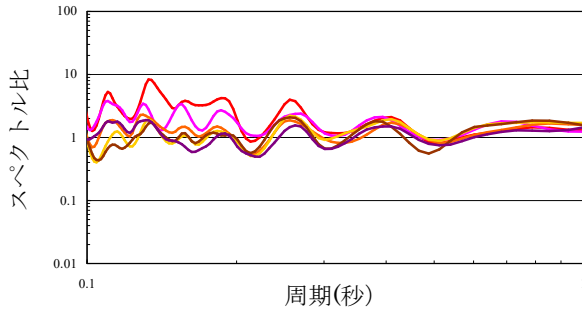
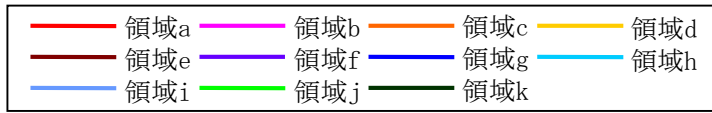
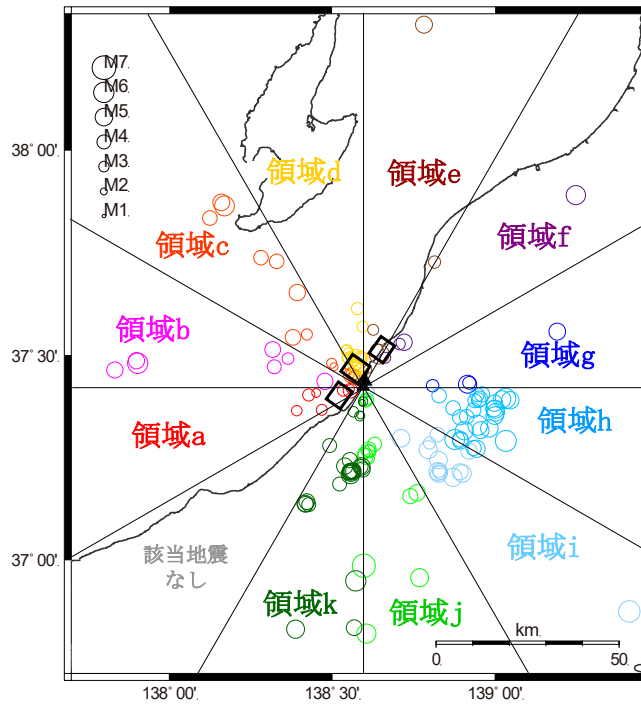
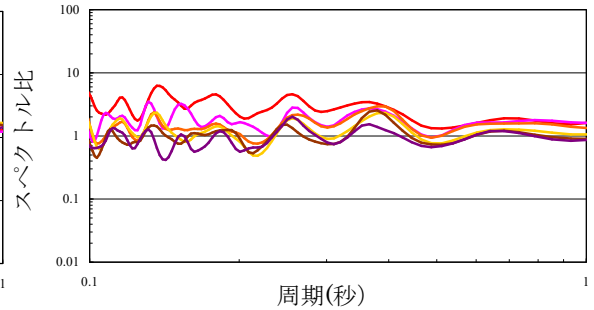


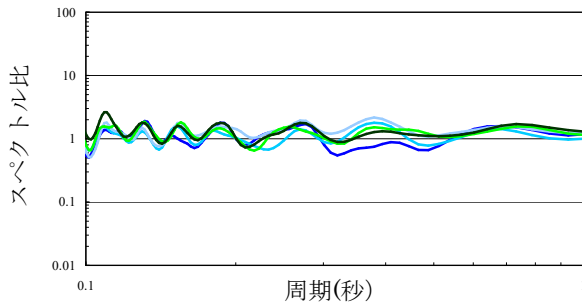
図 6-5 敷地周辺で発生した小規模地震の
到来方向別の地表観測点の地中観測点に対するスペクトル比



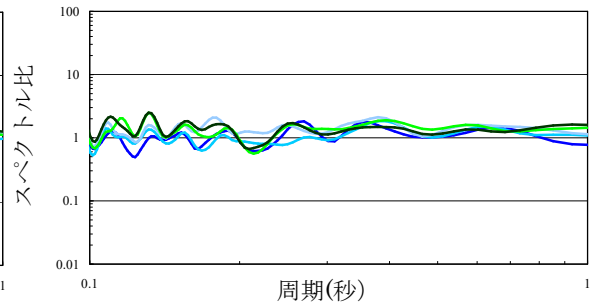
(a) 領域 a～領域 f NS 方向



(b) 領域 a～領域 f EW 方向

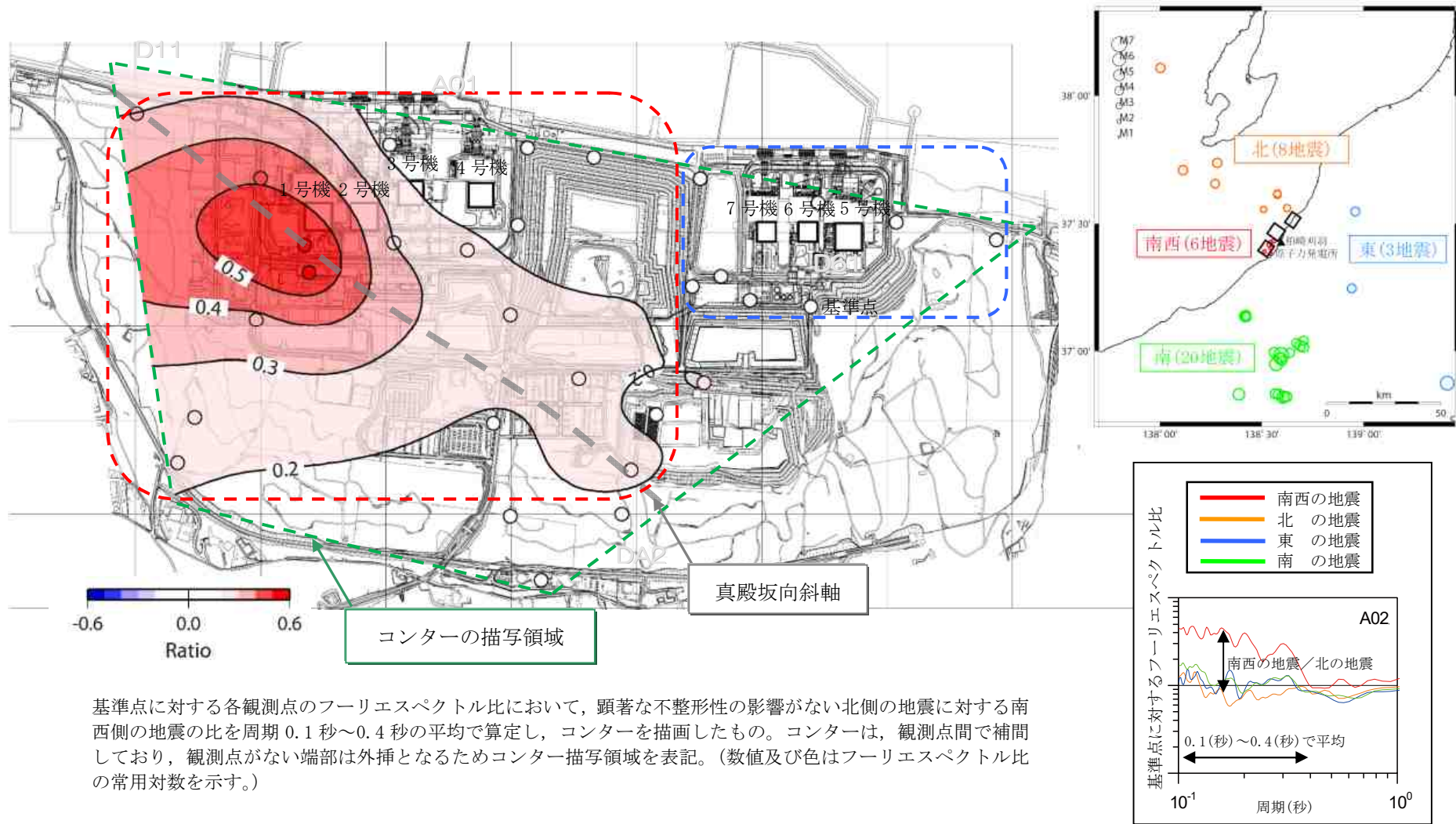


(c) 領域 g～領域 k NS 方向



(d) 領域 g～領域 k EW 方向

図 6-6 敷地周辺で発生した小規模地震の
到来方向別の 1 号機鉛直アレイと 5 号機鉛直アレイの解放基盤波のスペクトル比



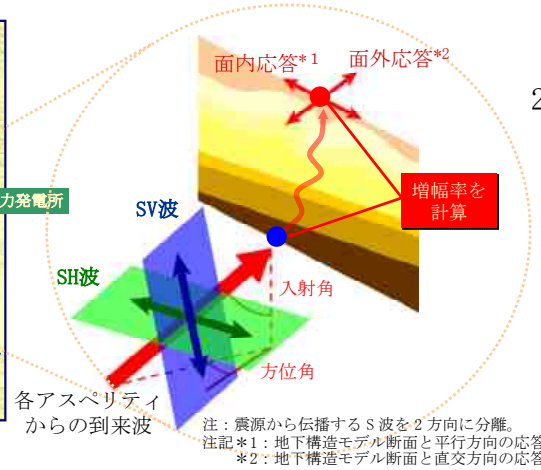
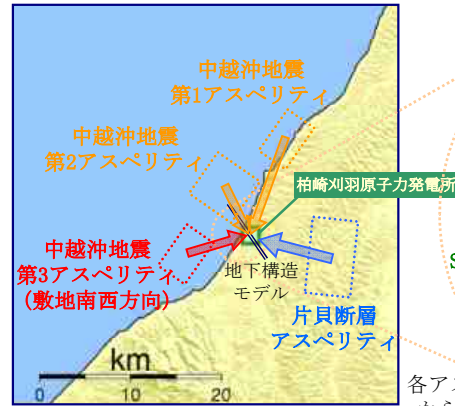
基準点に対する各観測点のフーリエスペクトル比において、顕著な不整形性の影響がない北側の地震に対する南西側の地震の比を周期 0.1 秒～0.4 秒の平均で算定し、コンターを描画したもの。コンターは、観測点間で補間しており、観測点がない端部は外挿となるためコンター描写領域を表記。(数値及び色はフーリエスペクトル比の常用対数を示す。)

図 6-7 水平アレイ地震観測記録で認められる敷地南西側から到来する地震動の増幅領域

2007年新潟県中越沖地震
第1アスペリティ

入射角：46°
方位角：150°

— 1号機
- - 5号機
- - - サービスホール



2007年新潟県中越沖地震
第2アスペリティ

入射角：28°
方位角：95°

96

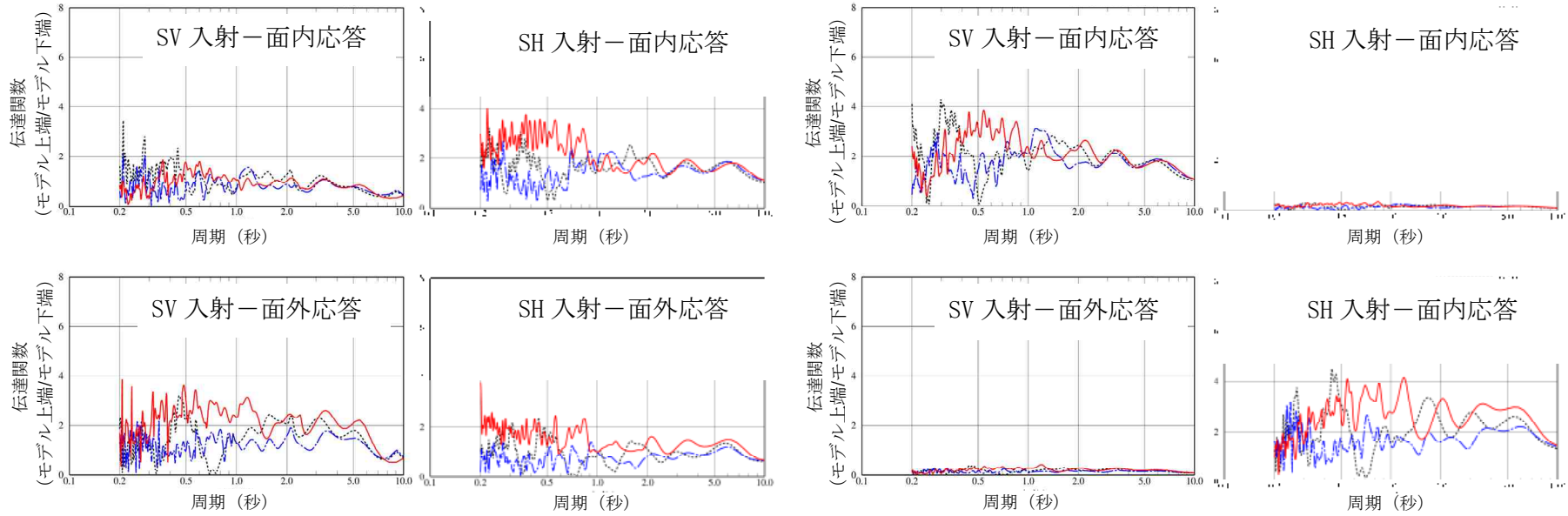
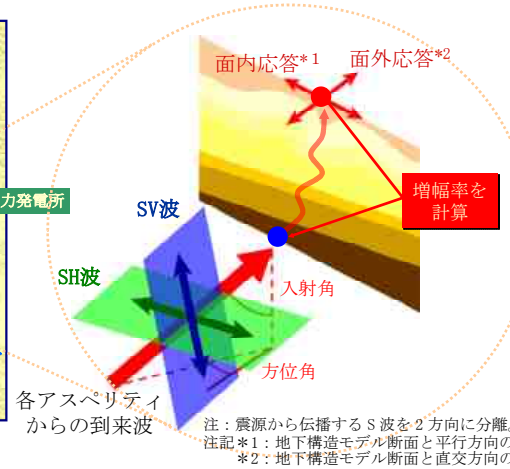


図6-8(1) 各アスペリティから入射した場合の増幅率

2007年新潟県中越沖地震
第3アスペリティ

入射角：45°
方位角：15°

— 1号機
- - 5号機
- · - · サービスホール



陸域からの地震動
(片貝断層アスペリティ)

入射角：60°
方位角：242°

87

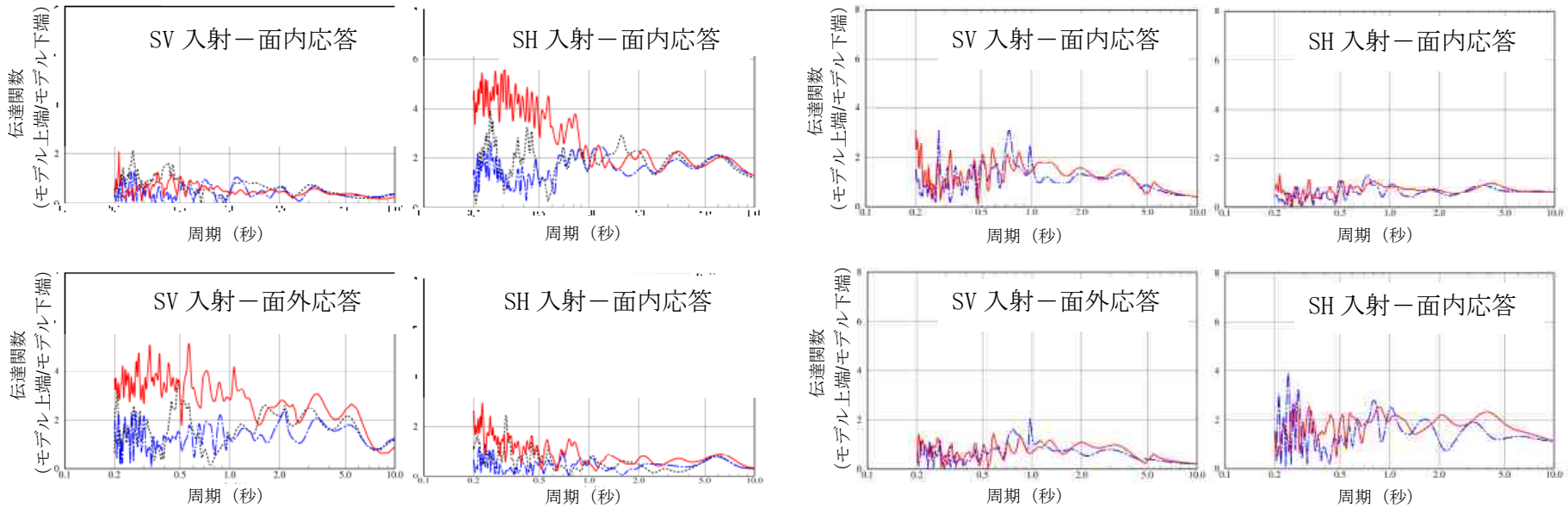


図6-8(2) 各アスペリティから入射した場合の増幅率

- ・ 2007年新潟県中越沖地震（ここでは「中越沖」と省略）が既に発生している地震であることを踏まえ、中越沖の物理量を保持するよう、スケーリング則に従いマグニチュードを評価する。
- ・ 断層幅が飽和した場合の地震モーメント M_0 と断層面積 S に関する①式及び地震モーメント M_0 と地震規模 M_j の関係を与える武村(1998)⁽²⁷⁾式(②式)に基づき、マグニチュードを評価する。

①式： $M_0 \propto S^2$

②式： $\log M_0 = 1.2 M_j + 10.7$

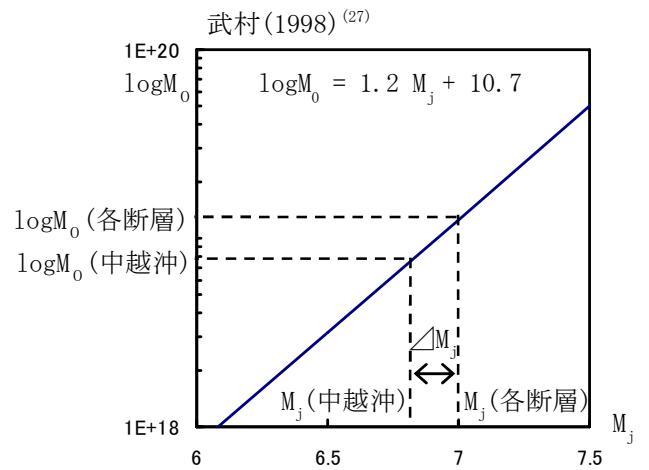
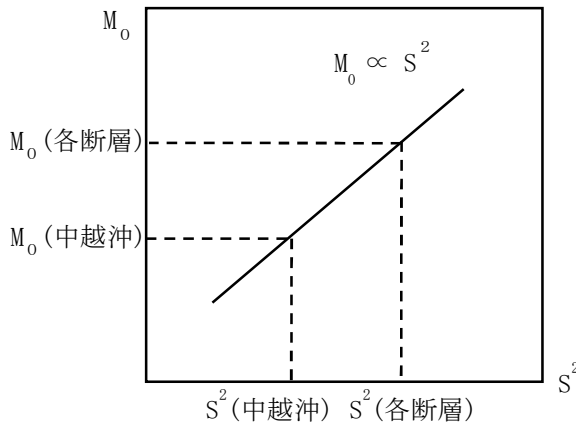
- ・ 各断層のマグニチュードは下図のように①式，②式より以下の式により算定される。

$$\Delta M_j = 2/1.2 \log [S (\text{各断層}) / S (\text{中越沖})]$$

$$S (\text{中越沖}) = 27\text{km} \times 20\text{km} = 540\text{km}^2$$

$$M_j (\text{各断層}) = M_j (\text{中越沖}) + \Delta M_j = 6.8 + \Delta M_j$$

M_0 と S のスケーリング (断層幅飽和の場合)



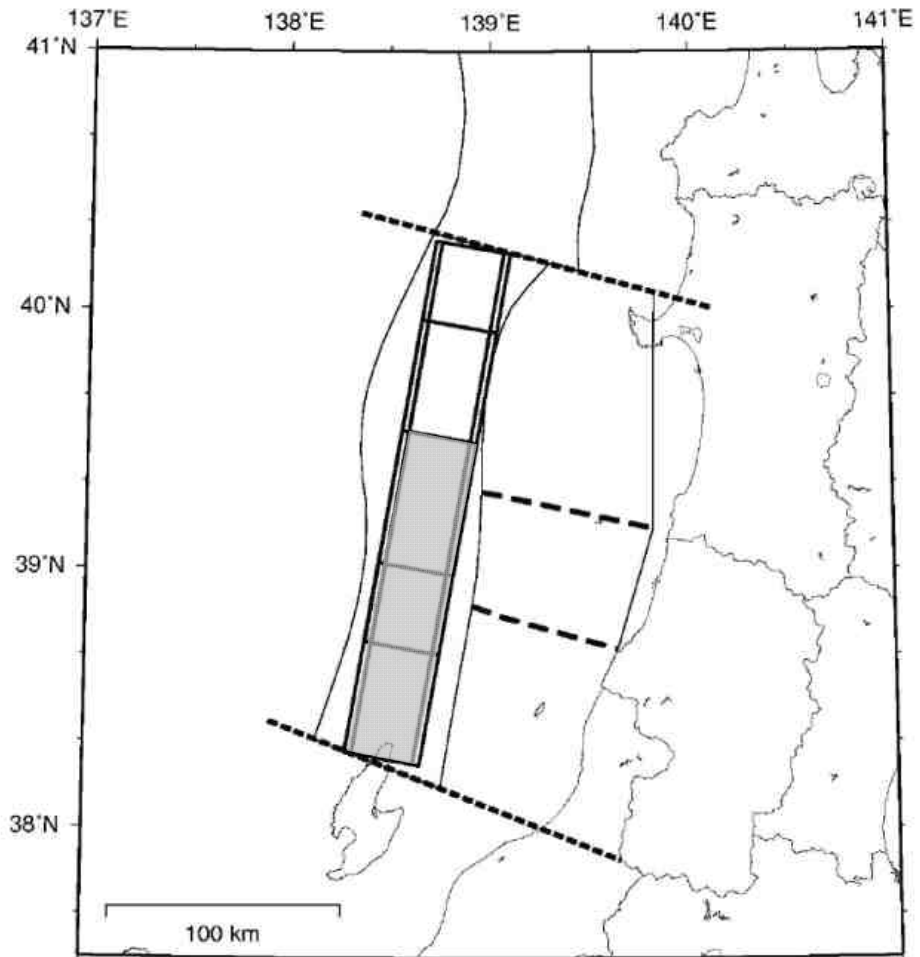
$$\frac{M_0 (\text{各断層})}{M_0 (\text{中越沖})} = \left\{ \frac{S (\text{各断層})}{S (\text{中越沖})} \right\}^2$$

$$\Delta M_j = \left\{ \frac{1}{1.2} \right\} \left\{ \text{Log} \left[\frac{M_0 (\text{各断層})}{M_0 (\text{中越沖})} \right] \right\}$$

$$\Delta M_j = \left\{ \frac{2}{1.2} \right\} \left\{ \text{Log} \left[\frac{S (\text{各断層})}{S (\text{中越沖})} \right] \right\}$$

各断層による地震の M_j
 $= M_j (\text{中越沖} : 6.8) + \Delta M_j$

図 7-1 2007 年新潟県中越沖地震の知見を踏まえた地震規模の設定



■ : 想定佐渡島北方沖の地震(M7.8)の断層面

図7-2 想定佐渡島北方沖の地震(M7.8)の断層面
(地震調査研究推進本部(2009)⁽⁶⁾に一部加筆)

- 佐渡島棚東縁断層による地震 (M6.8, Xeq=55km)
- F-B断層による地震 (傾斜角 45°) (M6.8, Xeq=17km)
- F-B断層による地震 (傾斜角 35°) (M7.0, Xeq=13km)
- 佐渡島南方断層による地震 (M6.8, Xeq=26km)
- F-D断層による地震 (M6.8, Xeq=38km)
- 高田沖断層による地震 (M6.8, Xeq=59km)
- 米山沖断層による地震 (M6.8, Xeq=25km)
- 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層の連動を考慮した地震 (M7.6, Xeq=31km)
- 想定佐渡島北方沖の地震 (M7.8, Xeq=148km)
- 1964年新潟地震 (M7.5, Xeq=124km)
- 2007年能登半島地震 (M6.9, Xeq=171km)
- 2007年新潟県中越沖地震 (M6.8, Xeq=24km)

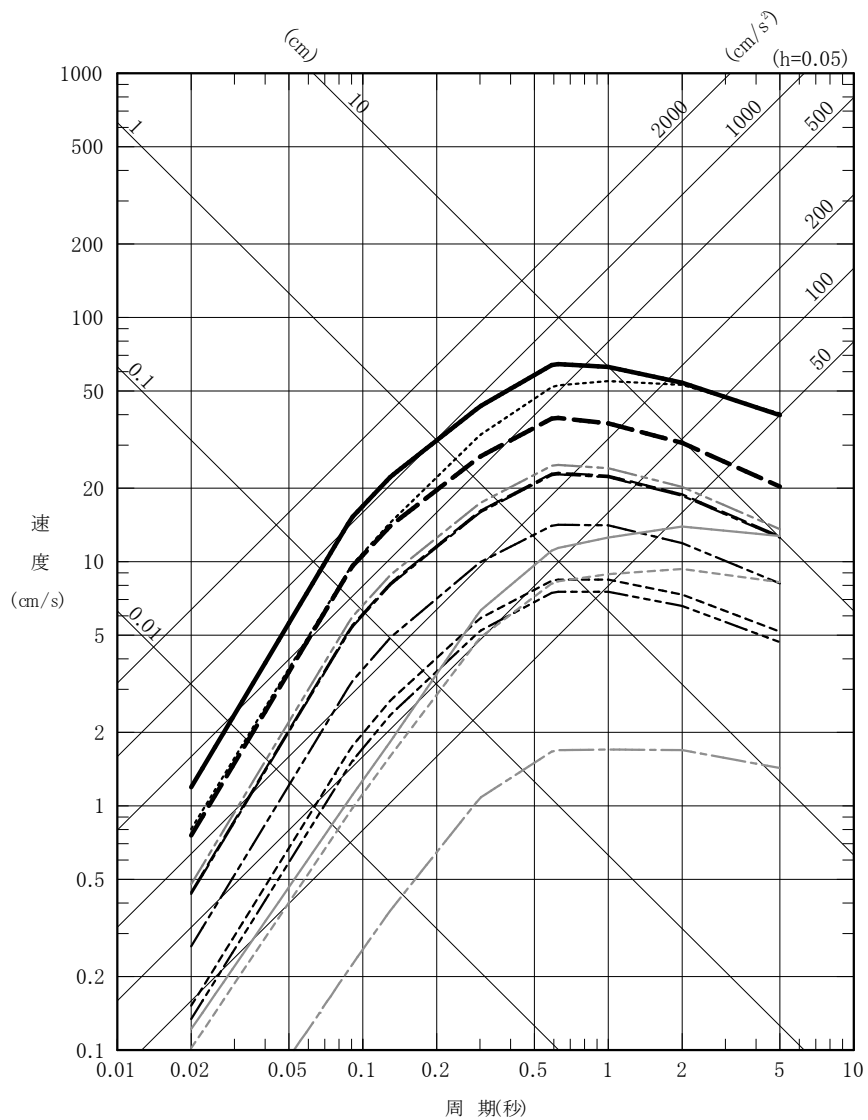


図7-3(1) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比較
(海域の地震, 1号機)

- 佐渡島棚東縁断層による地震 (M6.8, Xeq=53km)
- F-B断層による地震 (傾斜角 45°) (M6.8, Xeq=16km)
- F-B断層による地震 (傾斜角 35°) (M7.0, Xeq=13km)
- 佐渡島南方断層による地震 (M6.8, Xeq=25km)
- F-D断層による地震 (M6.8, Xeq=39km)
- 高田沖断層による地震 (M6.8, Xeq=60km)
- 米山沖断層による地震 (M6.8, Xeq=26km)
- 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層の連動を考慮した地震 (M7.6, Xeq=31km)
- 想定佐渡島北方沖の地震 (M7.8, Xeq=147km)
- 1964年新潟地震 (M7.5, Xeq=123km)
- 2007年能登半島地震 (M6.9, Xeq=172km)
- 2007年新潟県中越沖地震 (M6.8, Xeq=23km)

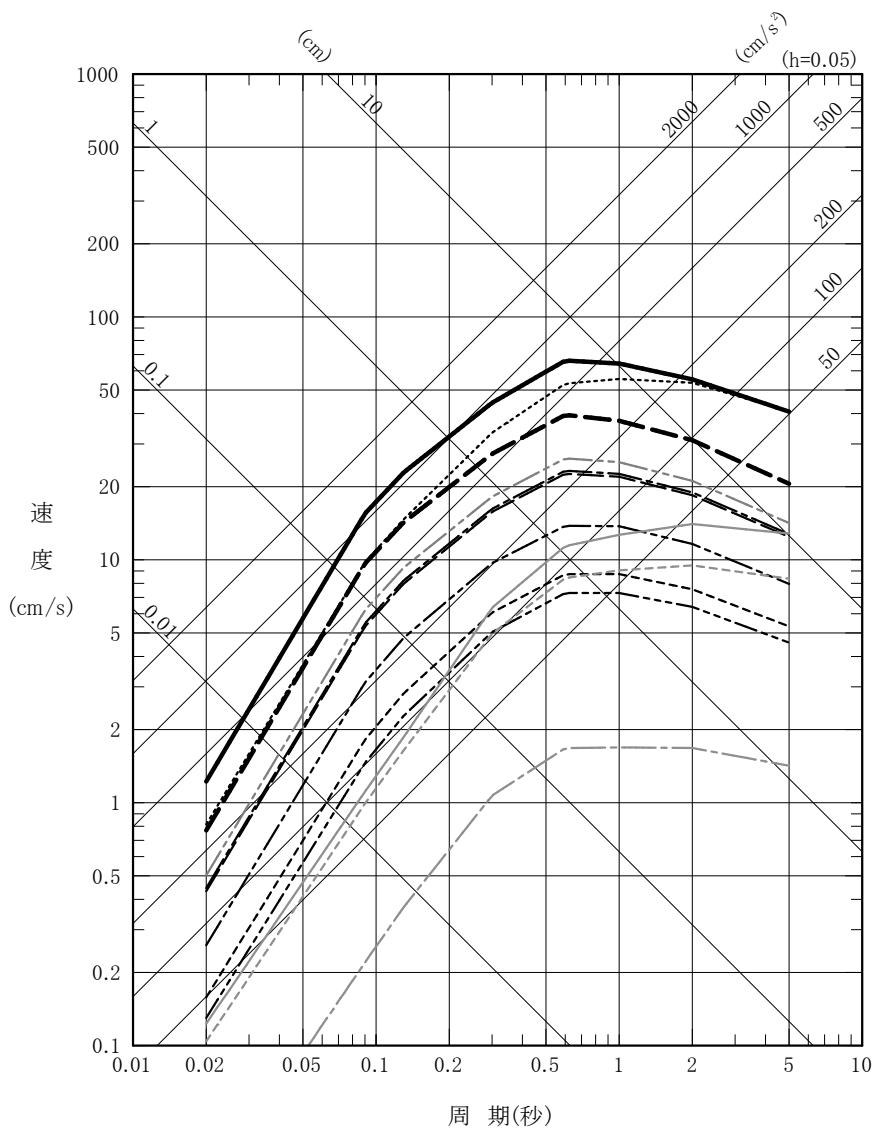


図7-3(2) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比較
(海域の地震, 5号機)

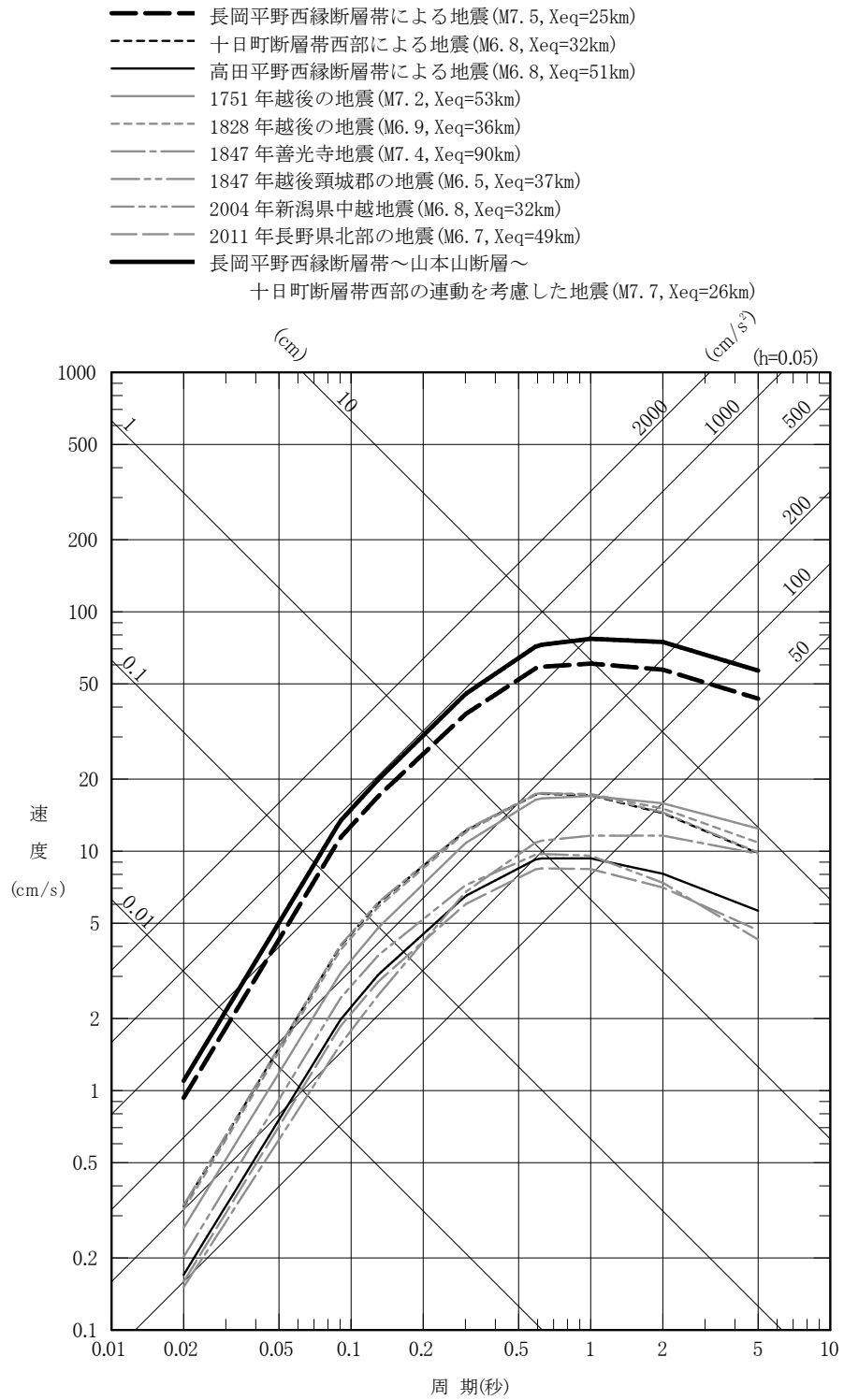


図7-3(3) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比較
(陸域の地震, 1号機)

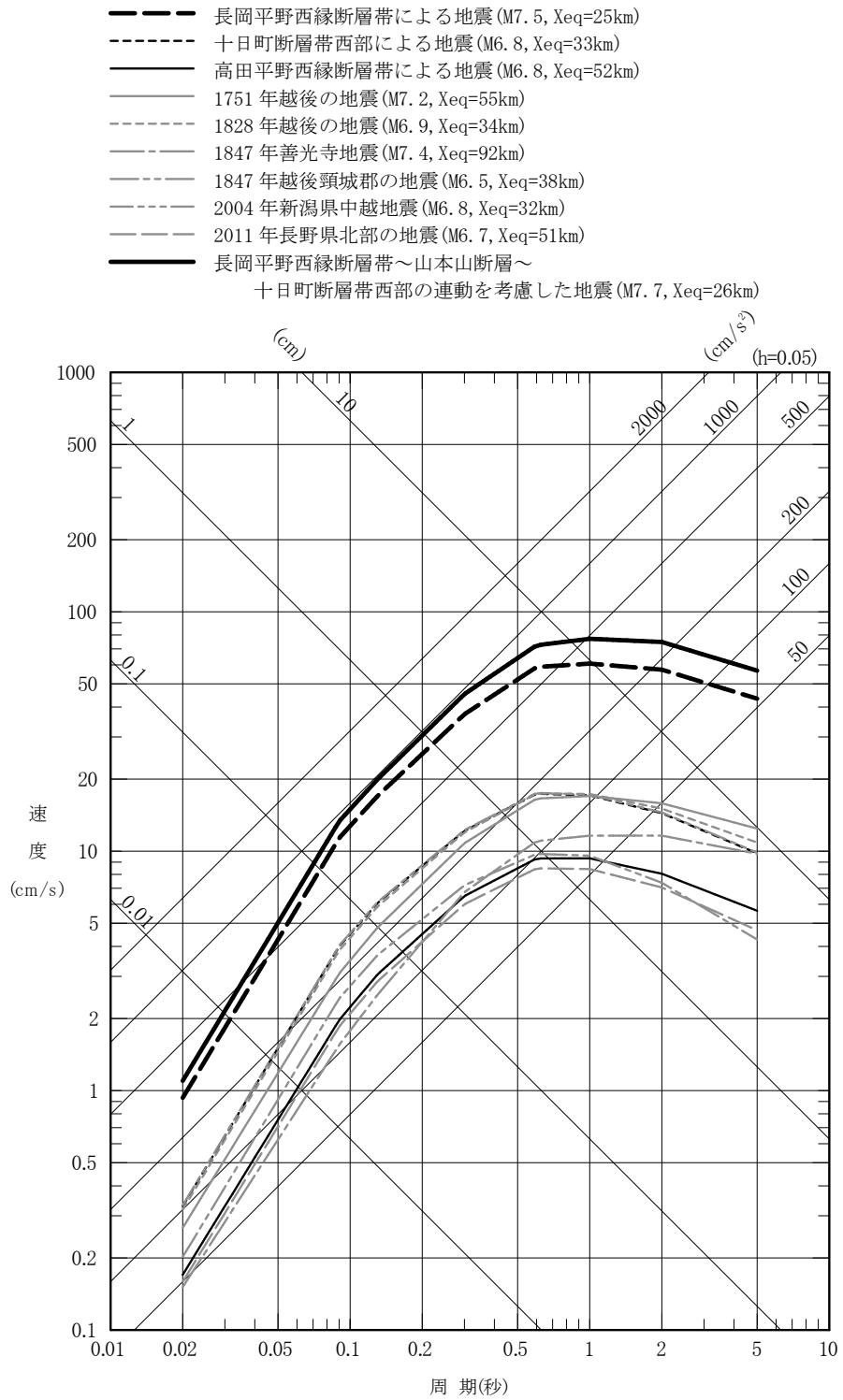
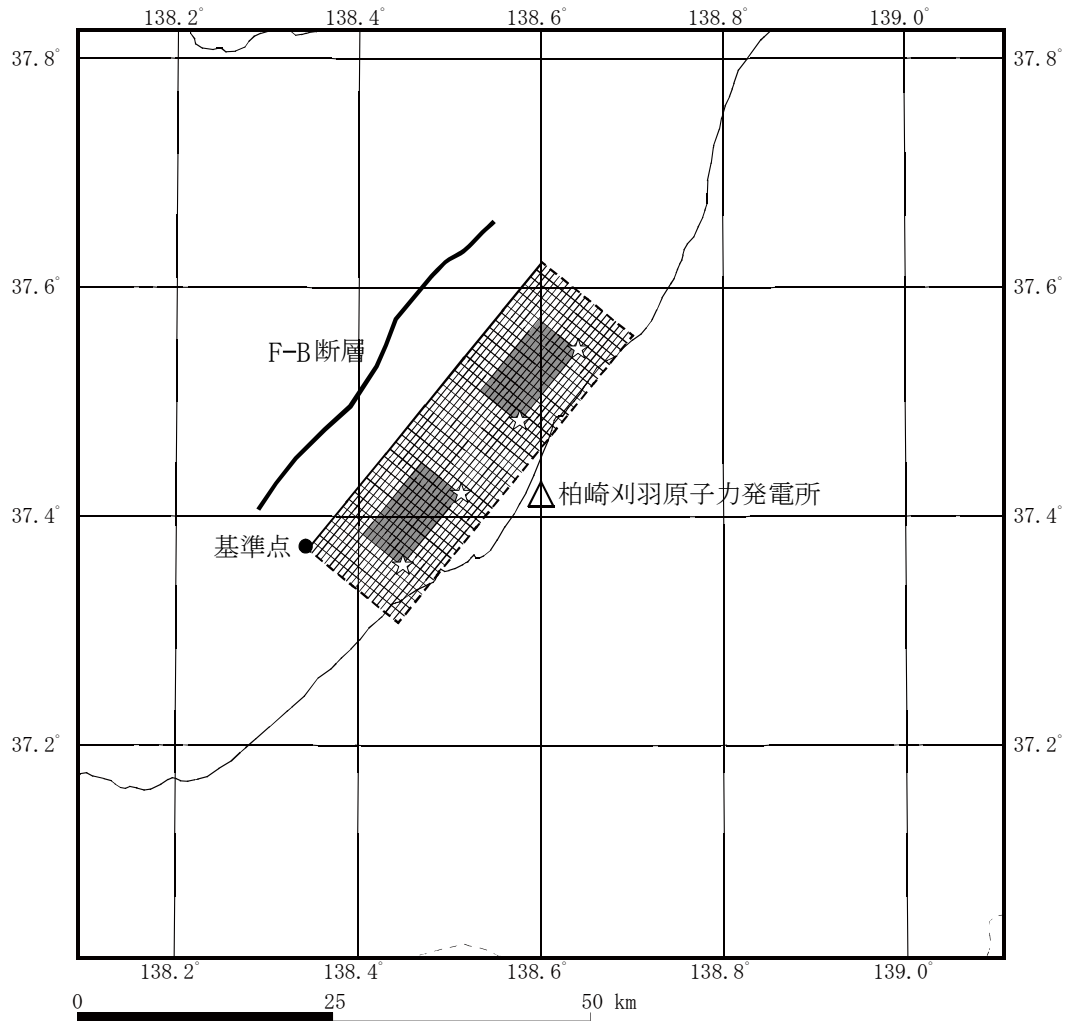
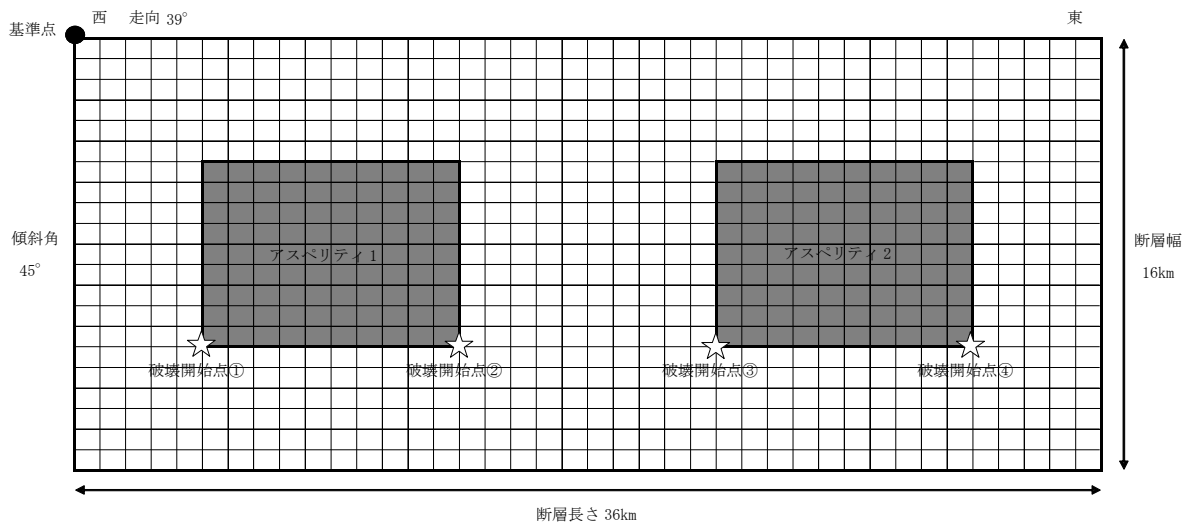


図7-3(4) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比較
(陸域の地震, 5号機)



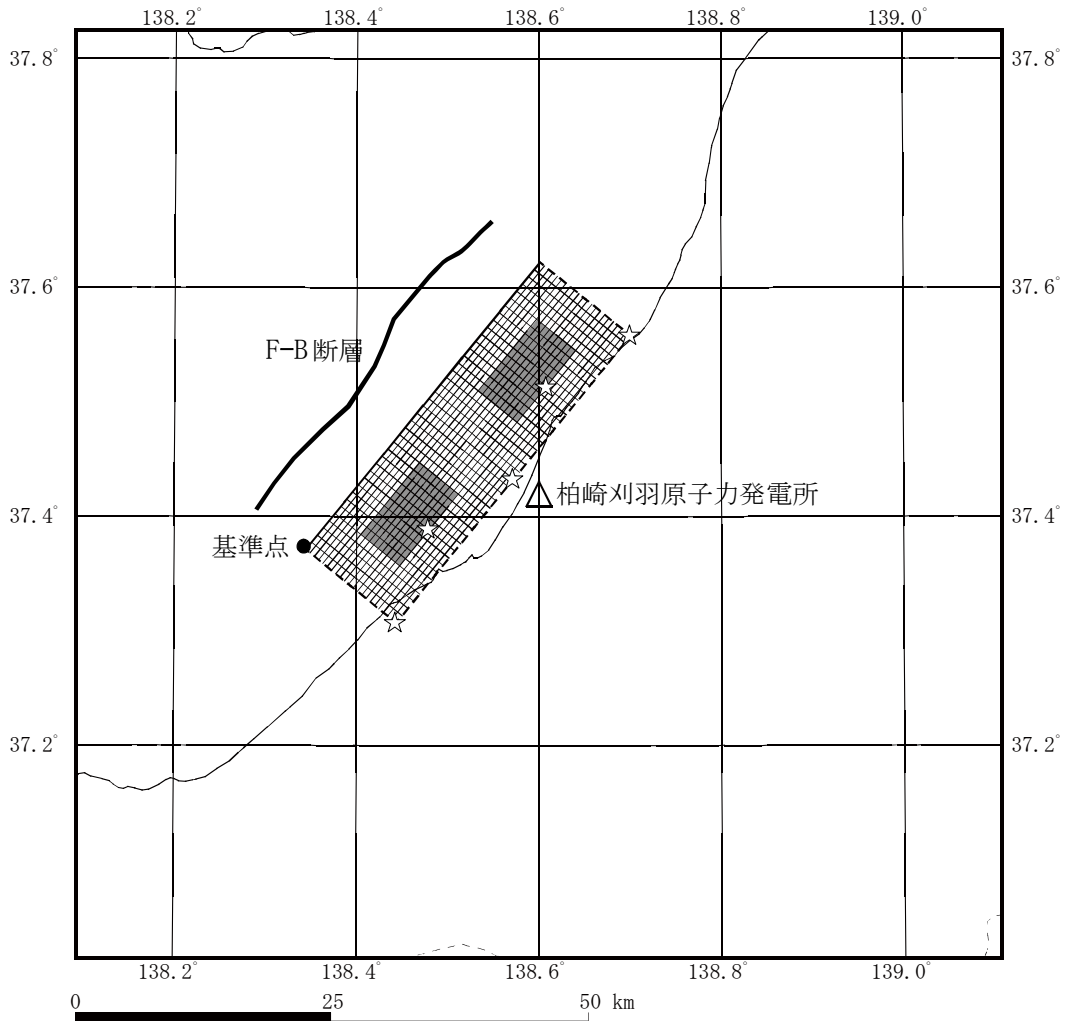
(1) 配置図



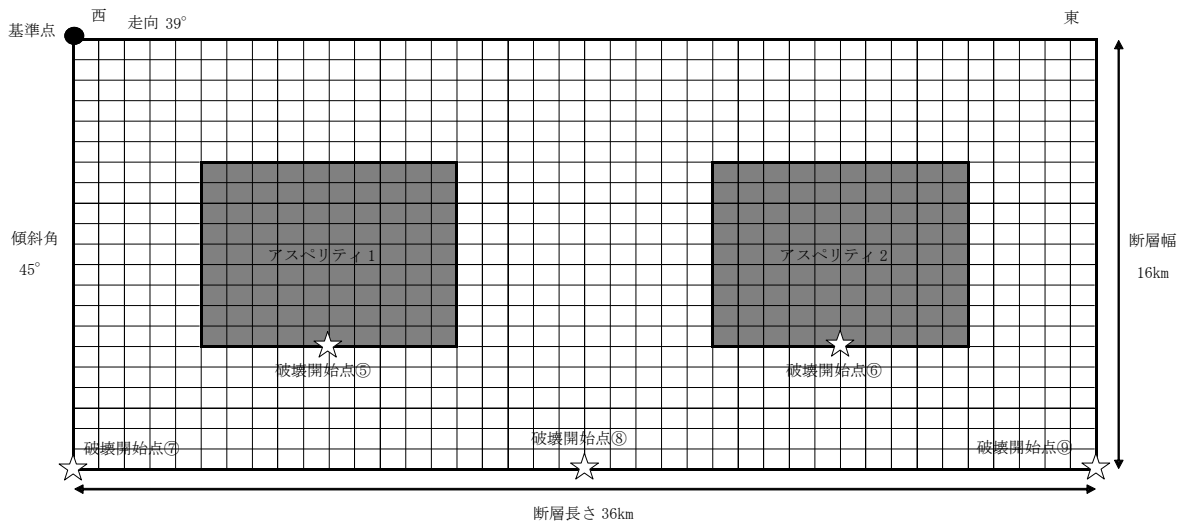
(2) 断面図

図 7-4 F-B 断層による地震の震源モデル 強震動予測レシピモデル (基本震源モデル (No. 1) *****, 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース (No. 4) ***** 及び 応力降下量の不確かさを考慮したケース (No. 5) *****)

注記 *****: 検討ケースの番号 (No.) は、表 7-3 に対応。



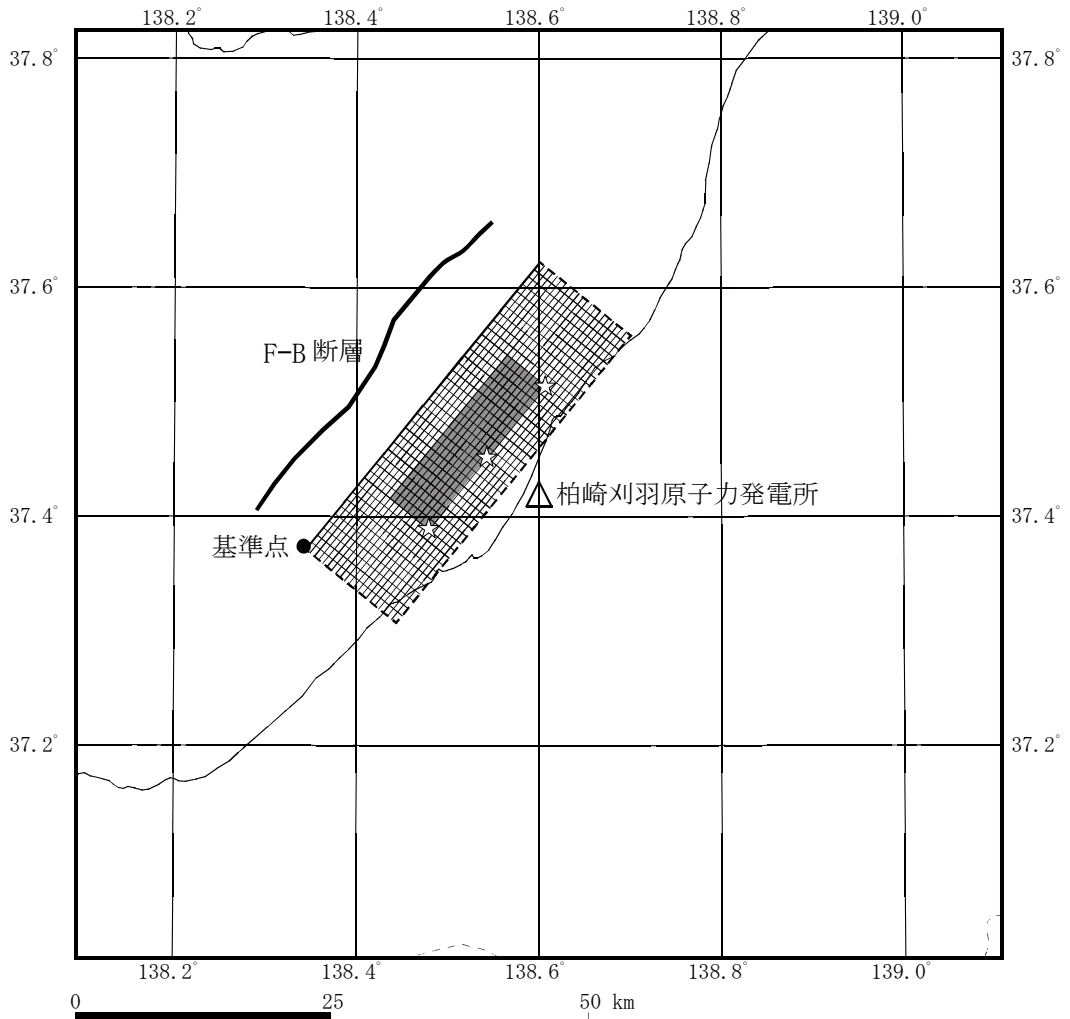
(1) 配置図



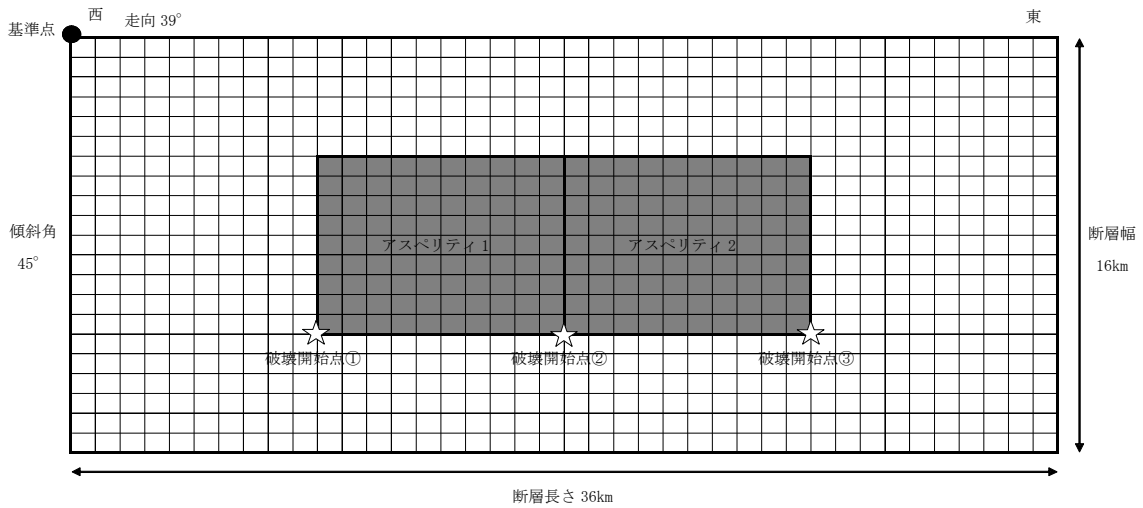
(2) 断面図

図 7-5(1) F-B 断層による地震の震源モデル 強震動予測レシピモデル (破壊開始点の不確かさを考慮したケース (No. 2)*)

注記*: 検討ケースの番号(No.)は、表 7-3 に対応。



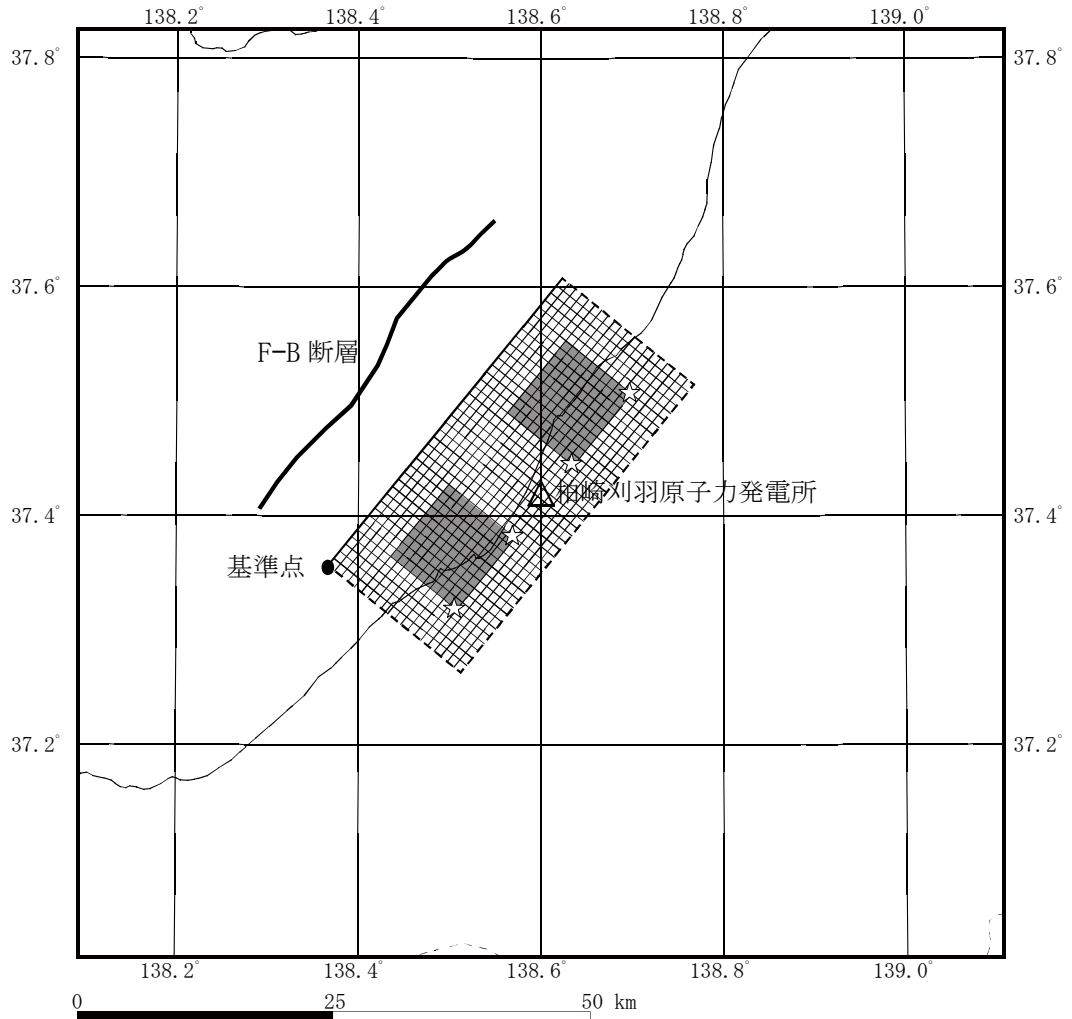
(1) 配置図



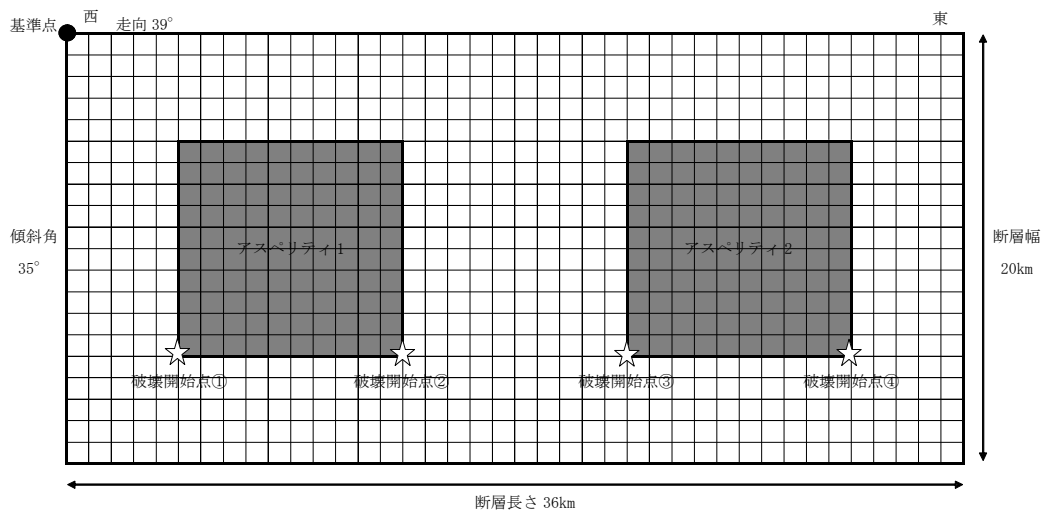
(2) 断面図

図 7-5(2) F-B 断層による地震の震源モデル 強震動予測レシピモデル (アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース (No. 3)*)

注記*: 検討ケースの番号(No.)は、表 7-3 に対応。



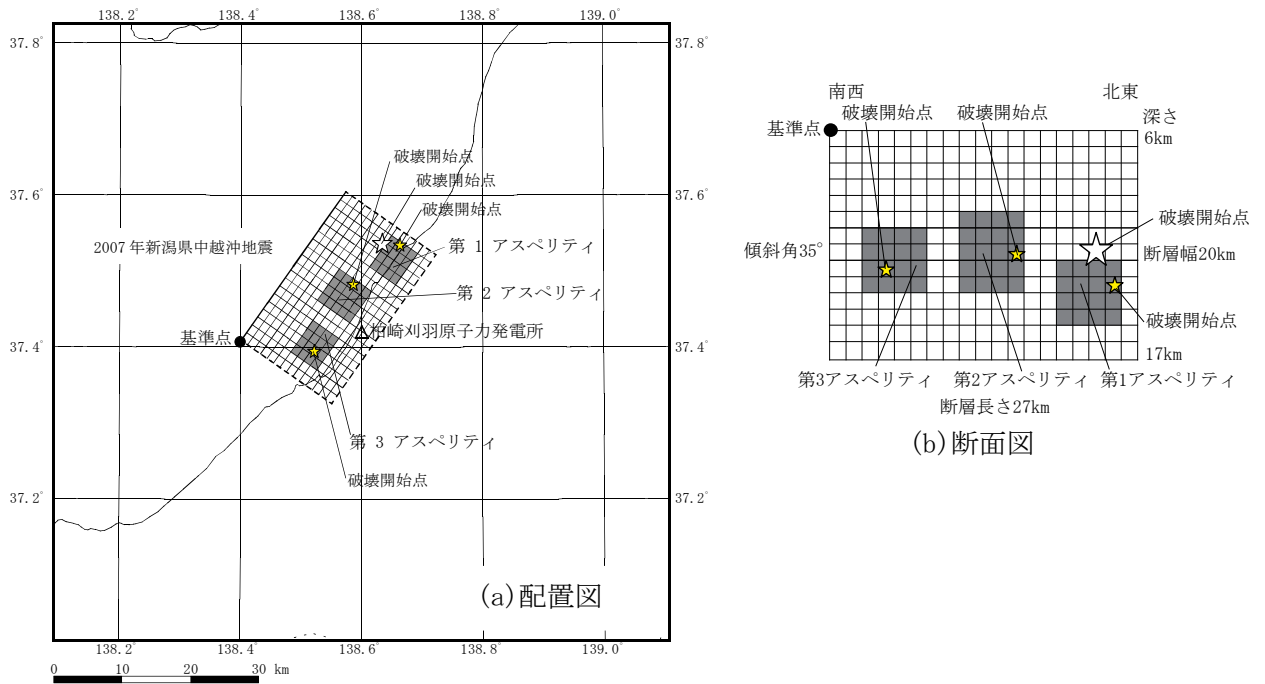
(1) 配置図



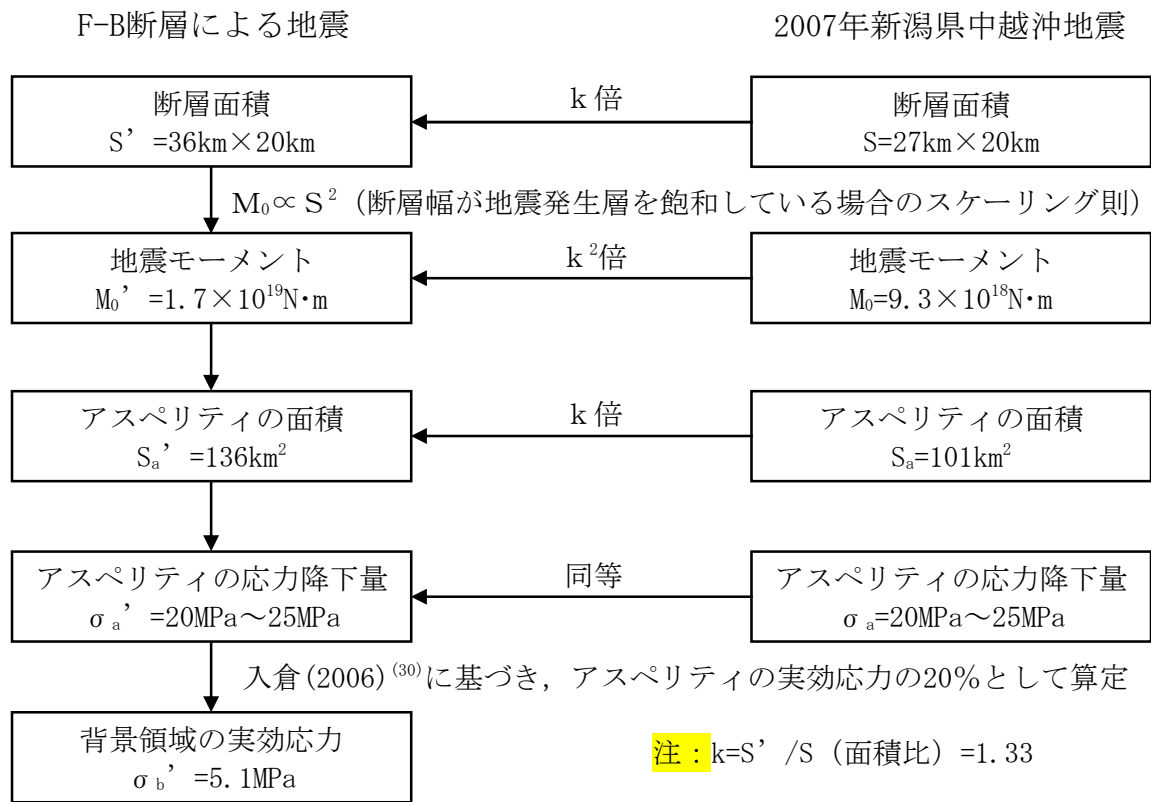
(2) 断面図

図 7-5(3) F-B 断層による地震の震源モデル 強震動予測レシピモデル
(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース (No. 6)*)

注記*: 検討ケースの番号(No.)は、表 7-3 に対応。

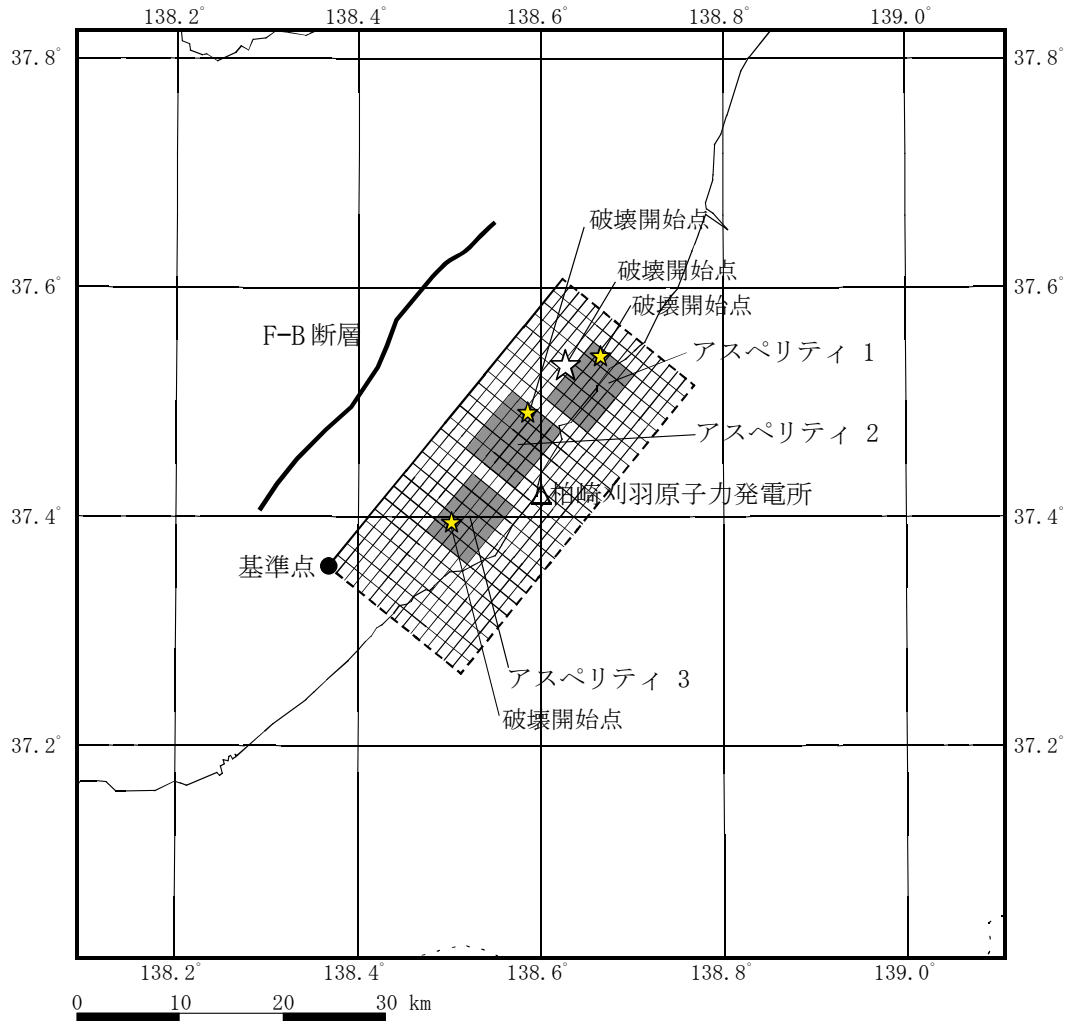


(1) 2007年新潟県中越沖地震の断層長さ27kmの震源モデル
 (芝(2008)⁽²⁶⁾による震源インバージョン結果及び地震調査研究推進本部(2008)⁽²¹⁾等から設定)

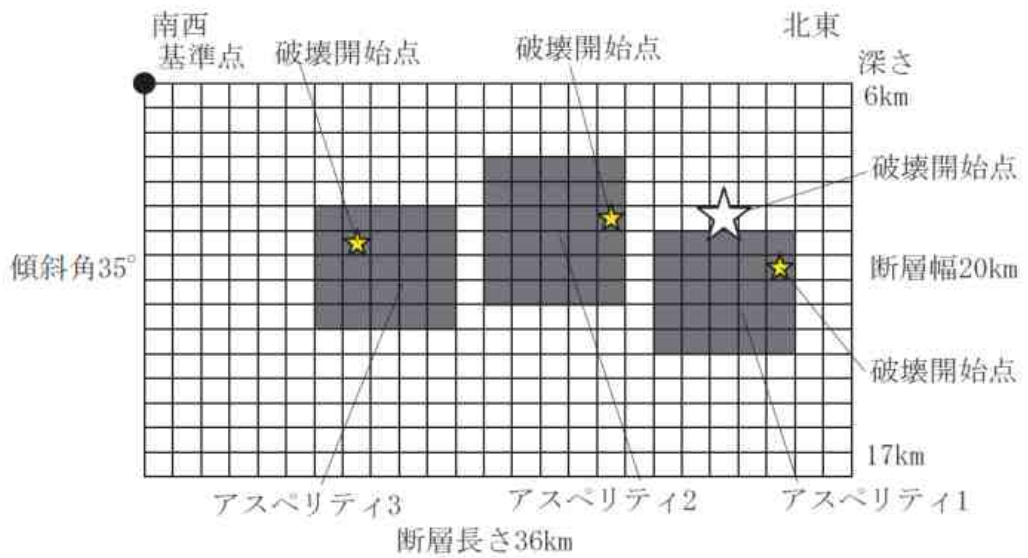


(2) 断層パラメータの設定フロー

図7-6 F-B断層による地震 中越沖地震拡張モデル
 地震動評価に用いる断層パラメータの設定フロー



(1) 配置図

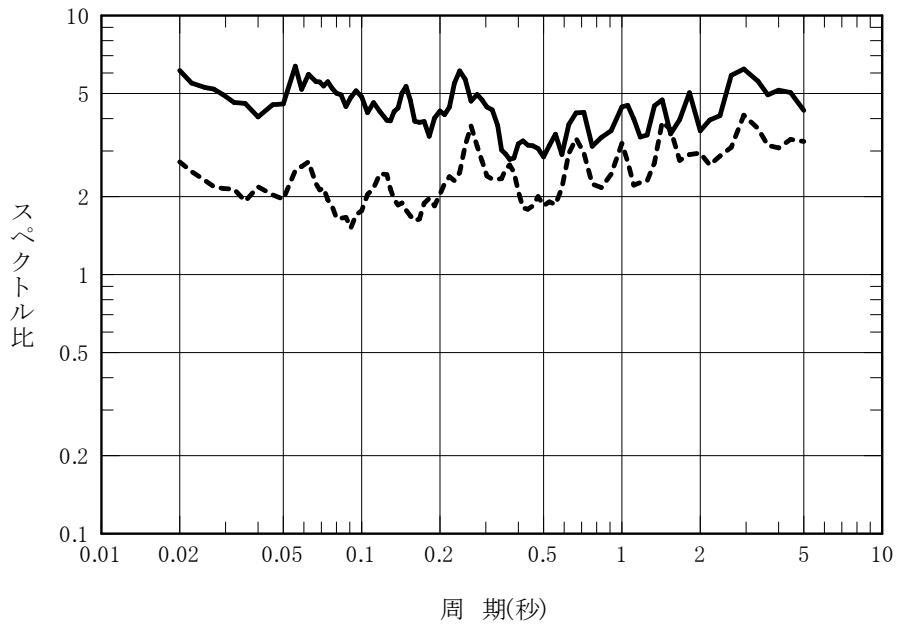


(2) 断面図

図 7-7 F-B 断層による地震の震源モデル
中越沖地震拡張モデル (No. 7) *

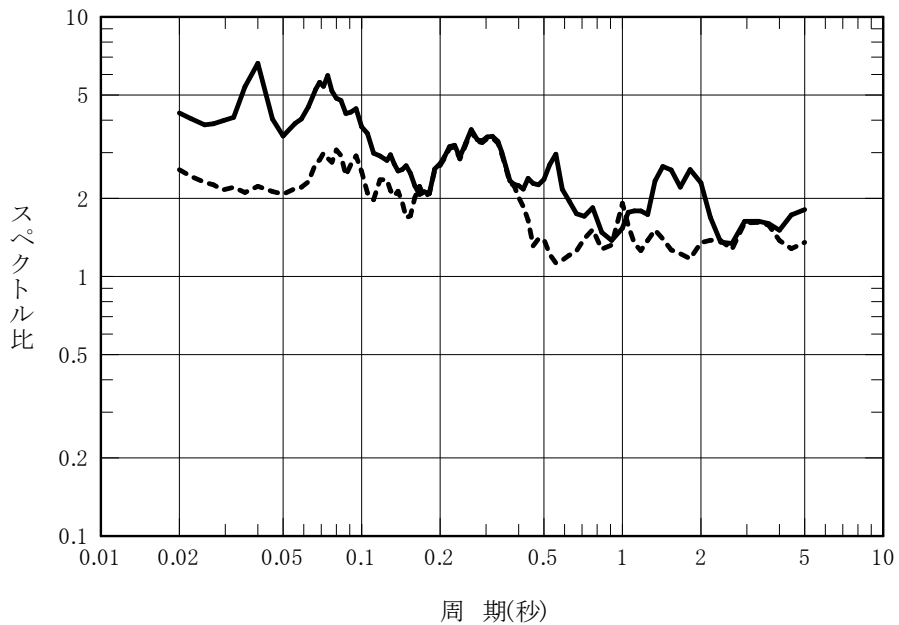
注記* : 検討ケースの番号 (No.) は、表 7-3 に対応。

— 1号機
 - - - 5号機



(1) 水平方向

— 1号機
 - - - 5号機



(2) 鉛直方向

図7-8 2007年新潟県中越沖地震の観測記録に基づき推定した解放基盤波とNoda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比 (観測記録に基づく補正係数)

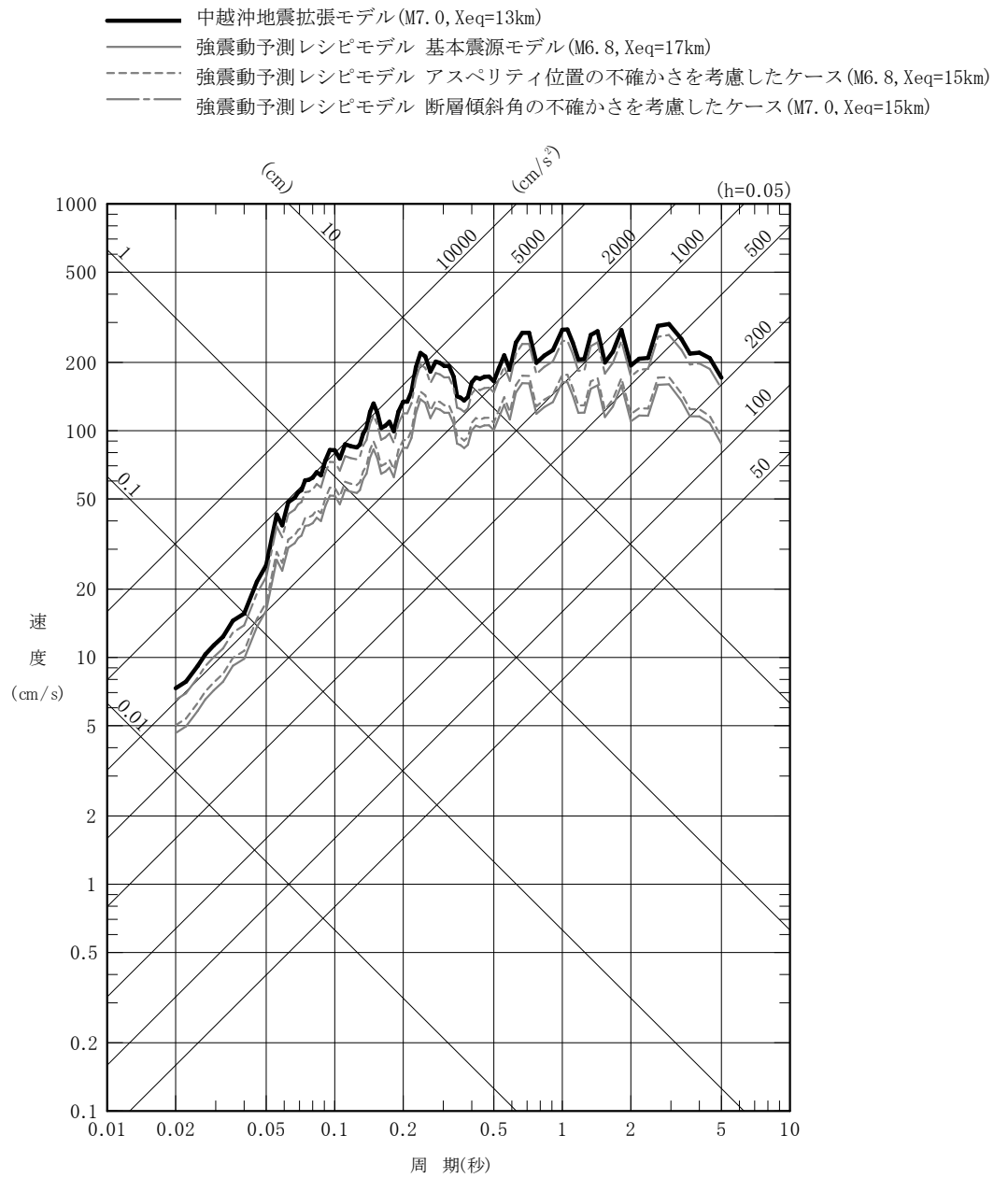


図7-9(1) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾に基づくF-B断層による地震の評価結果 (1号機, 水平方向)

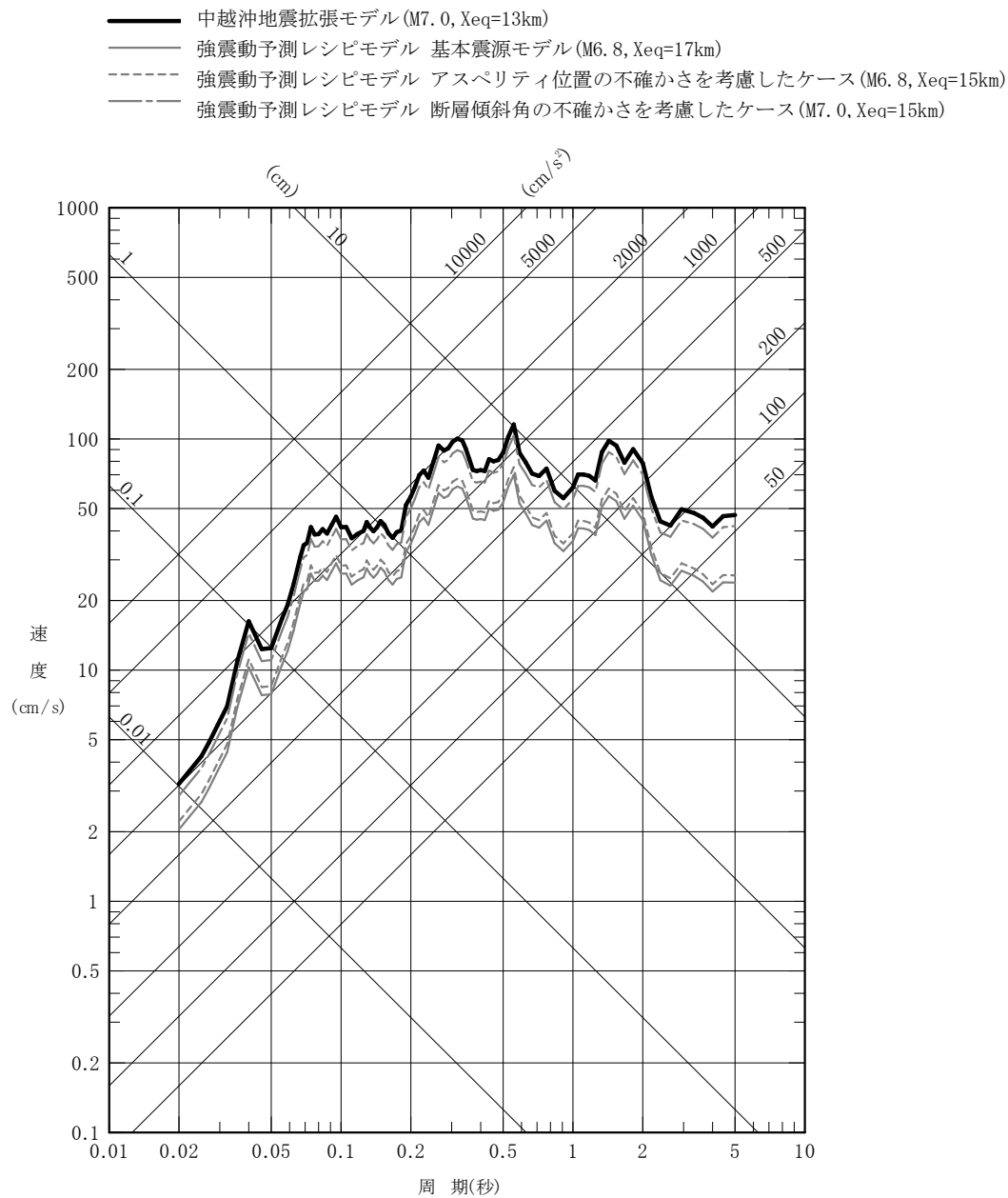


図 7-9(2) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾に基づく F-B 断層による地震の評価結果 (1号機, 鉛直方向)

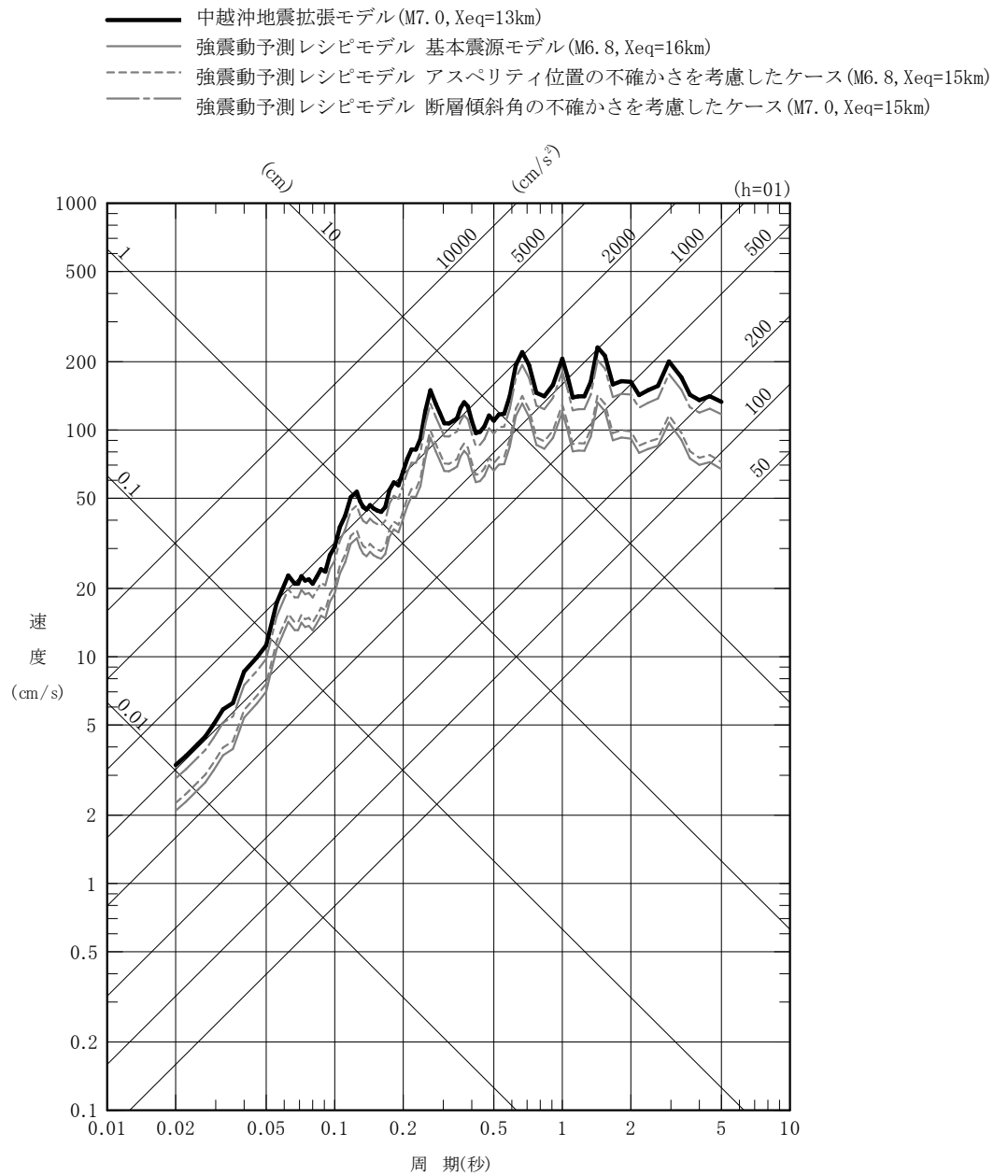


図7-9(3) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾に基づくF-B断層による地震の評価結果 (5号機, 水平方向)

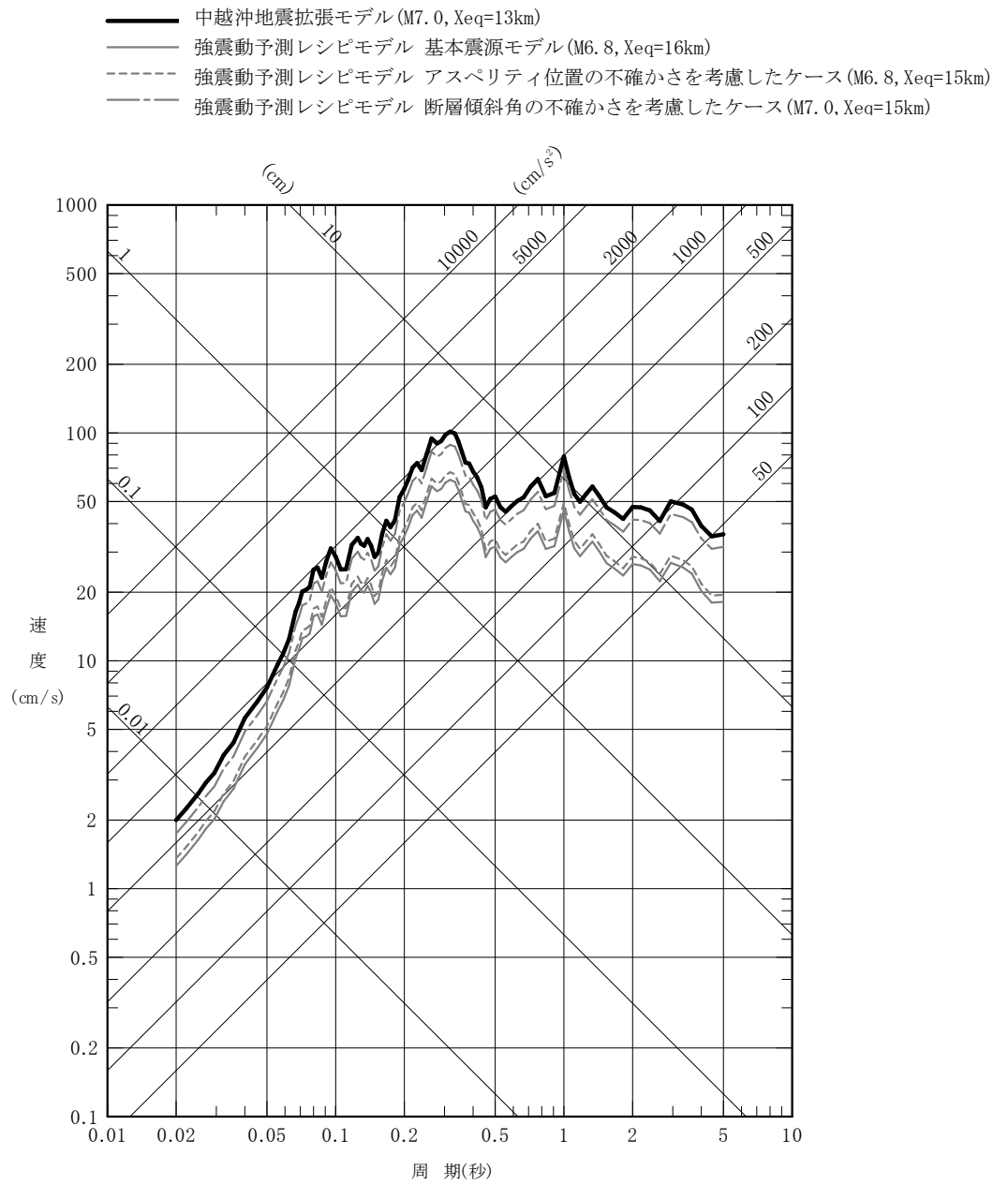
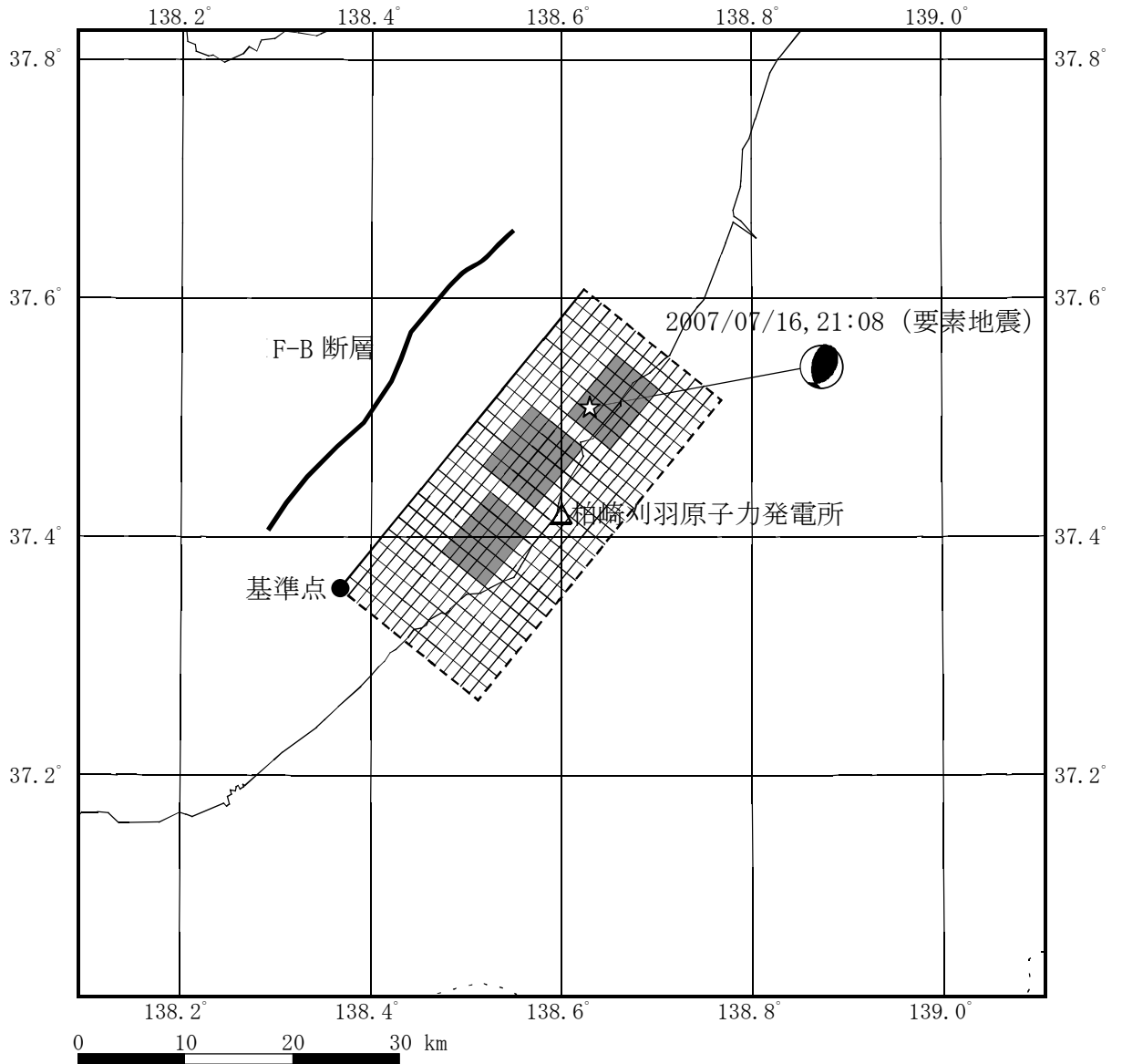


図7-9(4) Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾に基づくF-B断層による地震の評価結果 (5号機, 鉛直方向)



注：震央位置については、気象庁⁽⁵⁾による。
中越沖地震拡張モデルの震源モデルにプロット。

図 7-10 F-B 断層による地震の地震動評価に用いる要素地震の震央位置

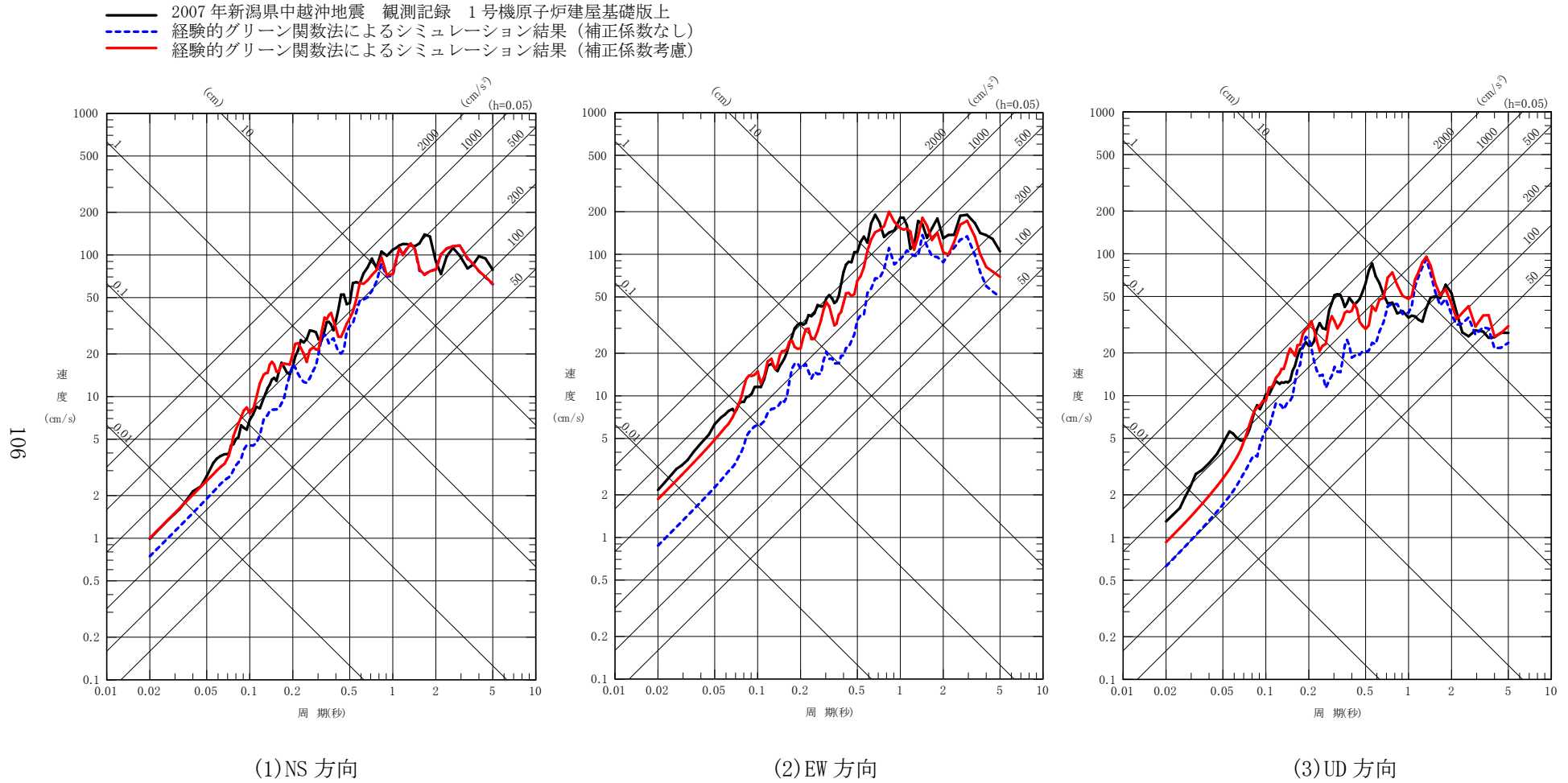


図 7-11 (1) 2007 年新潟県中越沖地震のシミュレーション解析結果 (1 号機, 原子炉建屋基礎版上)

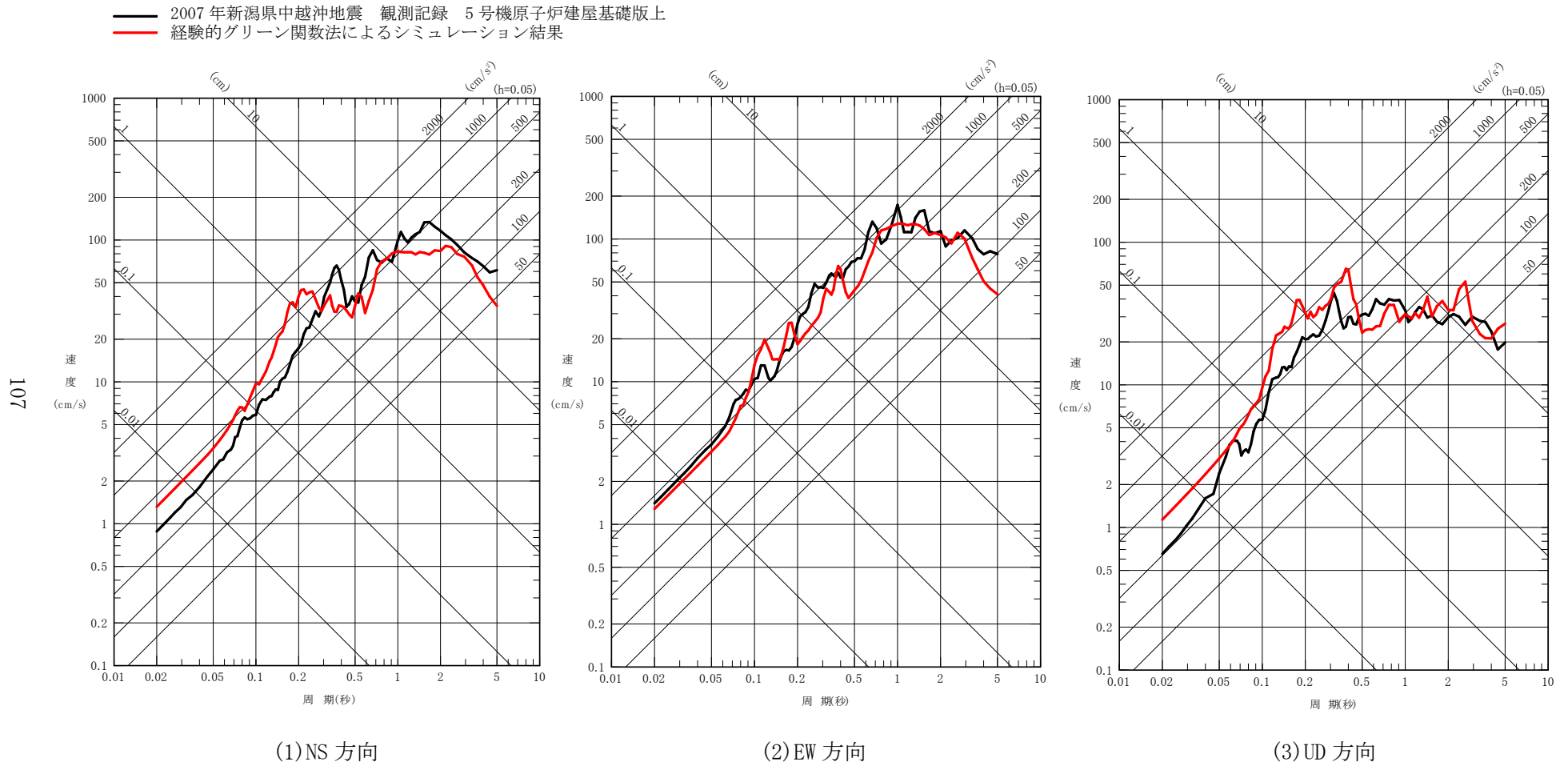
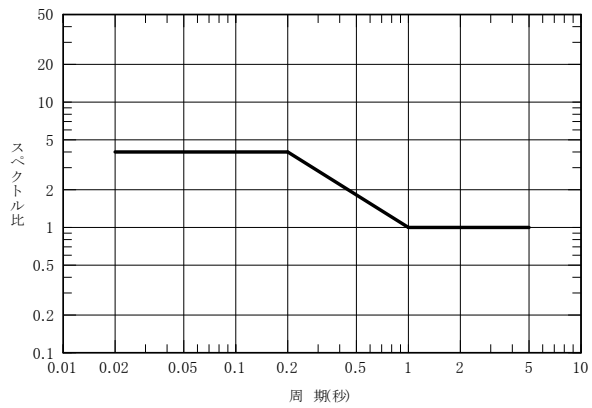
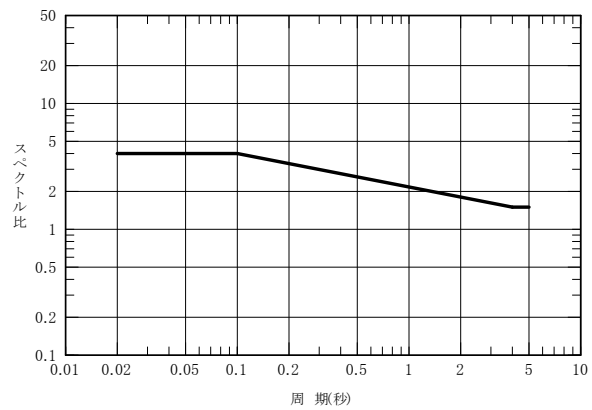


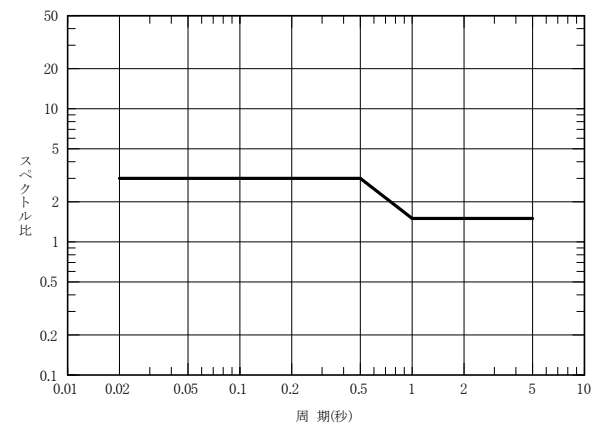
図7-11(2) 2007年新潟県中越沖地震のシミュレーション解析結果 (5号機, 原子炉建屋基礎版上)



(1)NS 方向



(2)EW 方向



(3)UD 方向

図 7-12 F-B 断層による地震の 1 号機の地震動評価において、敷地より南西側のアスペリティ (強震動予測レシピモデル: アスペリティ 1, 中越沖地震拡張モデル: アスペリティ 3) の要素地震に乗じる補正係数

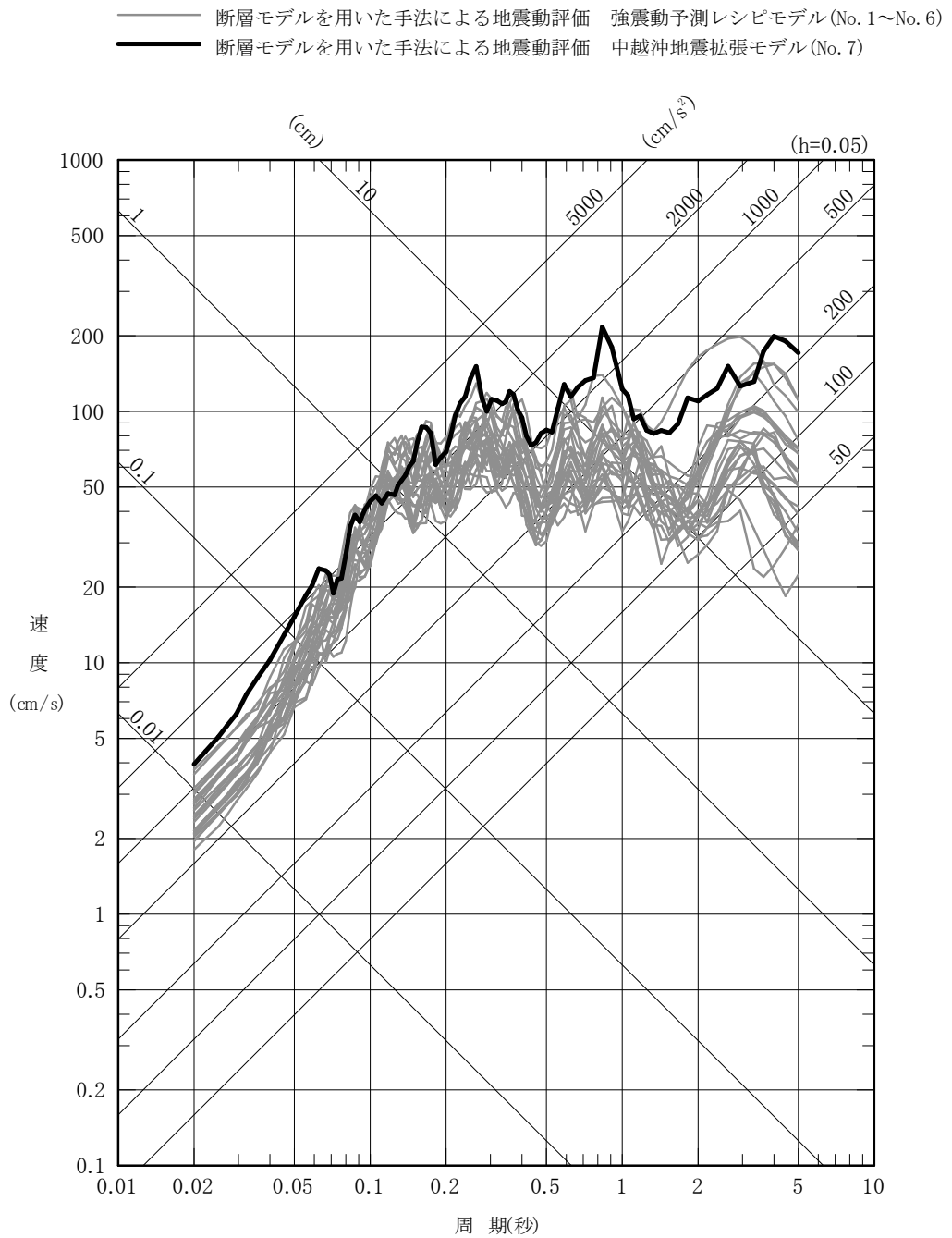


図7-13(1) 断層モデルを用いた手法による F-B 断層による地震の評価結果 (1号機, NS 方向)

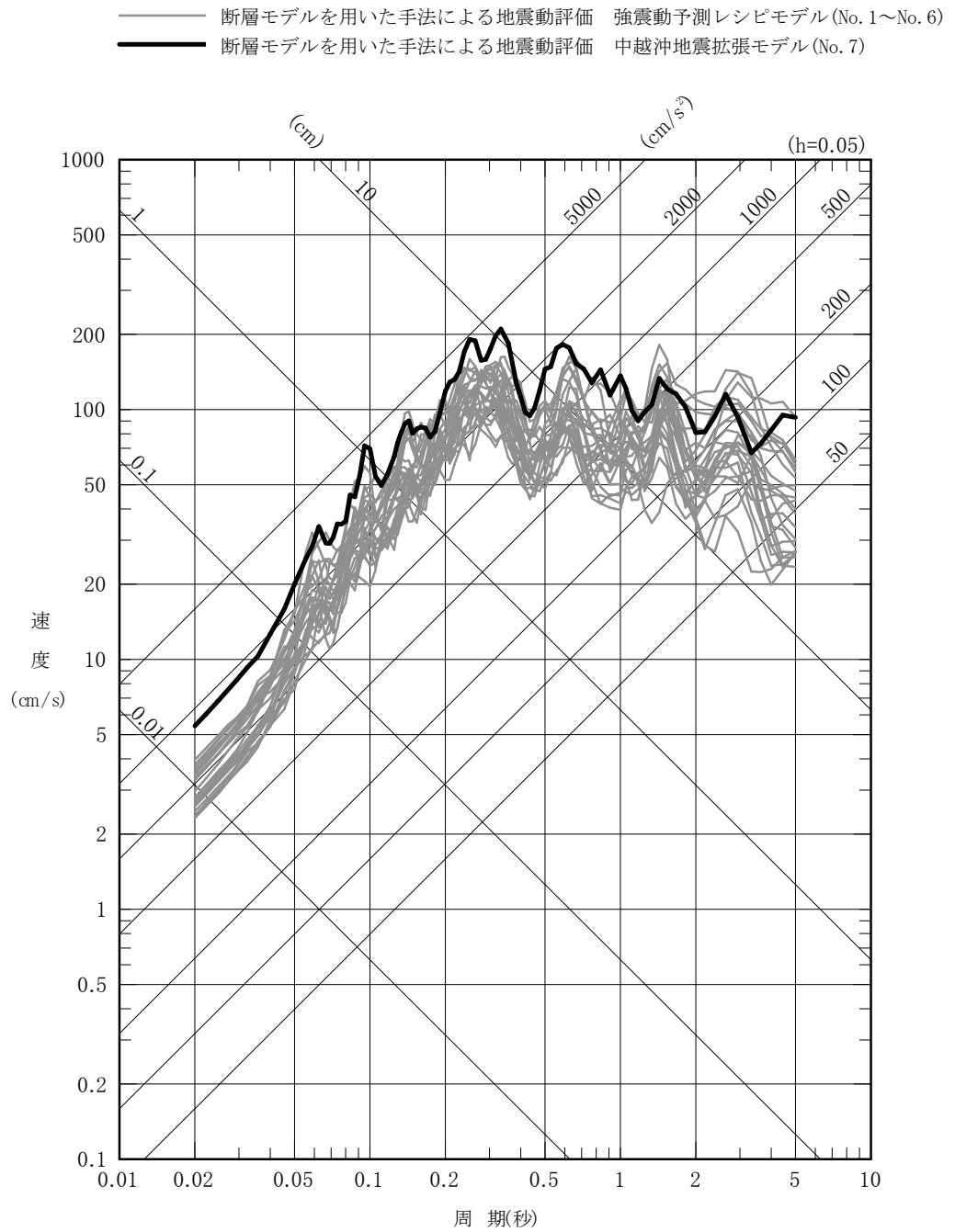


図 7-13(2) 断層モデルを用いた手法による F-B 断層による地震の評価結果 (1号機, EW 方向)

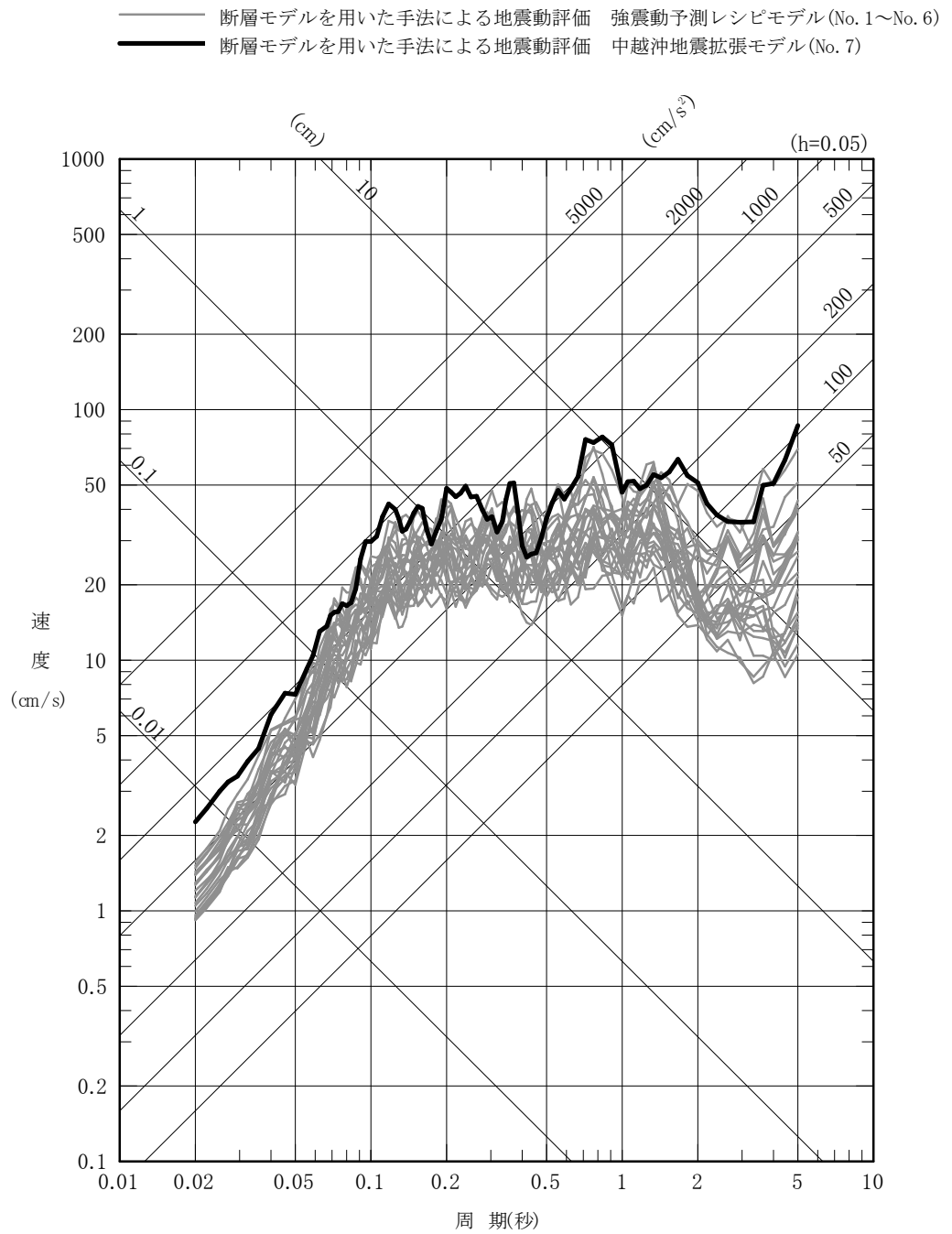


図 7-13(3) 断層モデルを用いた手法による F-B 断層による地震の評価結果 (1号機, UD 方向)

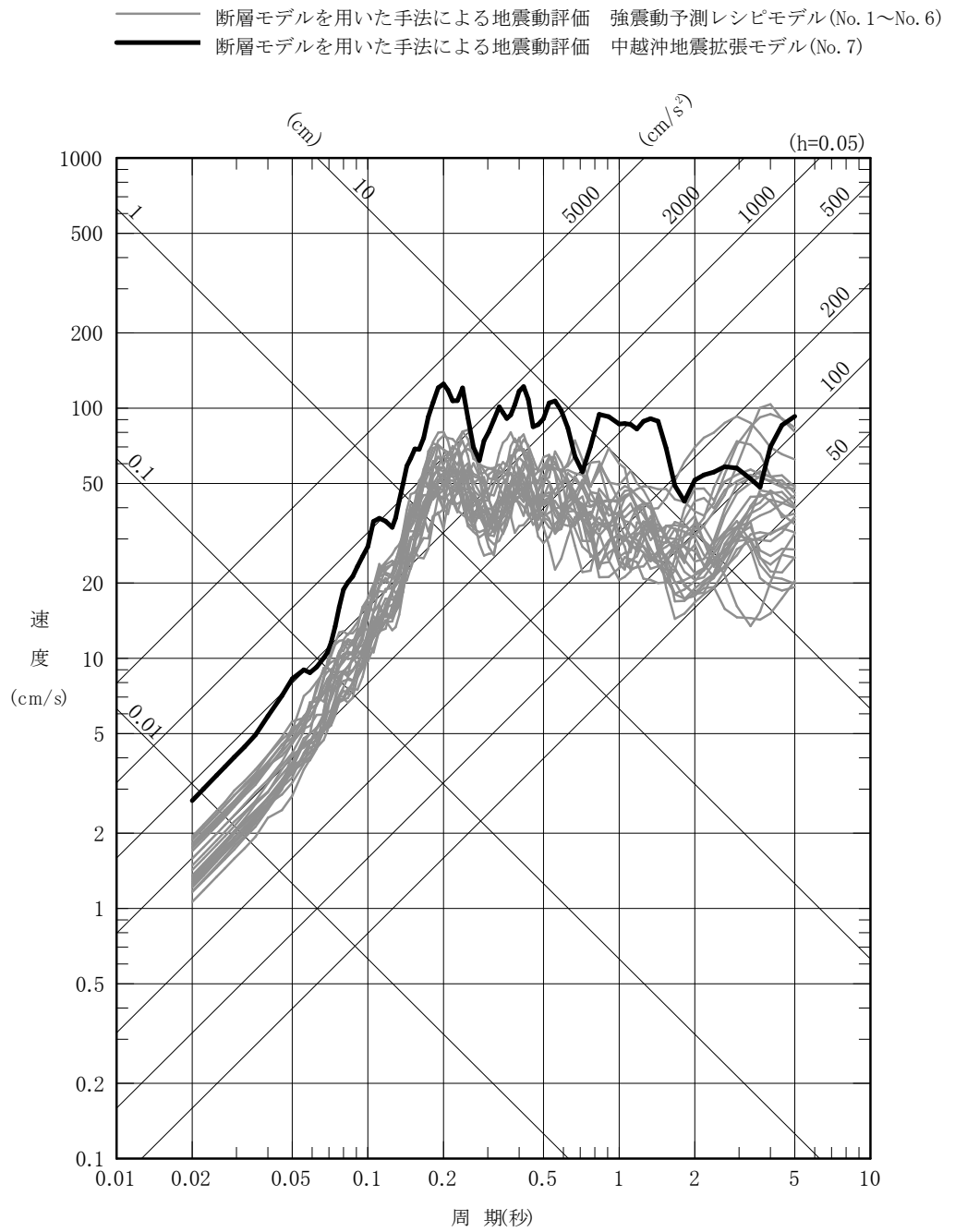


図 7-13(4) 断層モデルを用いた手法による F-B 断層による地震の評価結果 (5 号機, NS 方向)

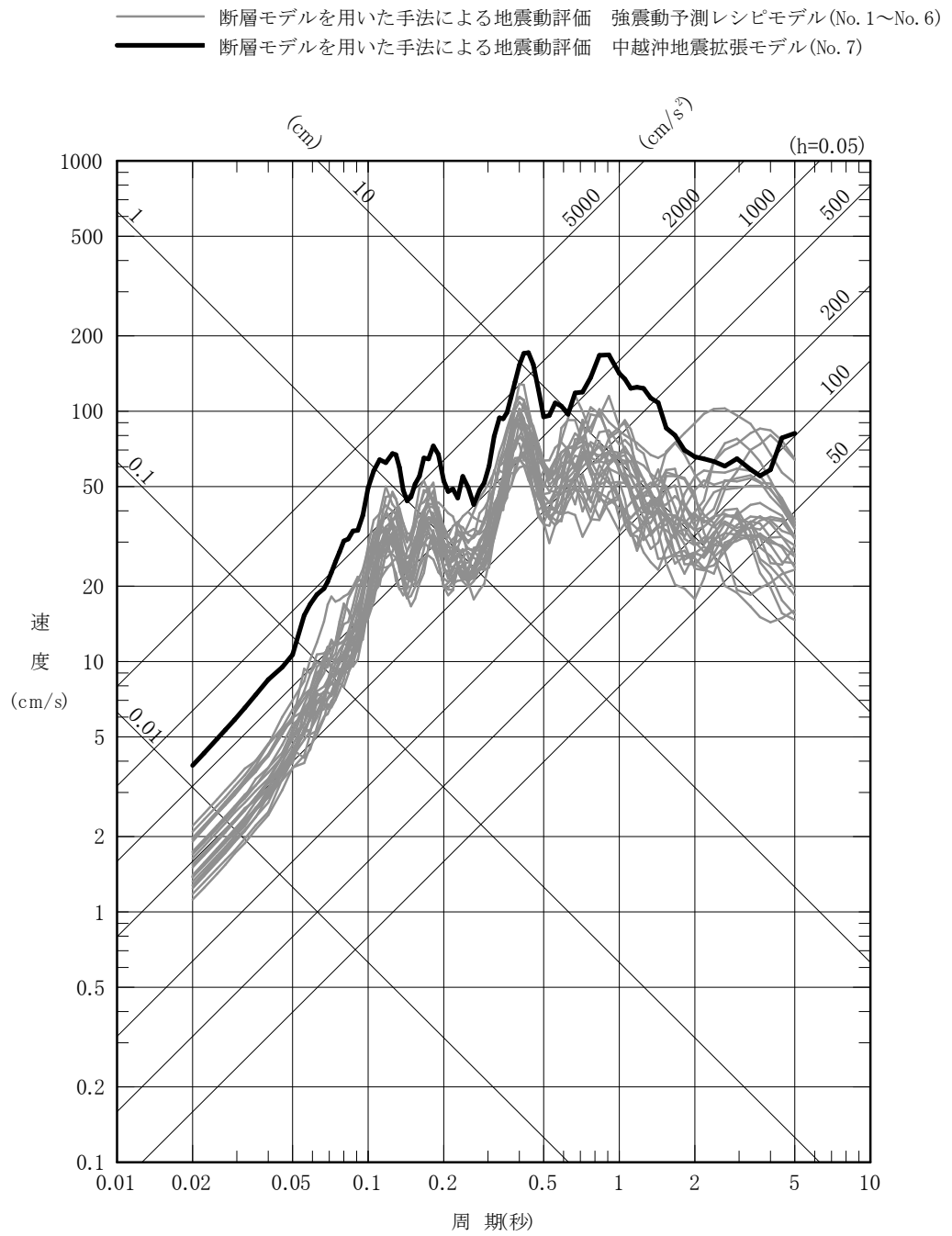


図 7-13(5) 断層モデルを用いた手法による F-B 断層による地震の評価結果 (5 号機, EW 方向)

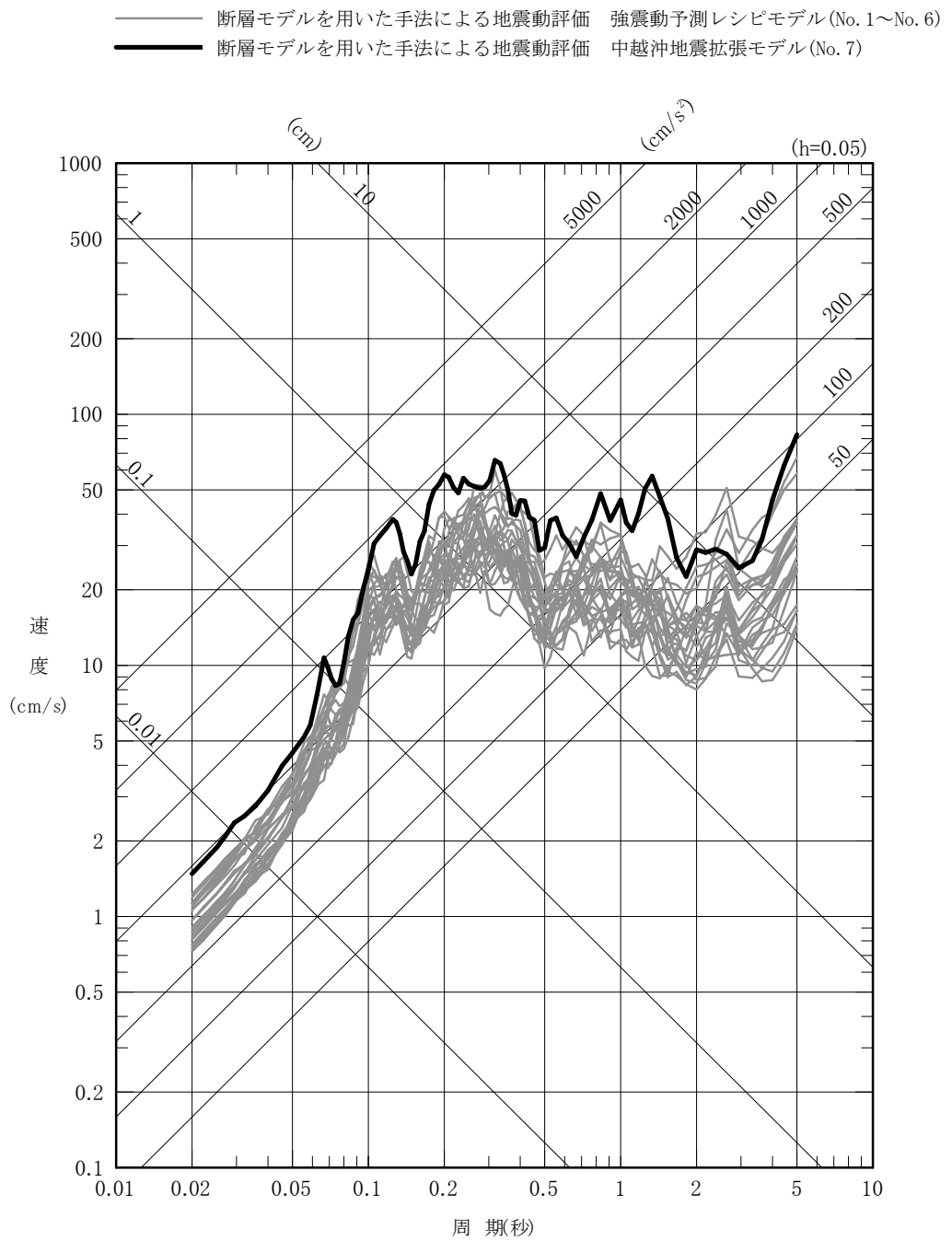
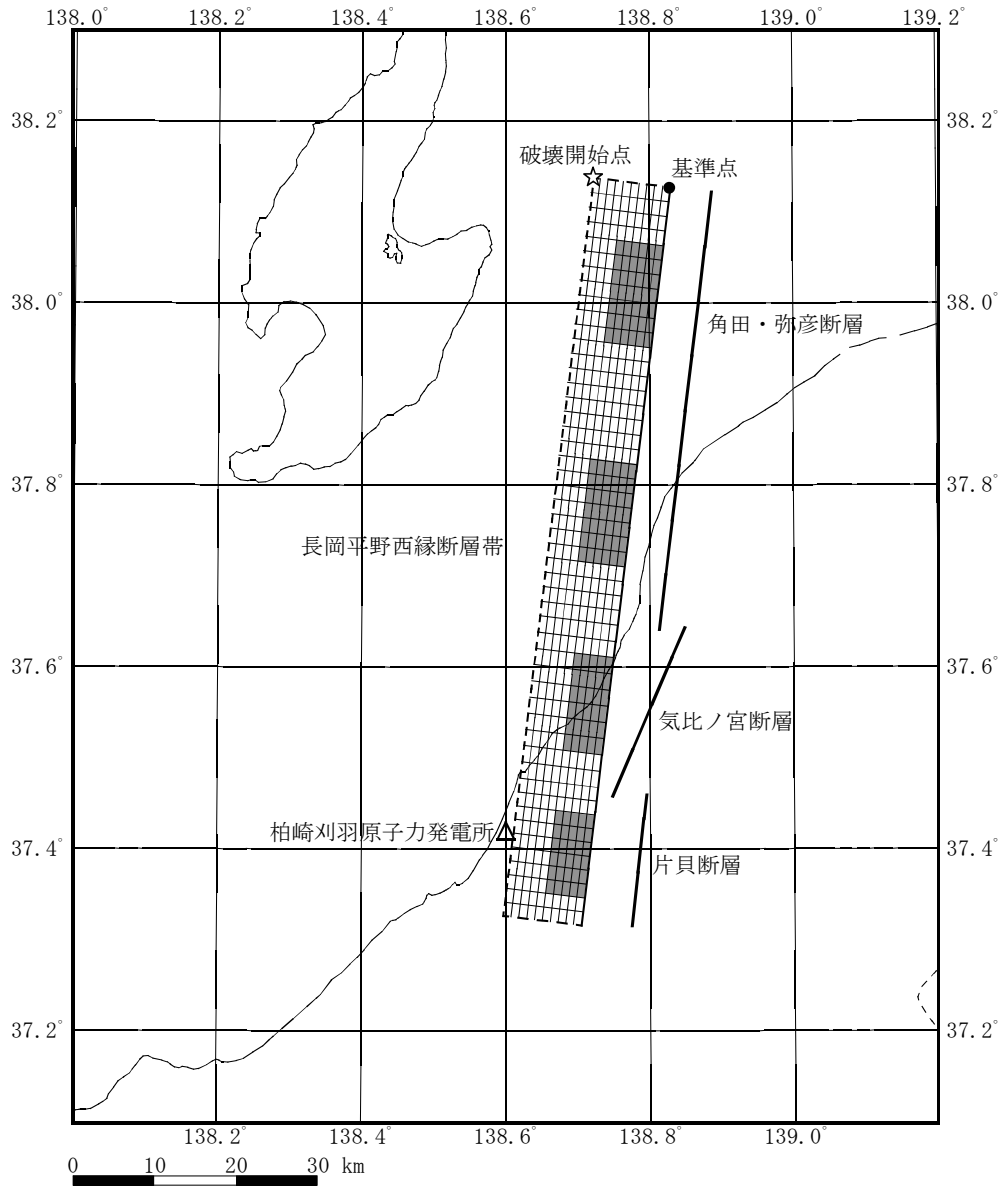
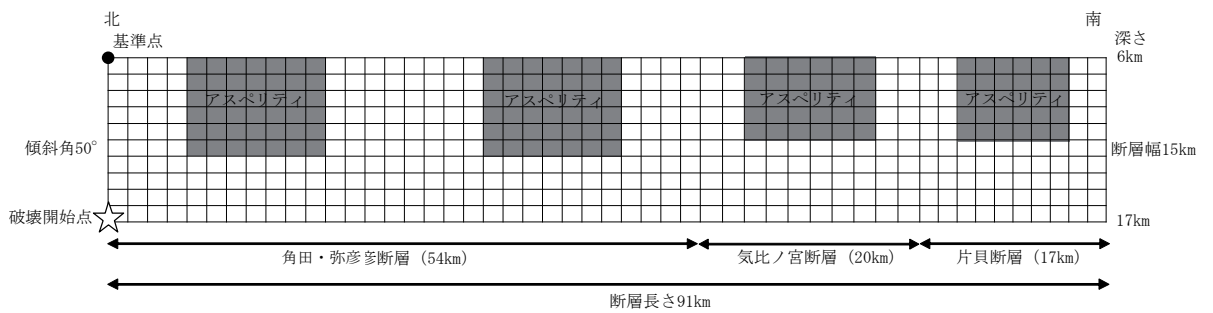


図 7-13(6) 断層モデルを用いた手法による F-B 断層による地震の評価結果 (5号機, UD 方向)

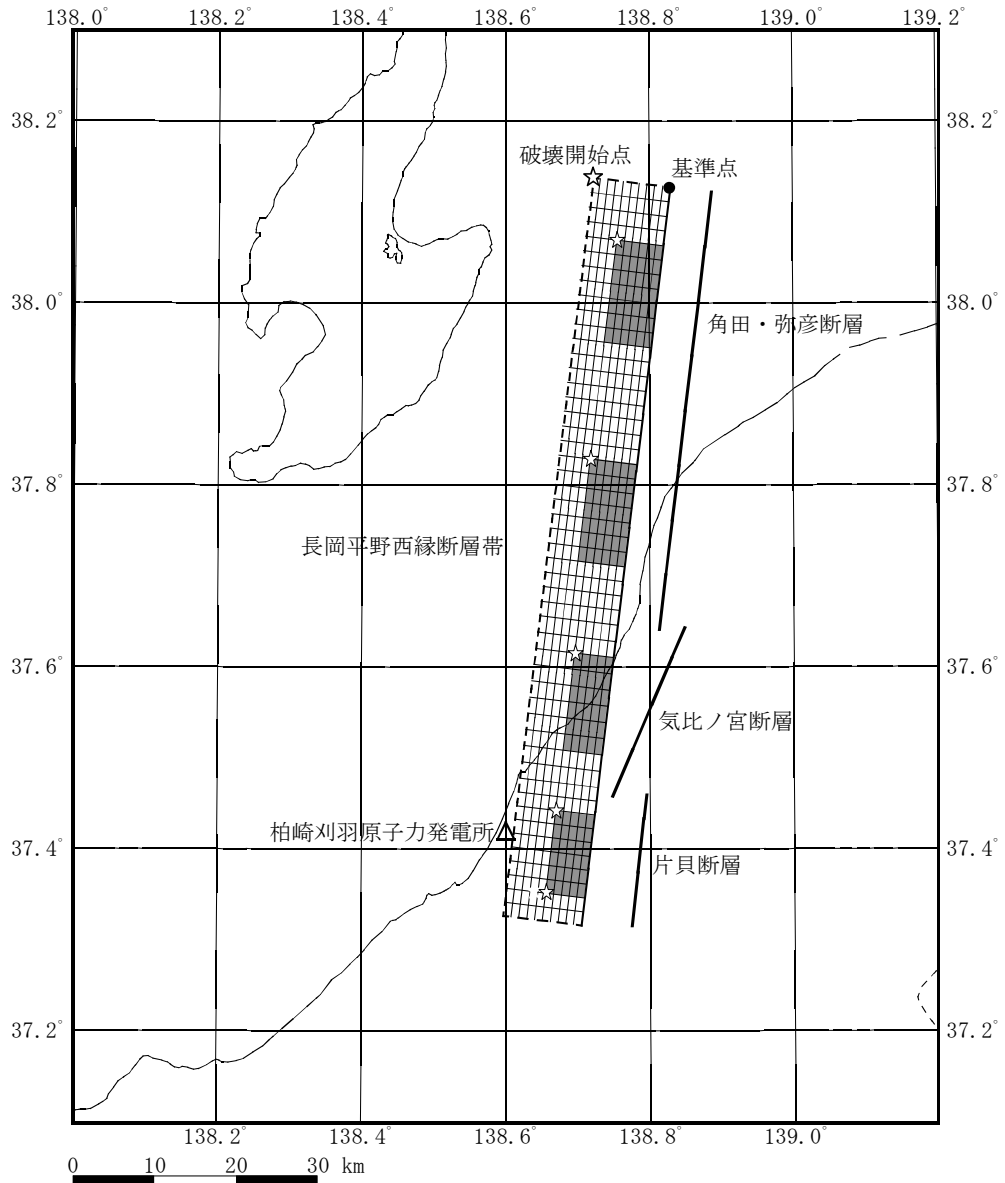


(1) 配置図

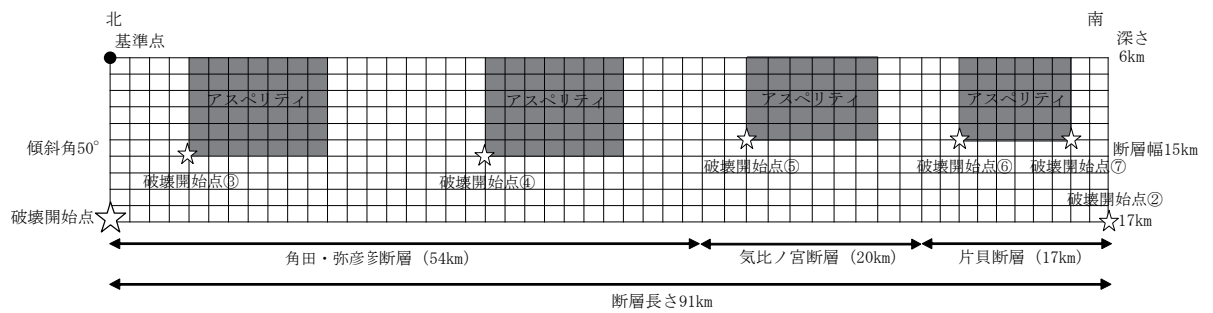


(2) 断面図

図 7-14 長岡平野西縁断層帯による地震の震源モデル
 (基本震源モデル(No. 1)*, 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース(No. 4)*及び
 応力降下量の不確かさを考慮したケース(No. 5)*)
 注記*: 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-10 に対応。



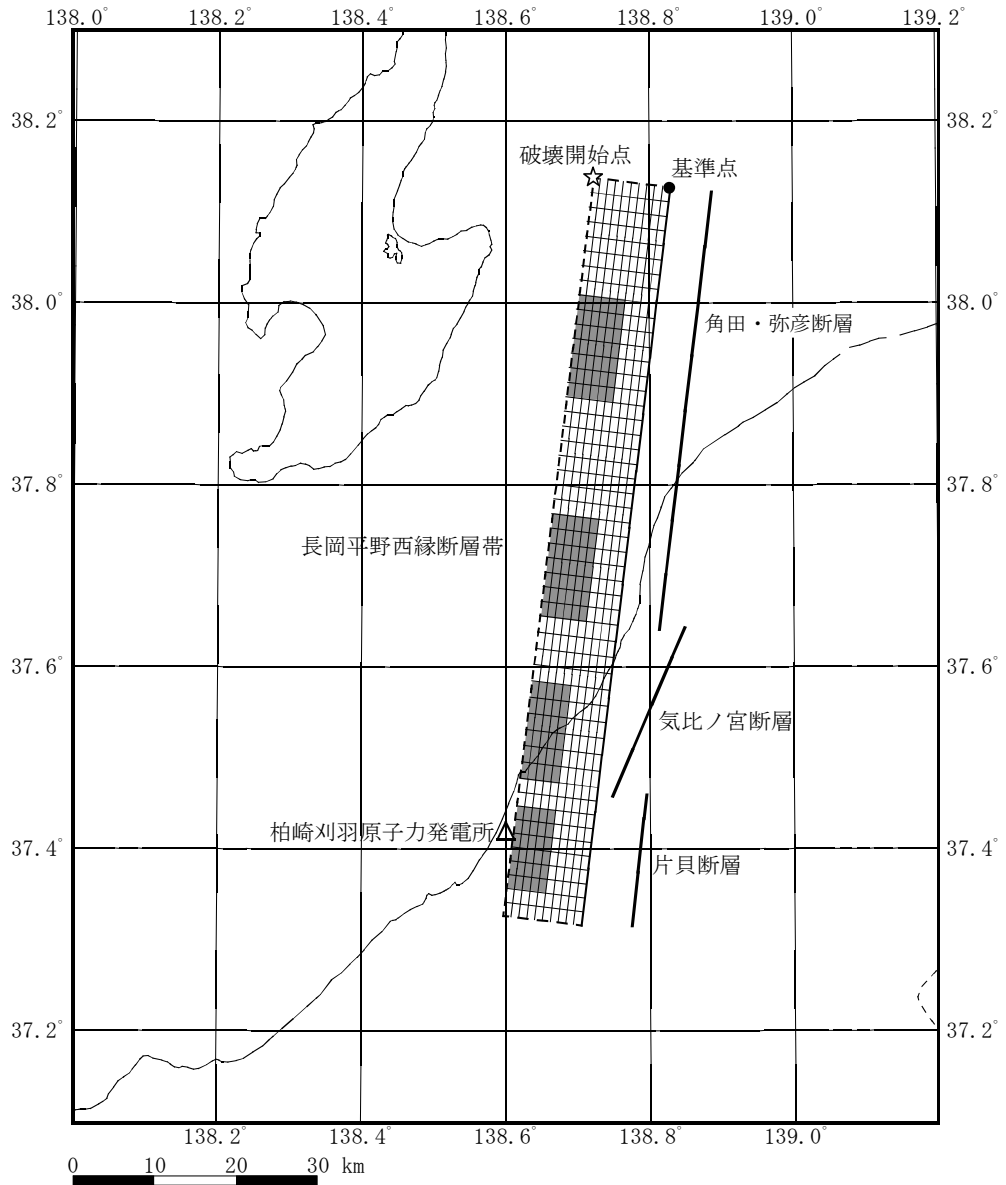
(1) 配置図



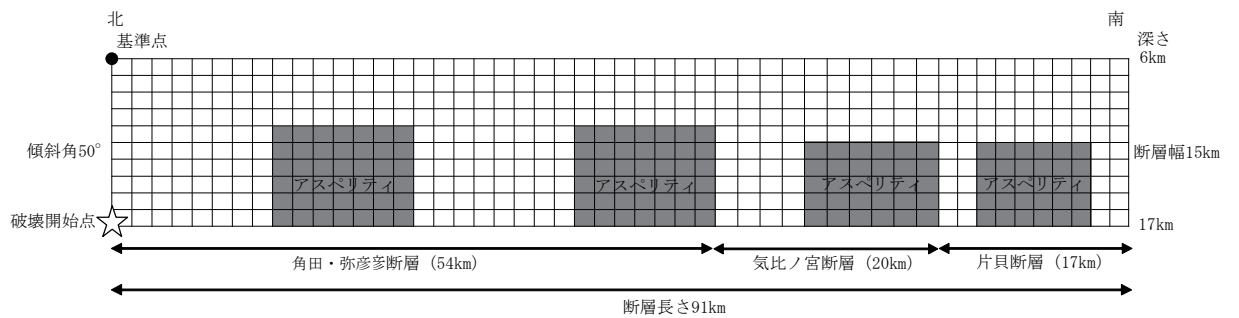
(2) 断面図

図 7-15 (1) 長岡平野西縁断層帯による地震の震源モデル
(破壊開始点の不確かさを考慮したケース (No. 2) *)

注記* : 検討ケースの番号 (No.) は、表 7-10 に対応。



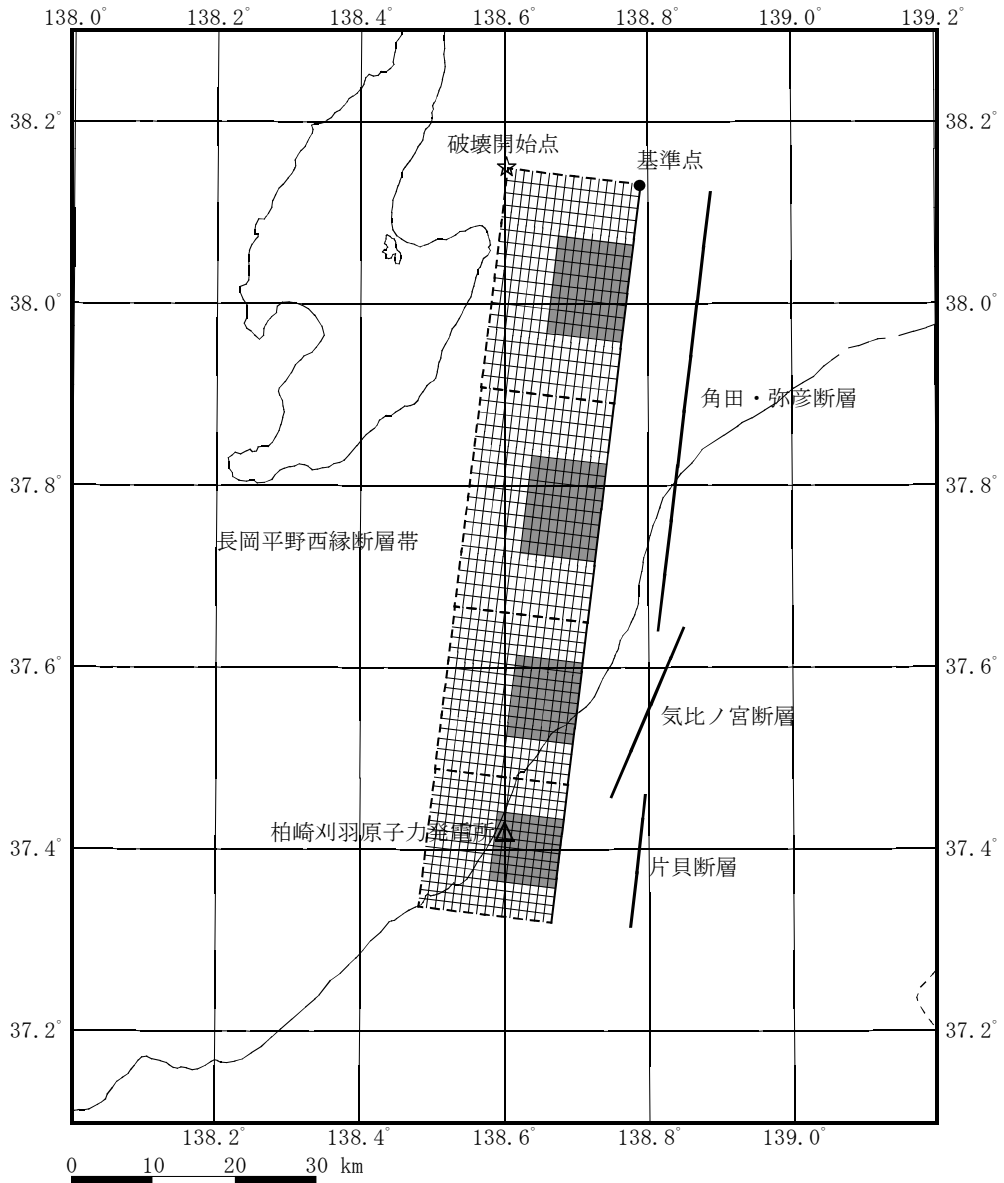
(1) 配置図



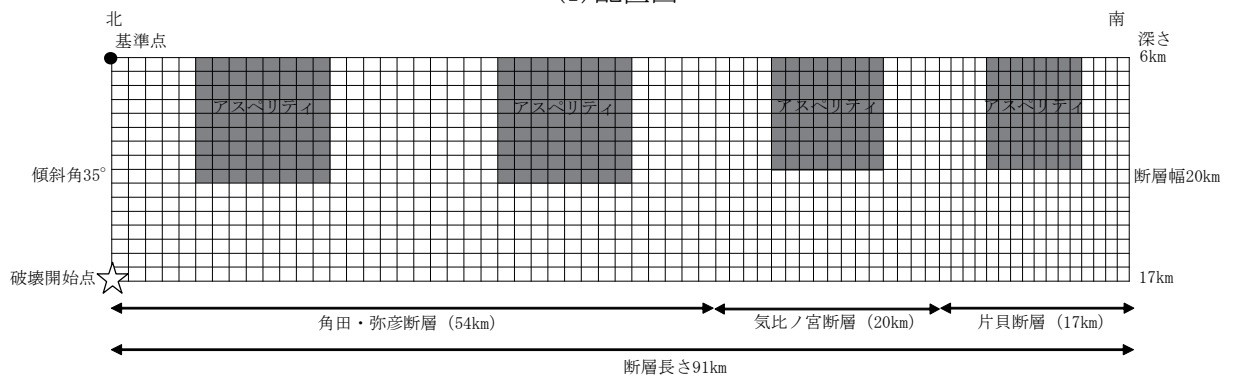
(2) 断面図

図 7-15 (2) 長岡平野西縁断層帯による地震の震源モデル (アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース (No. 3)*)

注記*: 検討ケースの番号(No.)は、表 7-10 に対応。



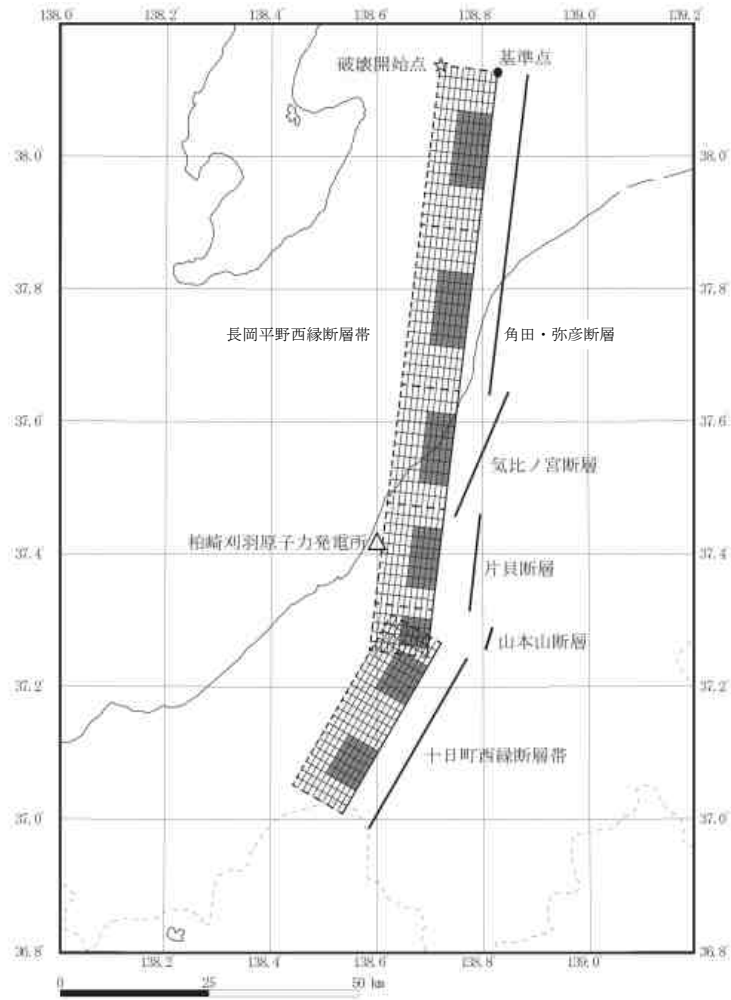
(1) 配置図



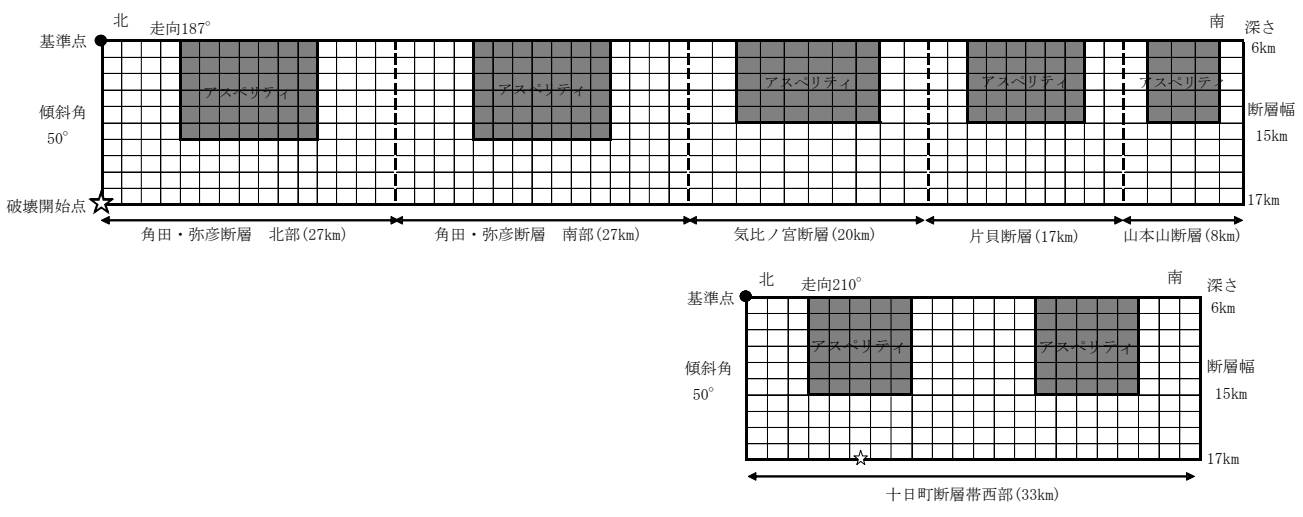
(2) 断面図

図 7-15 (3) 長岡平野西縁断層帯による地震の震源モデル
(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース (No. 6) *)

注記*: 検討ケースの番号(No.)は、表 7-10 に対応。

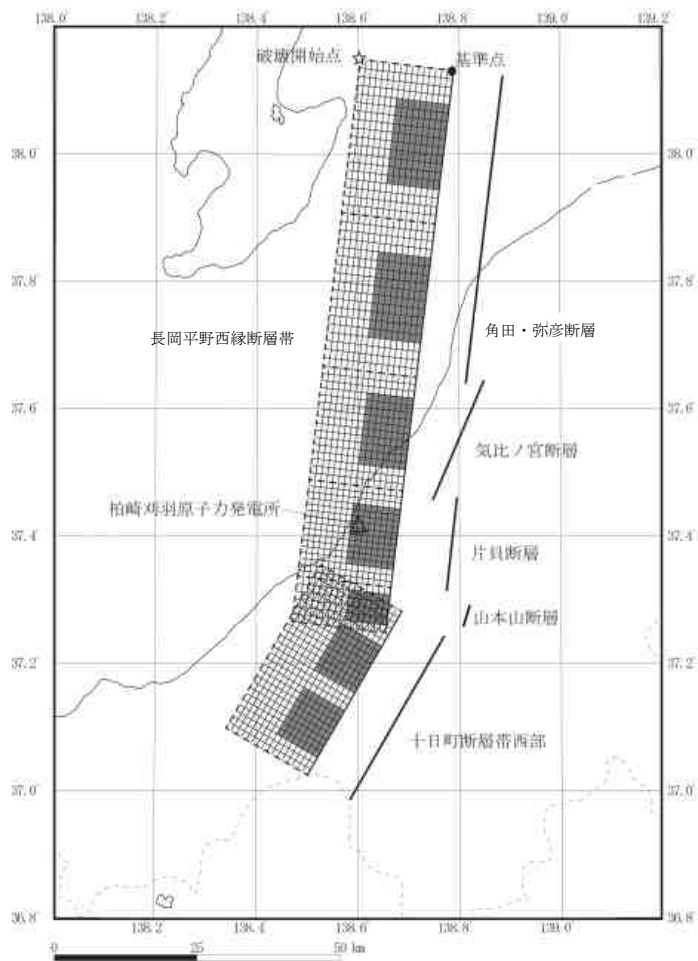


(1) 配置図

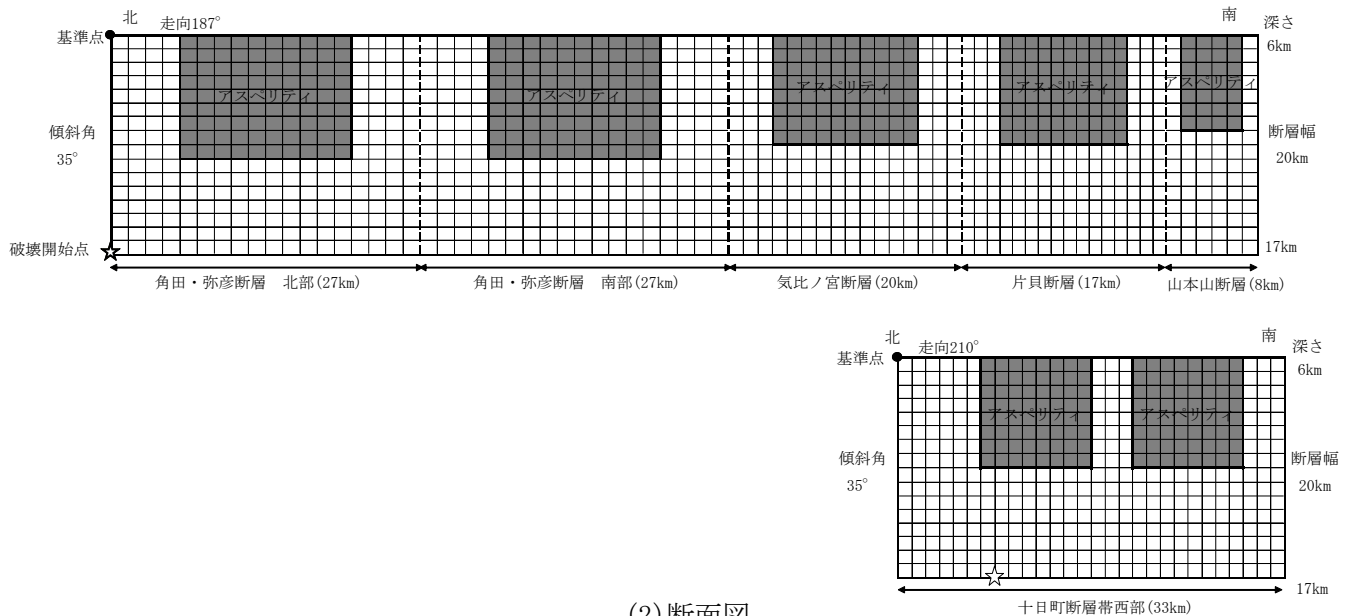


(2) 断面図

図 7-16(1) 長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震の震源モデル
 (連動を考慮したケース(No. 7)*, 連動及び応力降下量の不確かさを考慮したケース(No. 8)*)
 注記*: 検討ケースの番号(No.)は, 表 7-10 に対応。



(1) 配置図



(2) 断面図

図 7-16(2) 長岡平野西縁断層帯～山本山断層～十日町断層帯西部の連動を考慮した地震の震源モデル
(連動及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース (No. 9) *)
注記*: 検討ケースの番号 (No.) は、表 7-10 に対応。

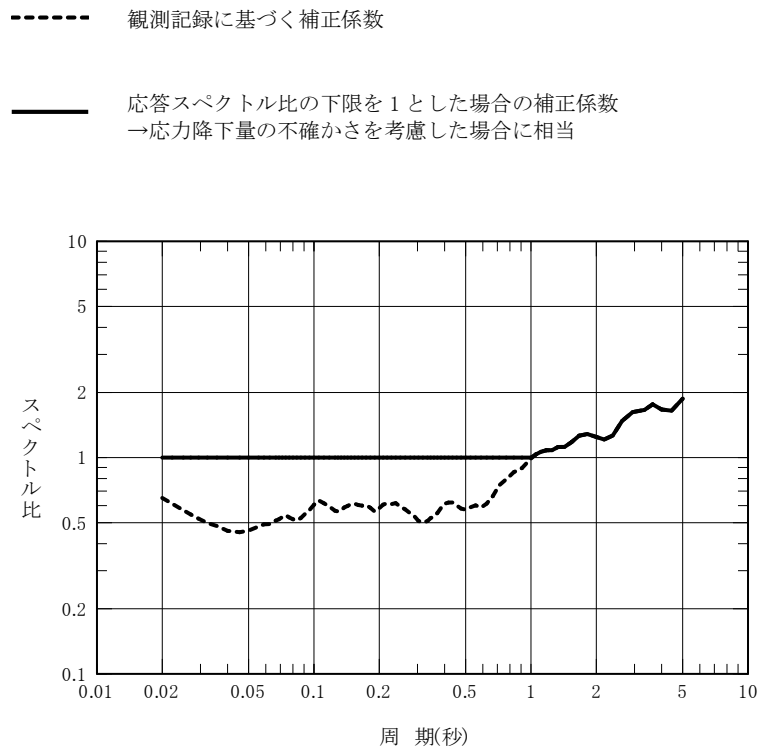
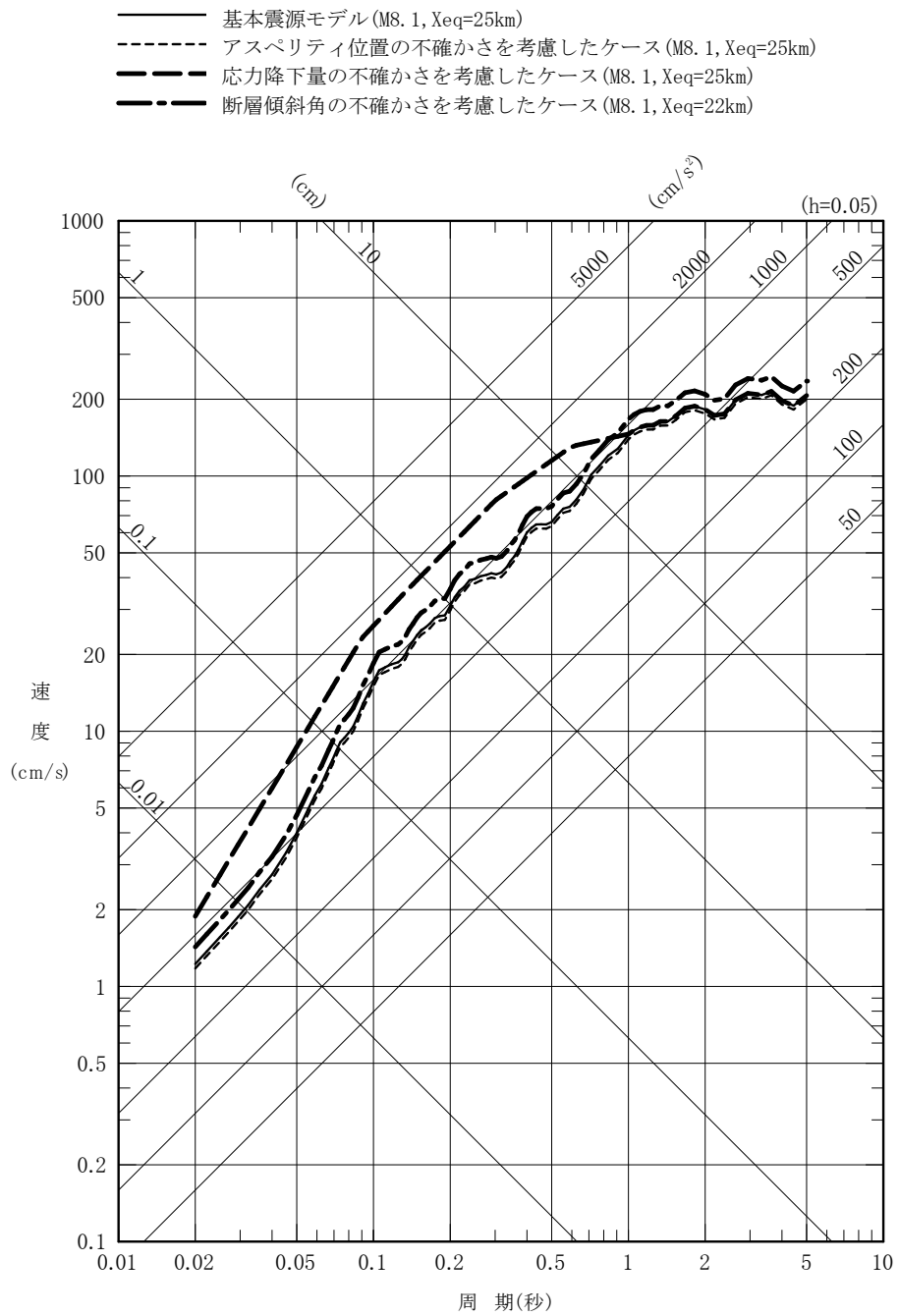
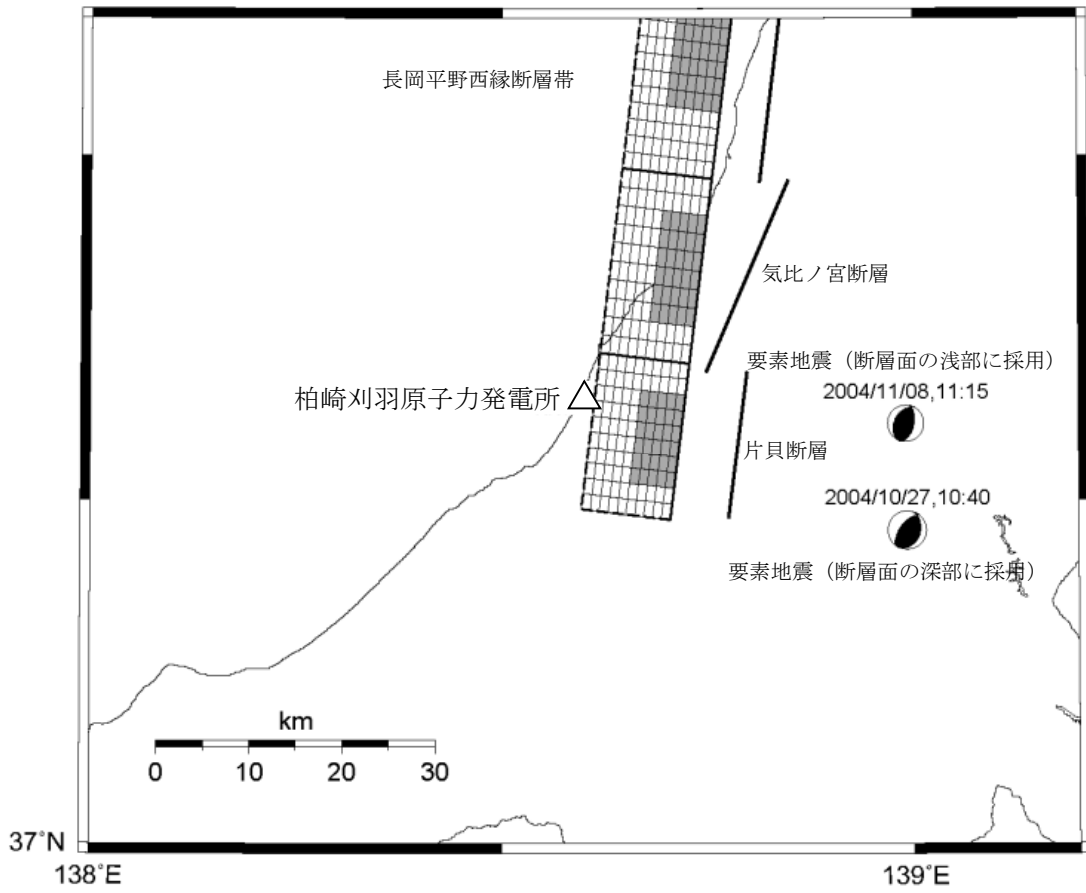


図 7-17 陸域で発生した地震の観測記録に基づき推定した
解放基盤波と Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による応答スペクトルの比
(観測記録に基づく補正係数, 水平方向)



注：1号機についても、 X_{eq} が殆ど変わらないため、同様の傾向。

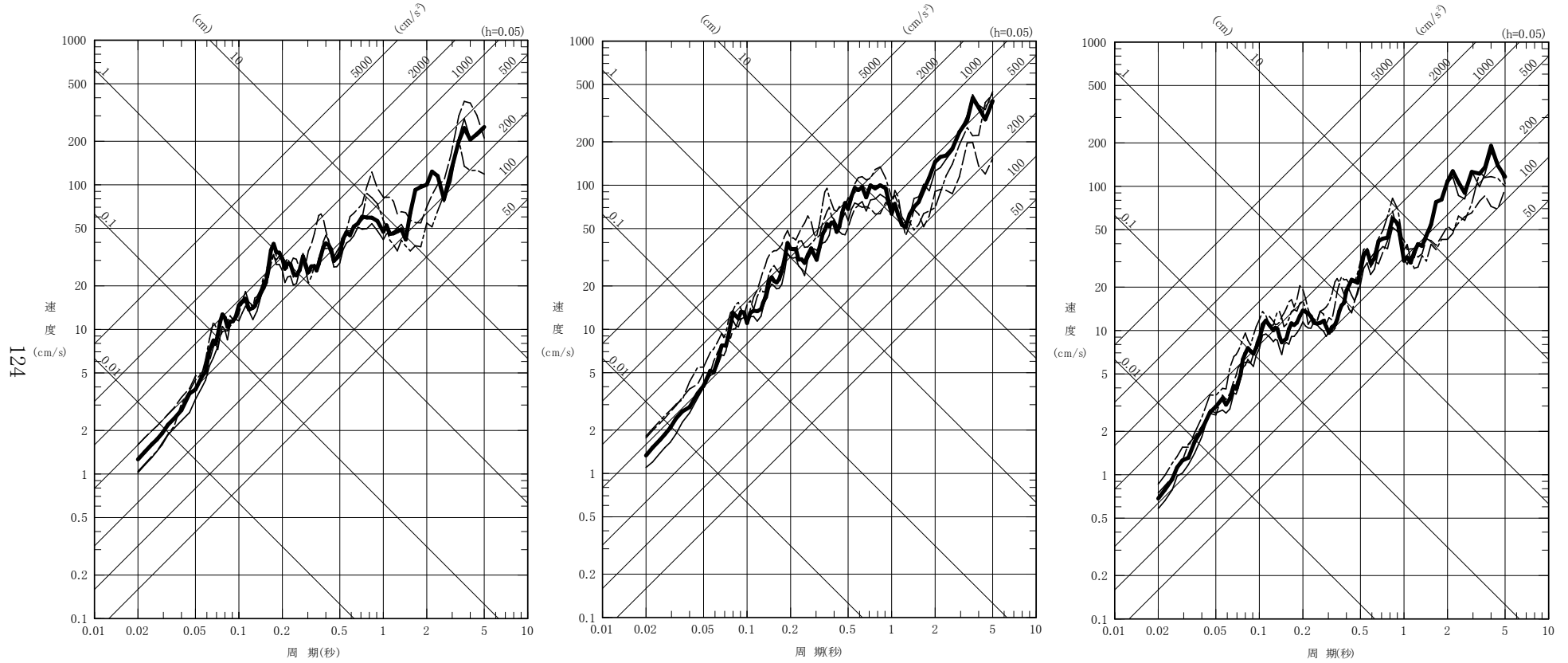
図7-18 Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾に基づく長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果 (5号機, 水平方向)



注：震央位置については，神原ほか(2006)⁽³⁸⁾による。
 長岡平野西縁断層帯の基本震源モデルにプロット。

図 7-19 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価に用いる
 要素地震の震央位置

- 2004年新潟県中越地震のシミュレーション解析結果反映
- a. 要素地震の再見積みケース
- - - b. 1つの要素地震を用いたケース
- - - c. 北部の断層の要素地震を変更したケース



(1)NS 方向

(2)EW 方向

(3)UD 方向

図 7-20(1) 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価に用いる要素地震の影響評価結果
(1号機)

- 2004年新潟県中越地震のシミュレーション解析結果反映
- - - a. 要素地震の再見積もりケース
- · · b. 1つの要素地震を用いたケース
- · - c. 北部の断層の要素地震を変更したケース

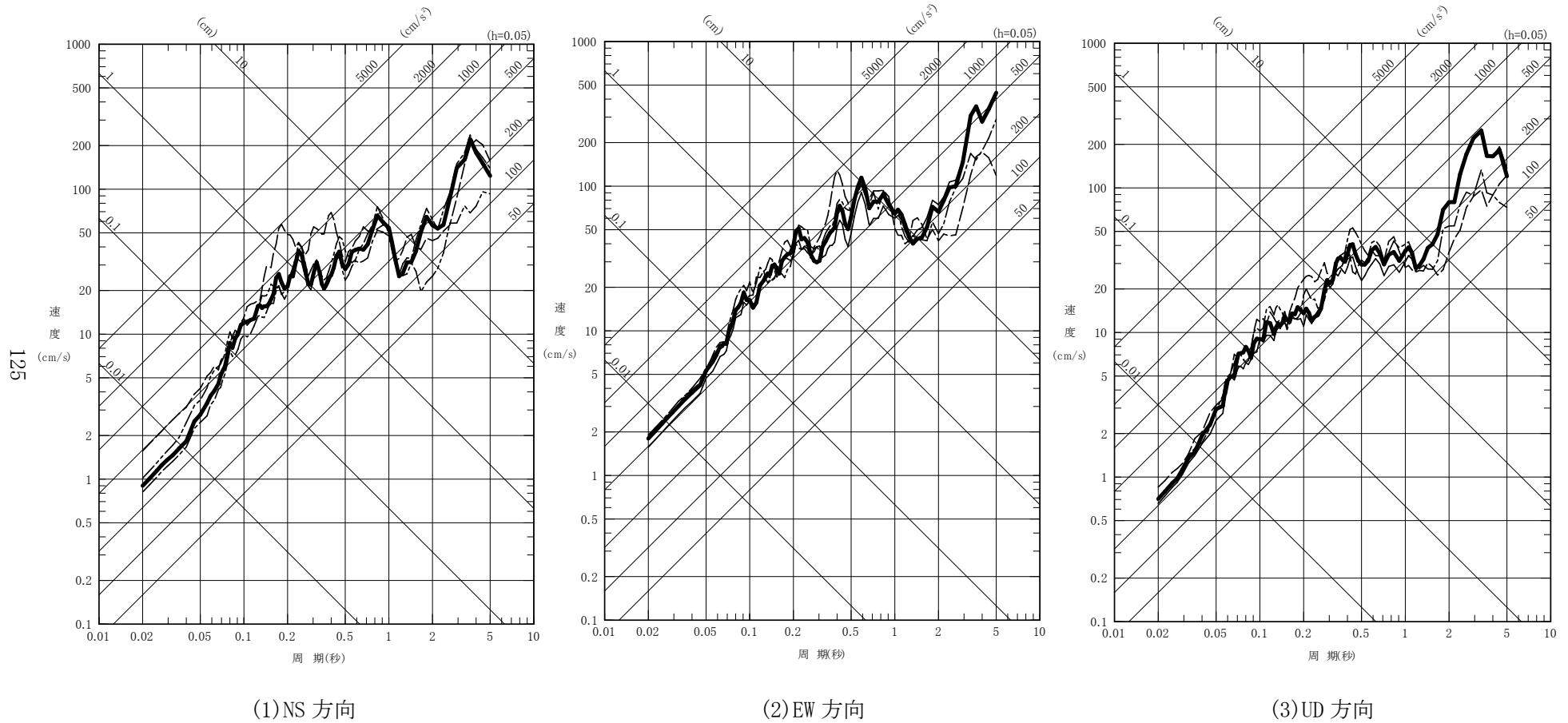


図 7-20(2) 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価に用いる要素地震の影響評価結果 (5号機)

- 基本震源モデル
- 破壊開始点の不確かさを考慮したケース 破壊開始点②
- " " 破壊開始点③
- " " 破壊開始点④
- " " 破壊開始点⑤
- " " 破壊開始点⑥
- " " 破壊開始点⑦
- アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- 連動を考慮したケース
- 連動の考慮及び応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 連動の考慮及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

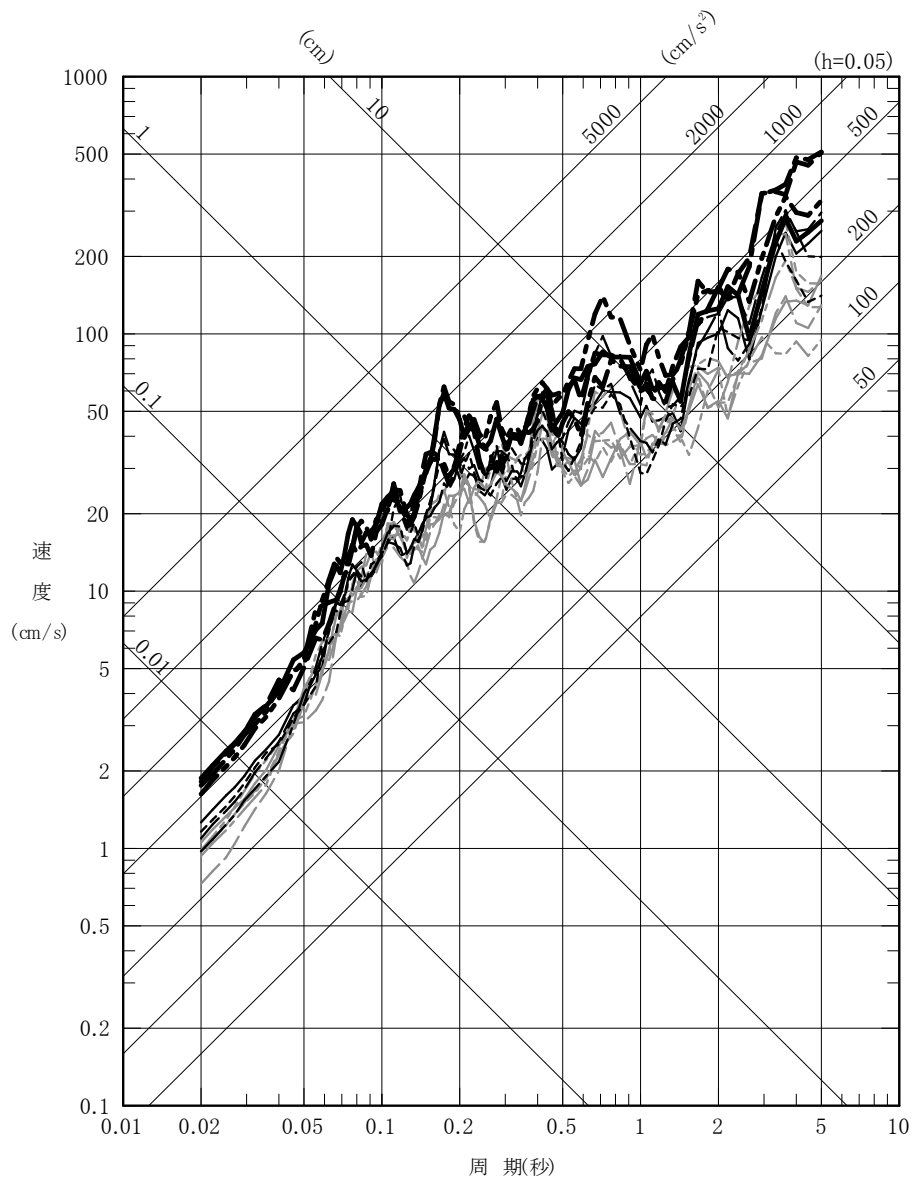


図 7-21(1) 断層モデルを用いた手法による長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果 (1号機, NS方向)

- 基本震源モデル
- 破壊開始点の不確かさを考慮したケース 破壊開始点②
- " 破壊開始点③
- " 破壊開始点④
- " 破壊開始点⑤
- " 破壊開始点⑥
- " 破壊開始点⑦
- アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- 連動を考慮したケース
- 連動の考慮及び応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 連動の考慮及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

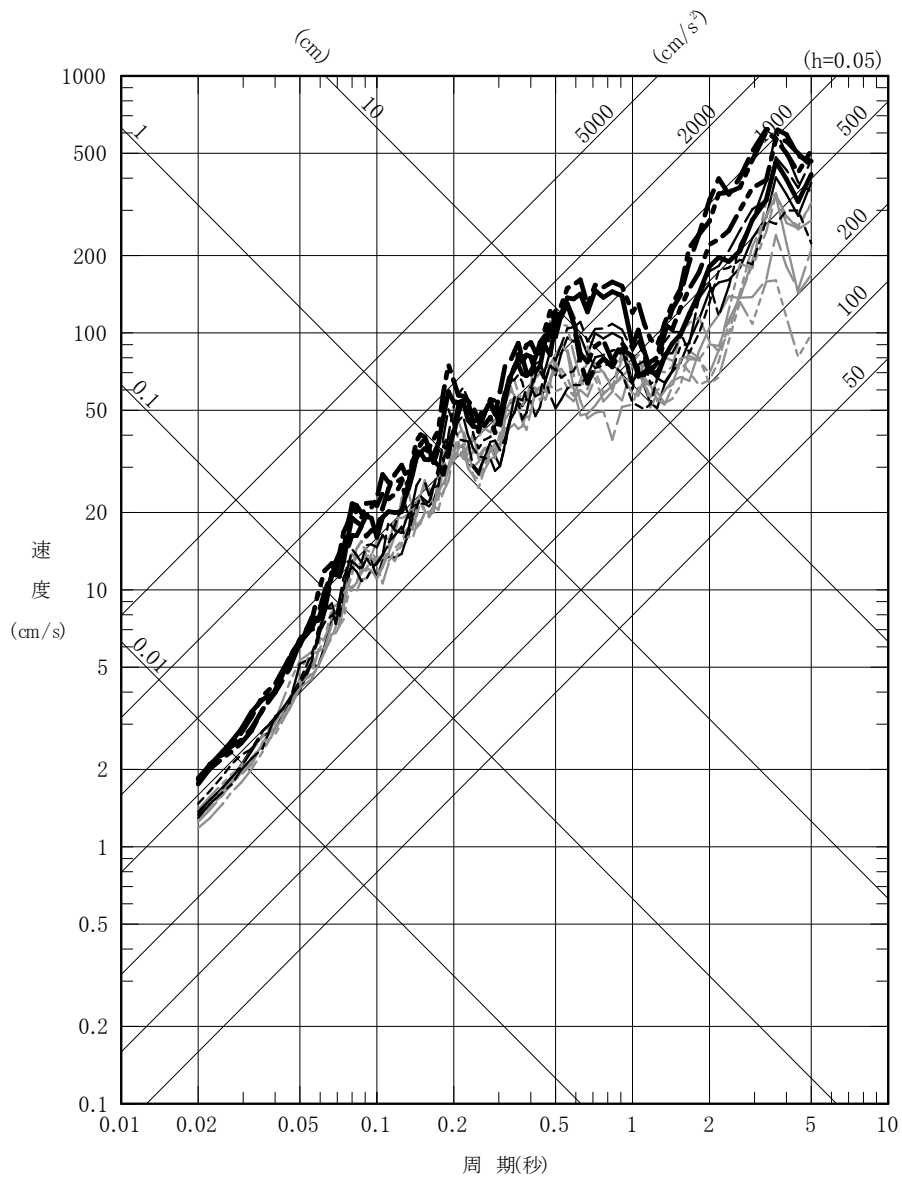


図 7-21(2) 断層モデルを用いた手法による長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果 (1号機, EW方向)

- 基本震源モデル
- 破壊開始点の不確かさを考慮したケース 破壊開始点②
- " " 破壊開始点③
- " " 破壊開始点④
- " " 破壊開始点⑤
- " " 破壊開始点⑥
- " " 破壊開始点⑦
- アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- 連動を考慮したケース
- 連動の考慮及び応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 連動の考慮及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

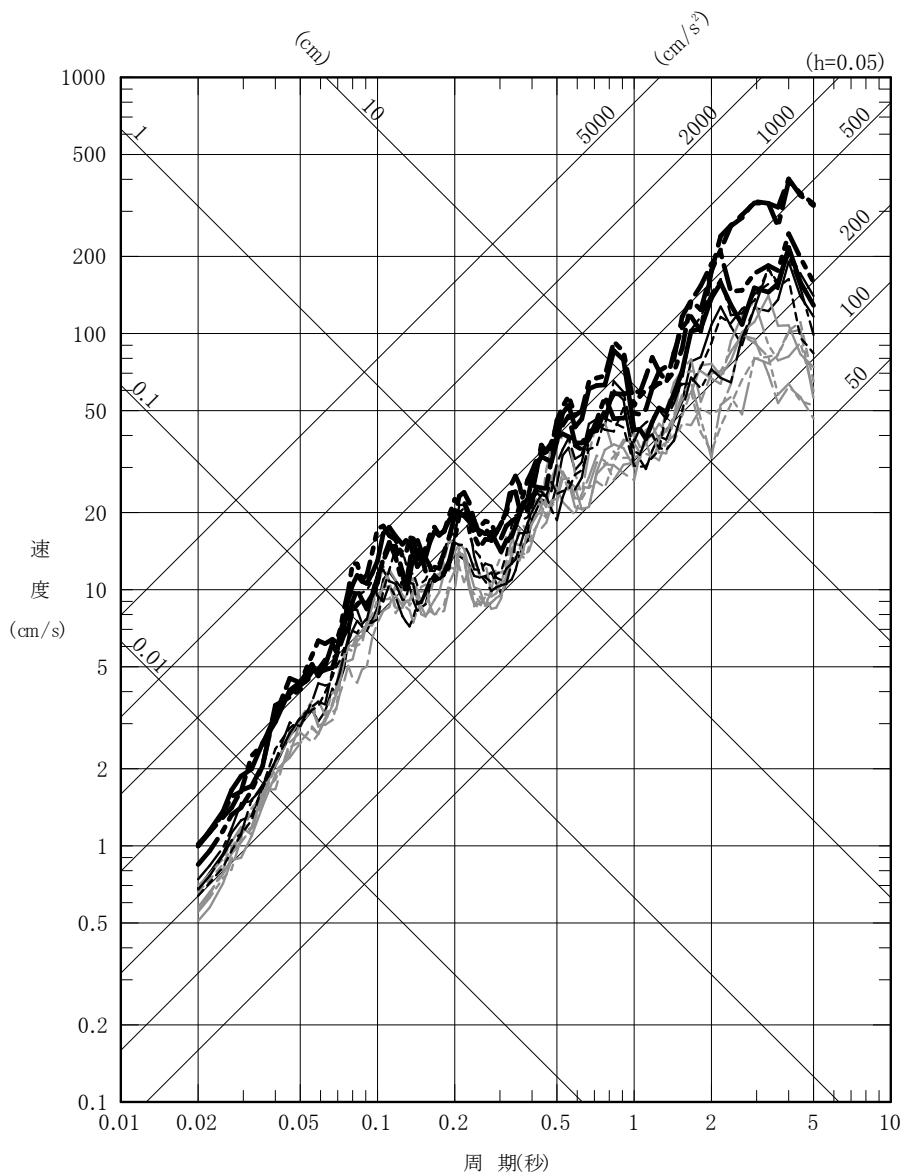


図 7-21(3) 断層モデルを用いた手法による長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果 (1号機, UD方向)

- 基本震源モデル
- 破壊開始点の不確かさを考慮したケース 破壊開始点②
- " " 破壊開始点③
- " " 破壊開始点④
- " " 破壊開始点⑤
- " " 破壊開始点⑥
- " " 破壊開始点⑦
- アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- 連動を考慮したケース
- 連動の考慮及び応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 連動の考慮及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

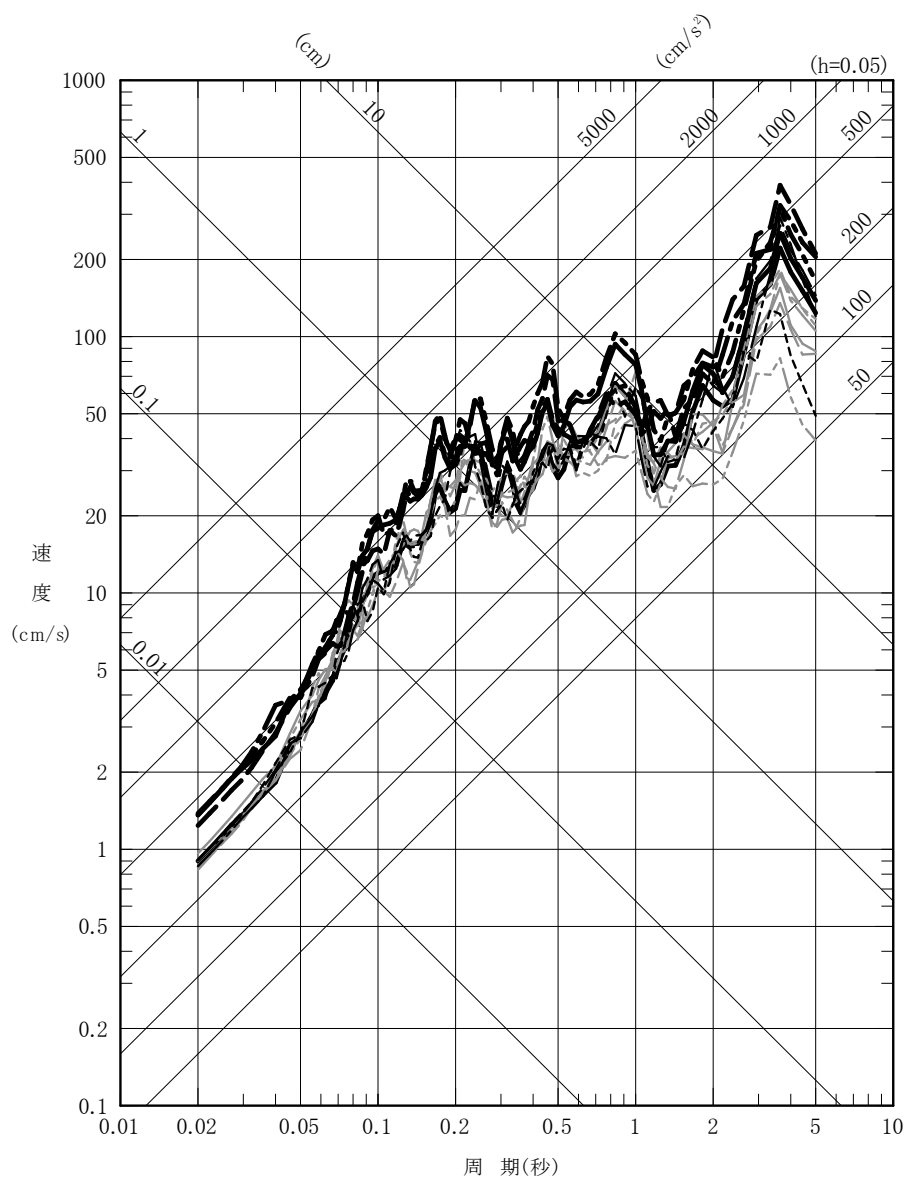


図 7-21(4) 断層モデルを用いた手法による長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果 (5号機, NS方向)

- 基本震源モデル
- 破壊開始点の不確かさを考慮したケース 破壊開始点②
- " 破壊開始点③
- " 破壊開始点④
- " 破壊開始点⑤
- " 破壊開始点⑥
- " 破壊開始点⑦
- アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- 連動を考慮したケース
- 連動の考慮及び応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 連動の考慮及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

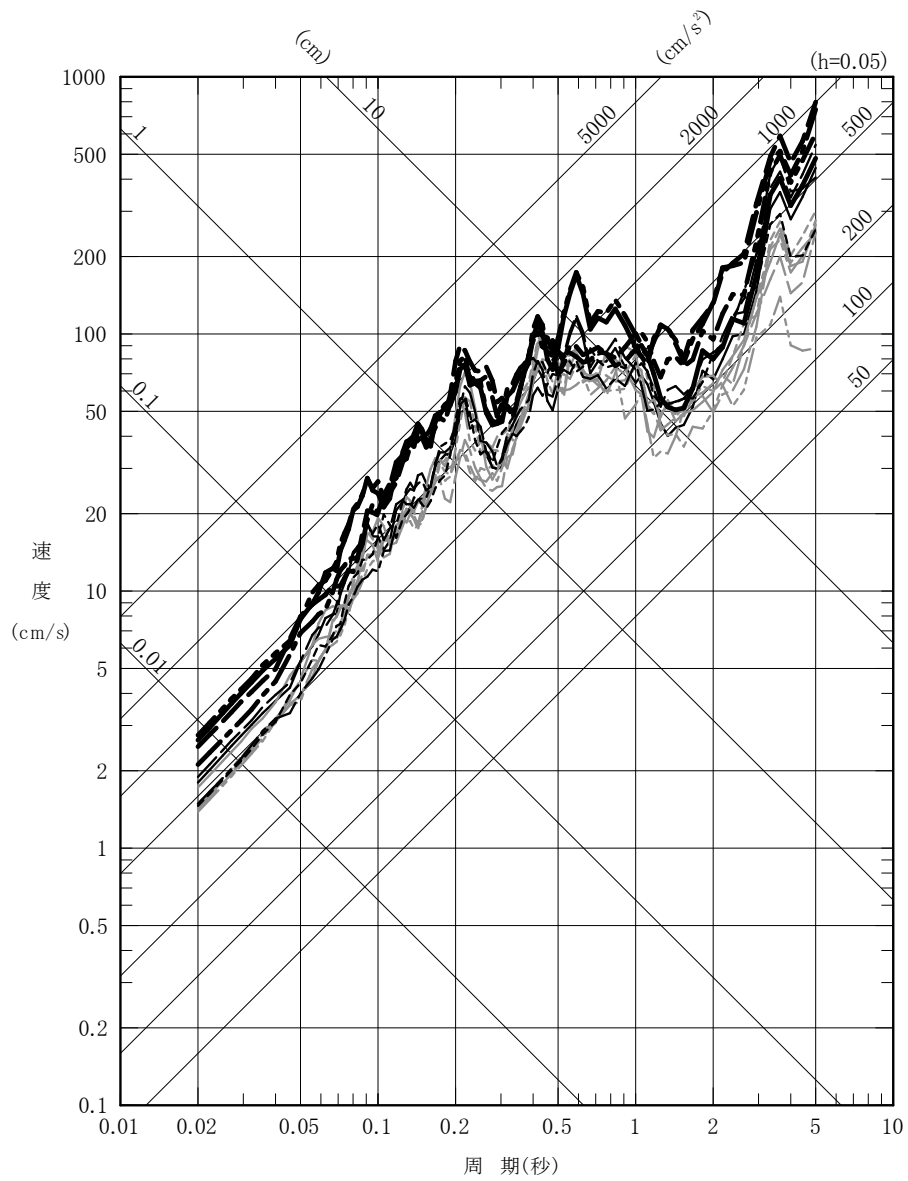


図 7-21(5) 断層モデルを用いた手法による長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果 (5号機, EW方向)

- 基本震源モデル
- 破壊開始点の不確かさを考慮したケース 破壊開始点②
- - - - " " 破壊開始点③
- - - - " " 破壊開始点④
- - - - " " 破壊開始点⑤
- - - - " " 破壊開始点⑥
- - - - " " 破壊開始点⑦
- - - - アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 破壊伝播速度の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- 連動を考慮したケース
- 連動の考慮及び応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 連動の考慮及び断層傾斜角の不確かさを考慮したケース

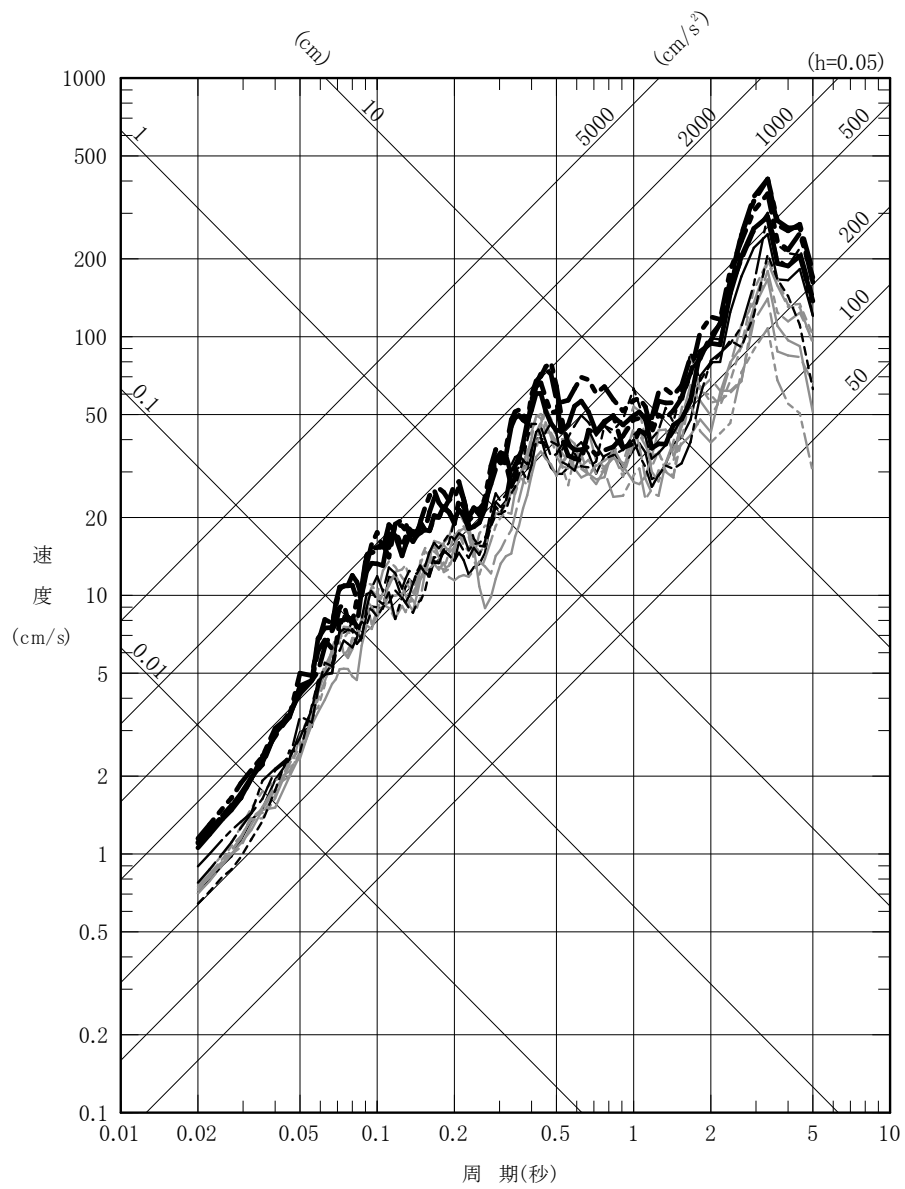
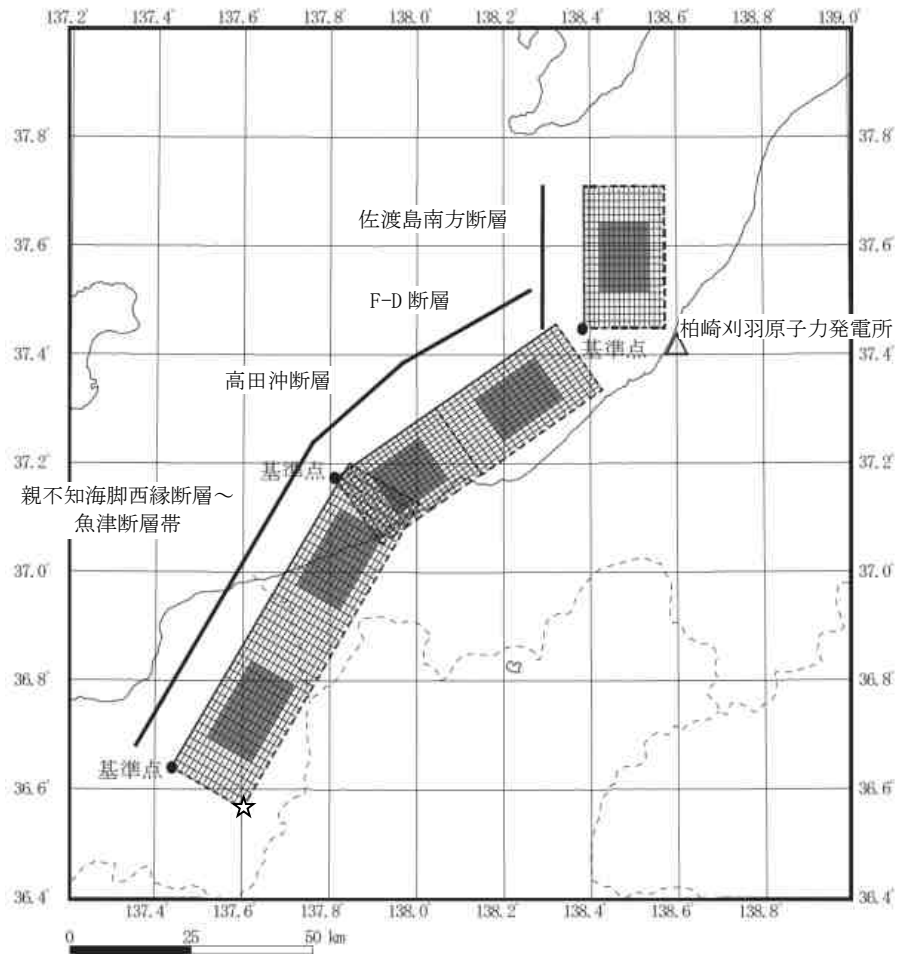
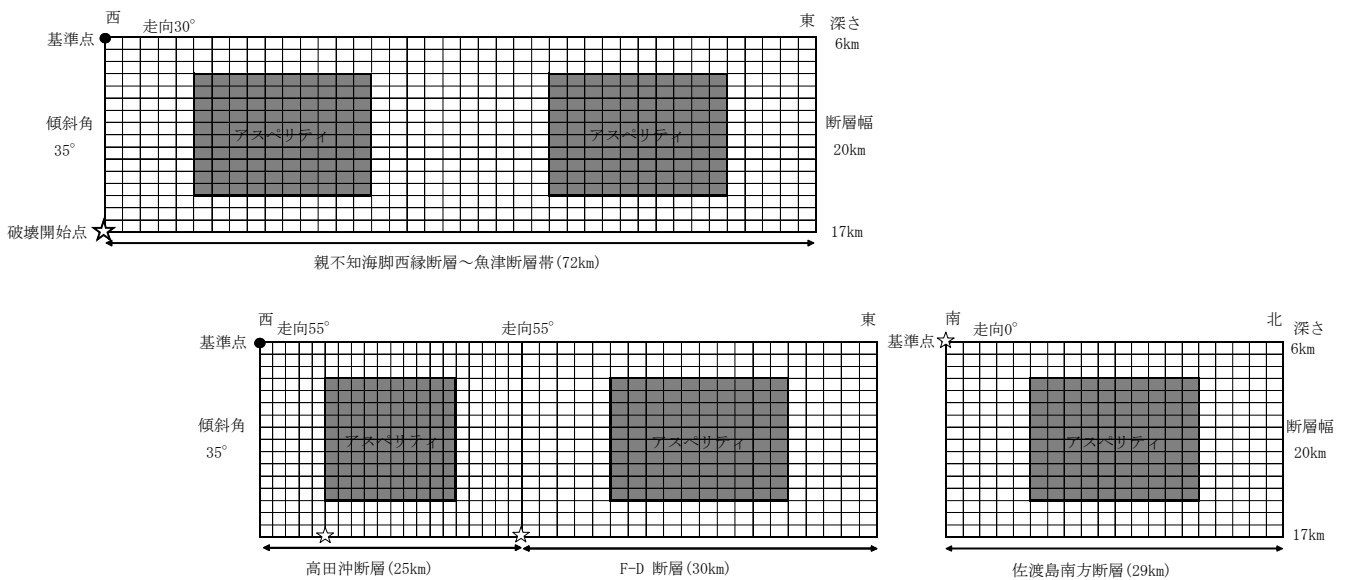


図 7-21(6) 断層モデルを用いた手法による長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果 (5号機, UD方向)



(1) 配置図



(2) 断面図

図 7-22 佐渡島南方断層～F-D断層～高田冲断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の震源モデル

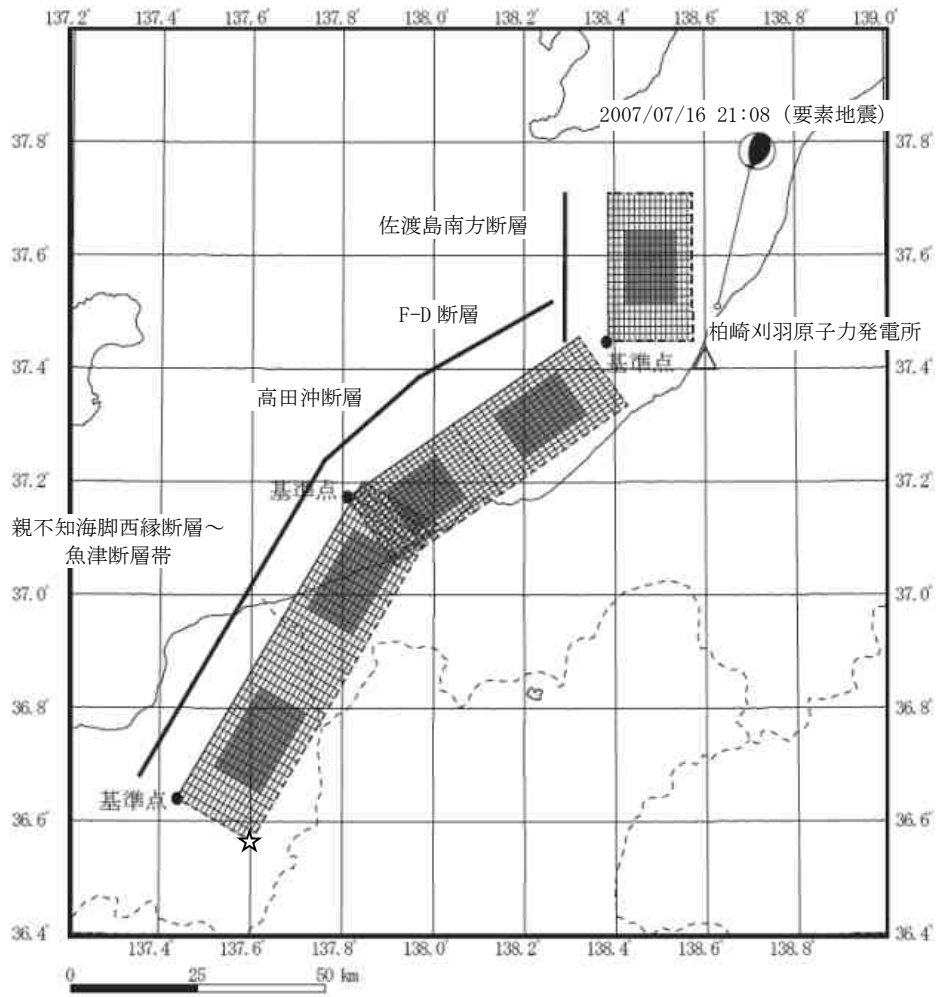


図 7-23 佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価に用いる要素地震の震央位置

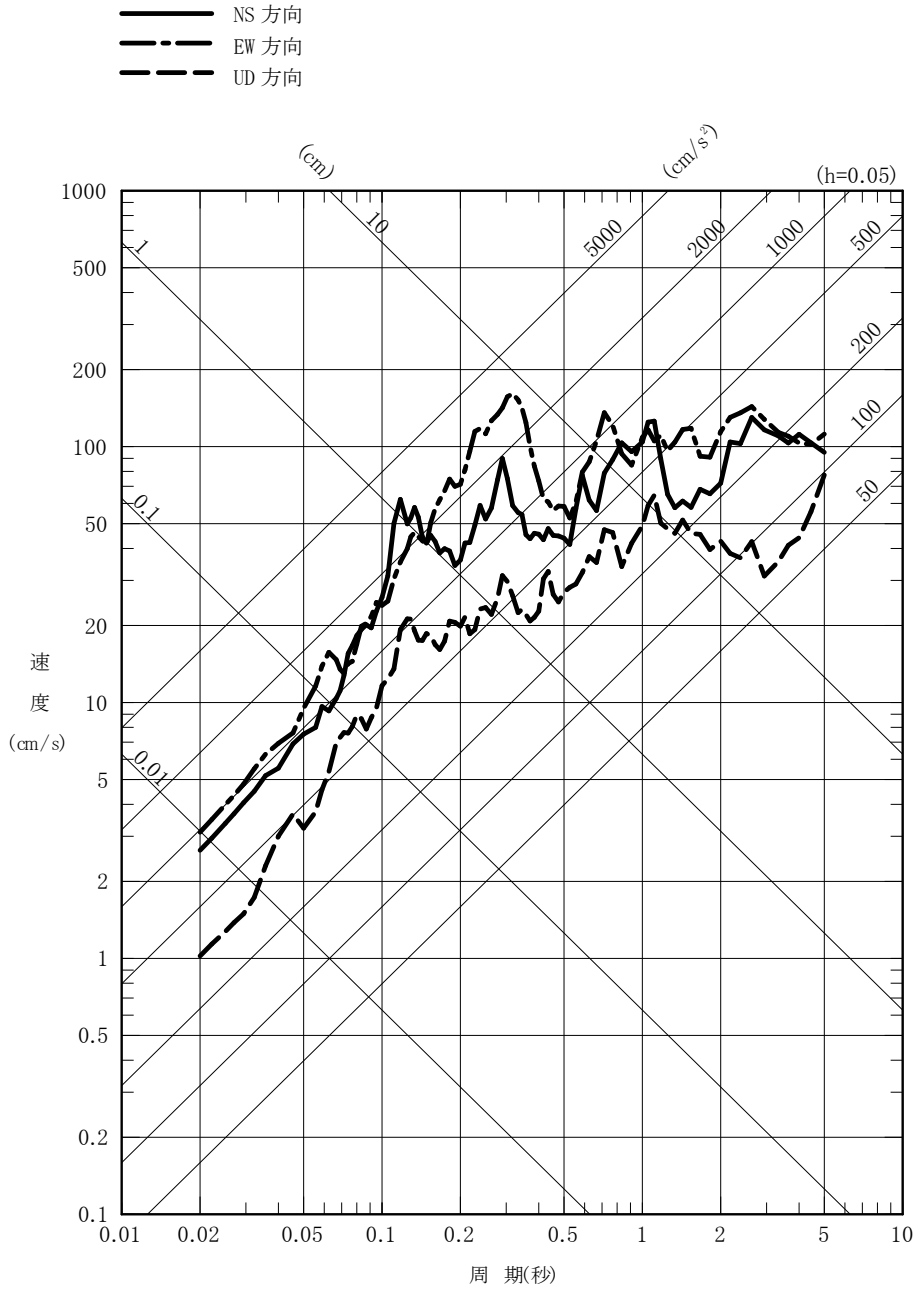


図 7-24(1) 佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の評価結果 (1号機)

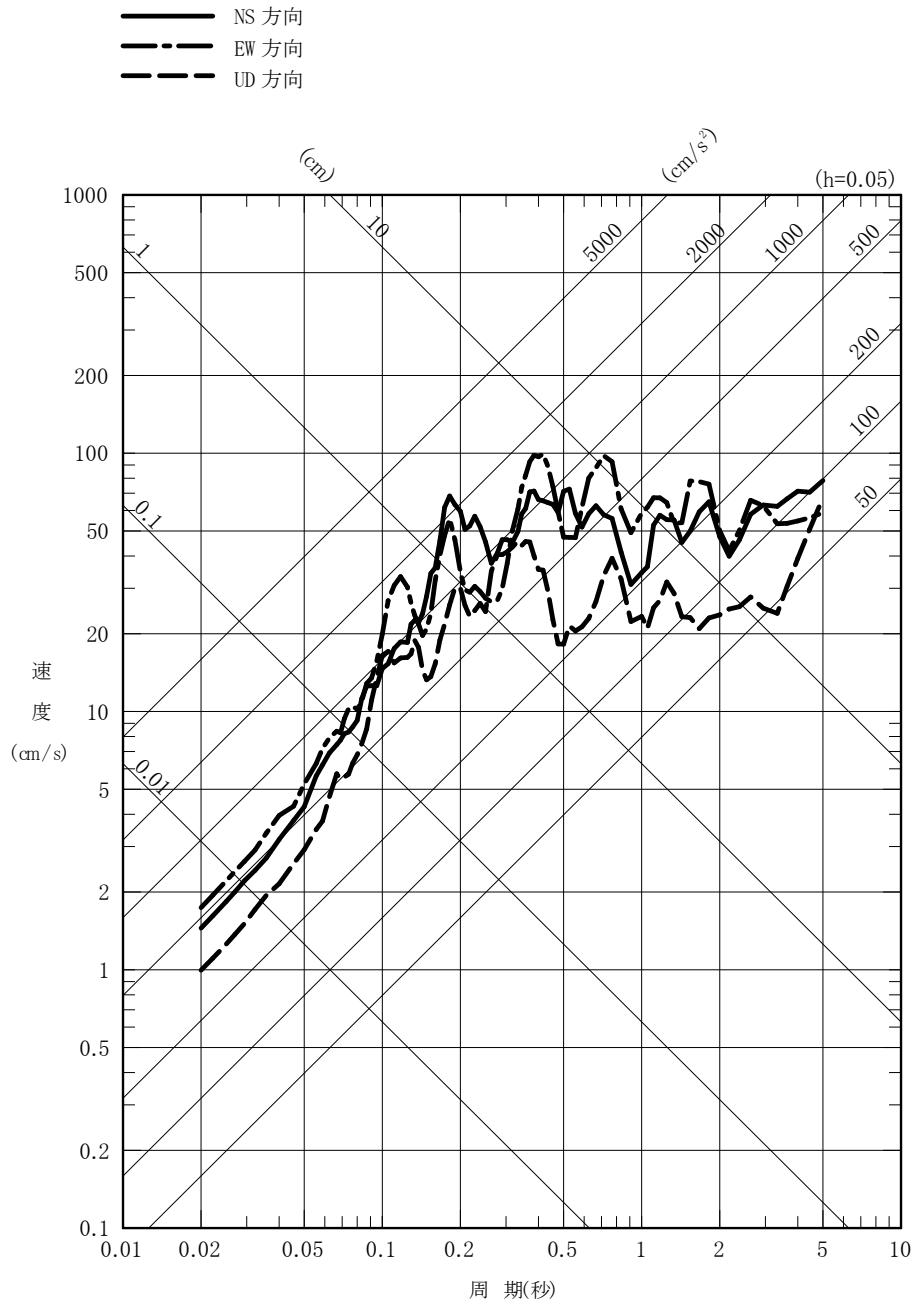
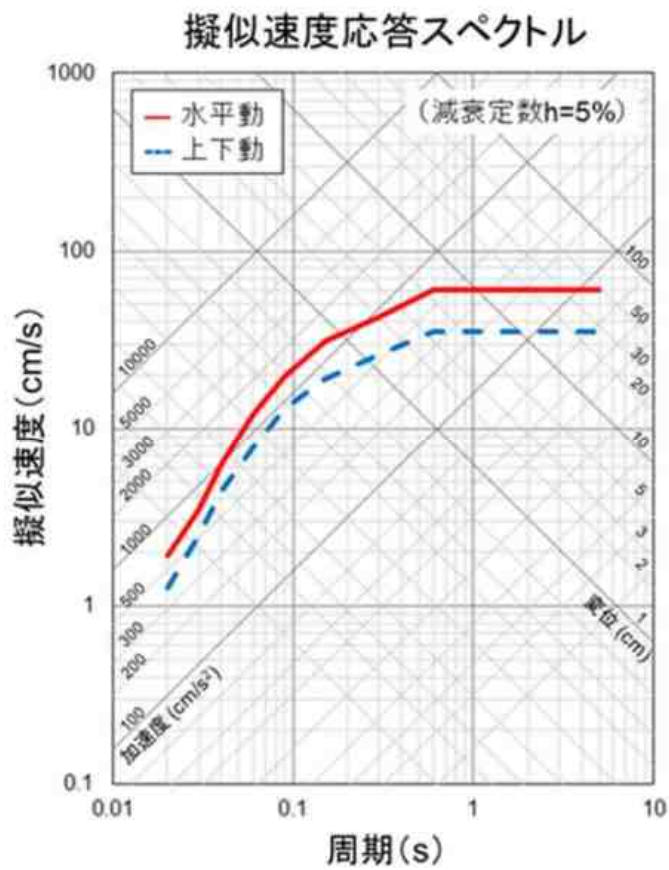


図 7-24(2) 佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の評価結果 (5号機)



コントロールポイント

周期 (s)	水平動	上下動
	擬似速度 (cm/s)	擬似速度 (cm/s)
0.02	1.910	1.273
0.03	3.500	2.500
0.04	6.300	4.400
0.06	12.000	7.800
0.09	20.000	13.000
0.15	31.000	19.000
0.30	43.000	26.000
0.60	60.000	35.000
5.00	60.000	35.000

図 7-25 地震基盤相当面における標準応答スペクトル

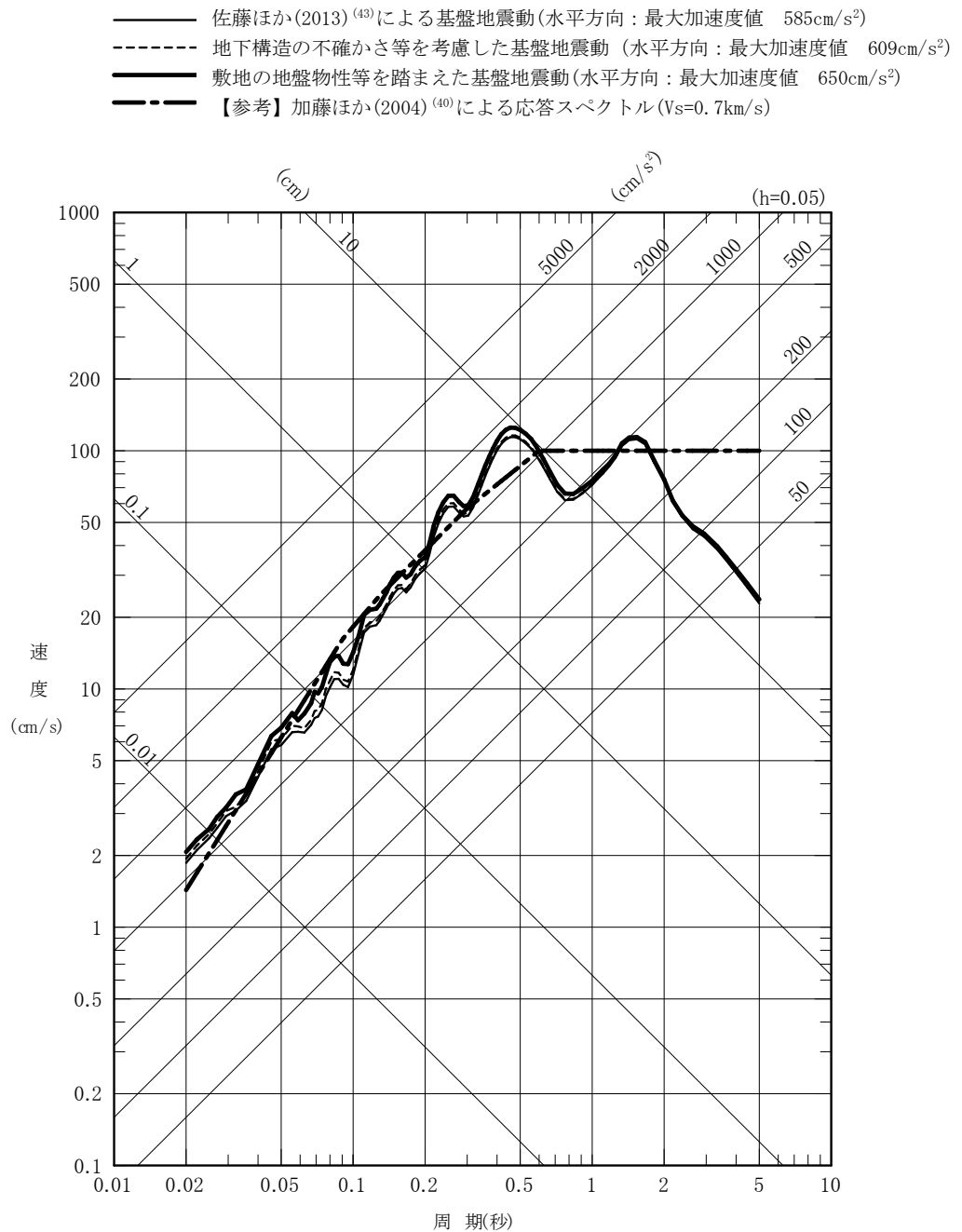
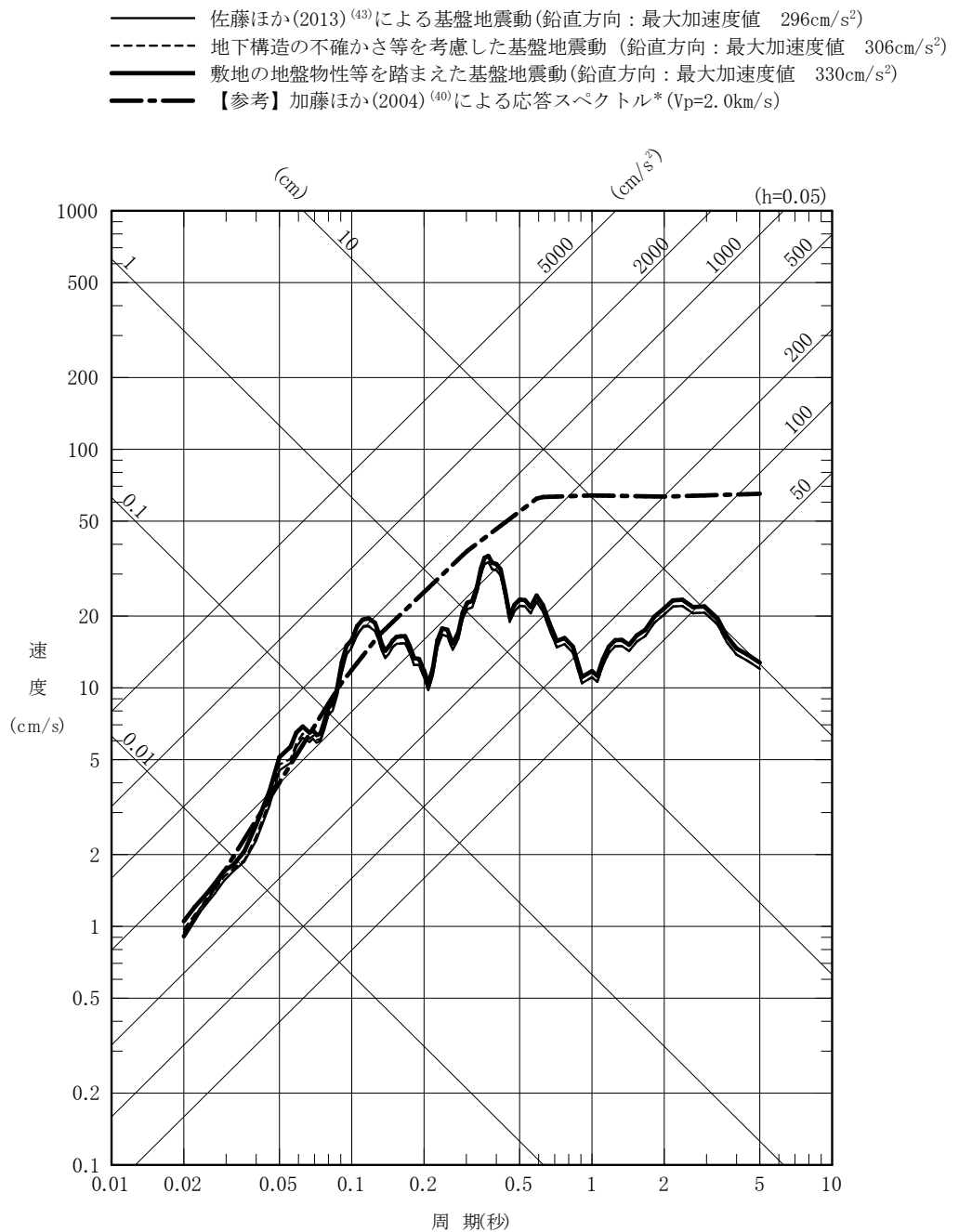
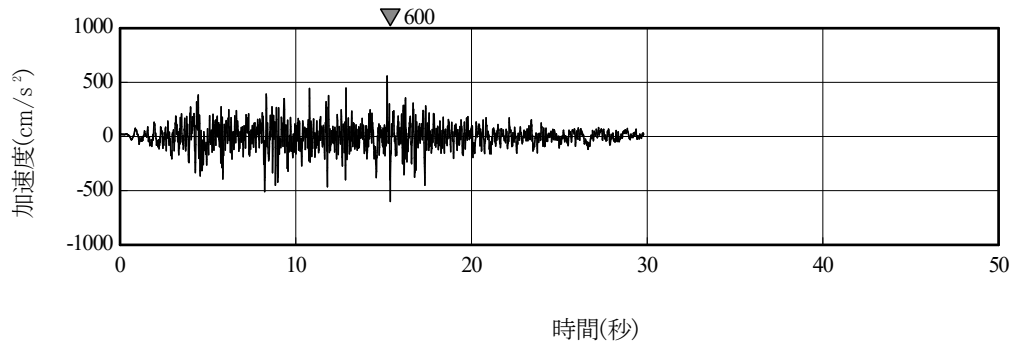


図 7-26(1) 2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動 (水平方向)

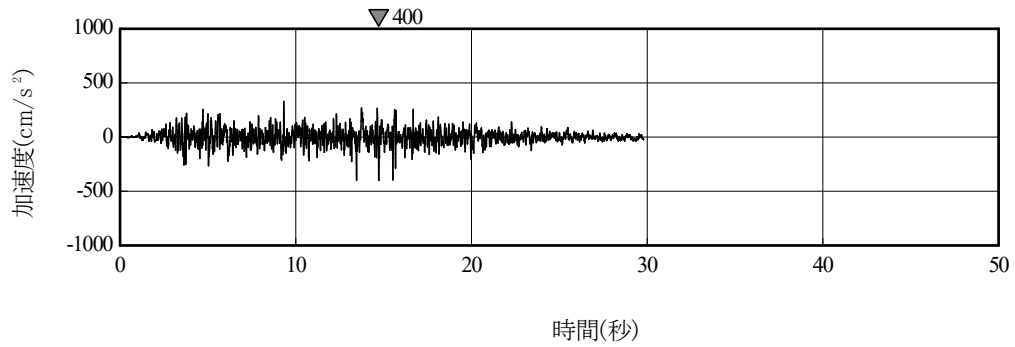


注記*：加藤ほか(2004)⁽⁴⁰⁾で提案されている水平方向の応答スペクトルから Noda et al. (2002)⁽¹⁶⁾による増幅特性を考慮して鉛直方向を評価。

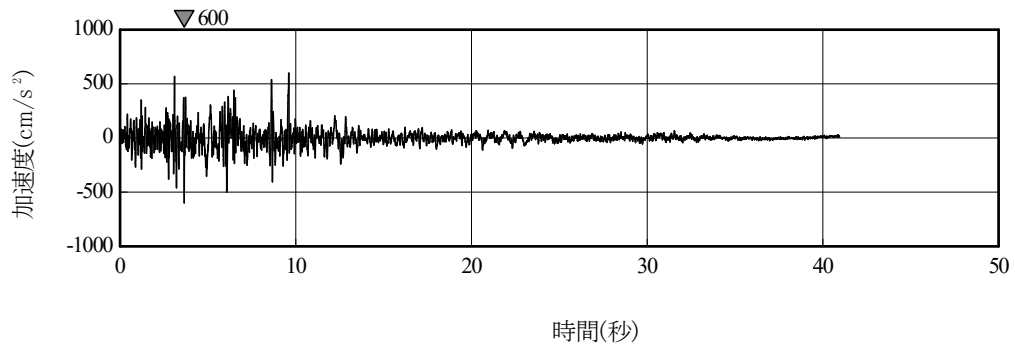
図 7-26(2) 2004 年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動 (鉛直方向)



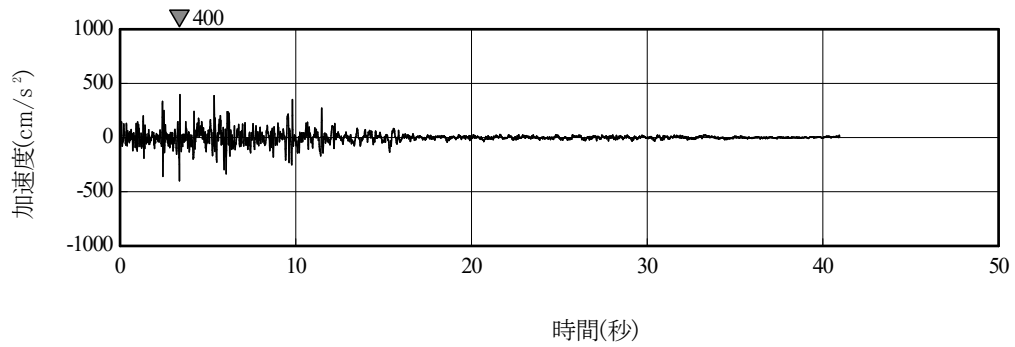
(a) 一様乱数の位相を用いた模擬地震波（水平方向）



(b) 一様乱数の位相を用いた模擬地震波（鉛直方向）

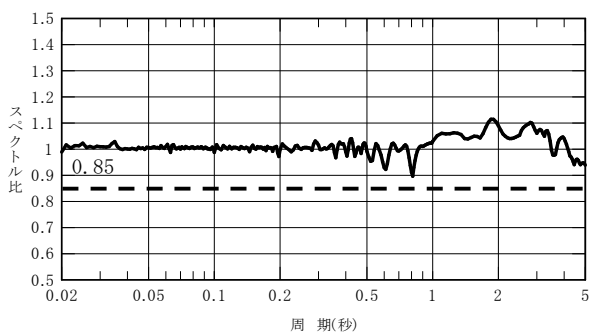


(c) 観測記録の位相を用いた模擬地震波（水平方向）

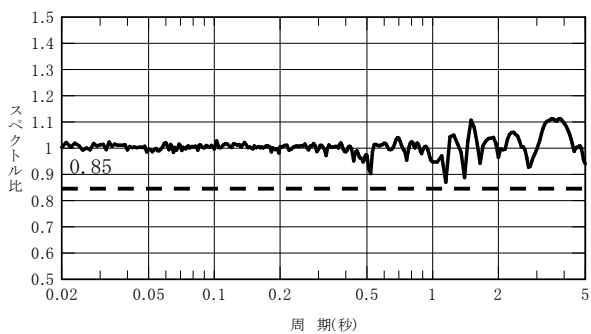


(d) 観測記録の位相を用いた模擬地震波（鉛直方向）

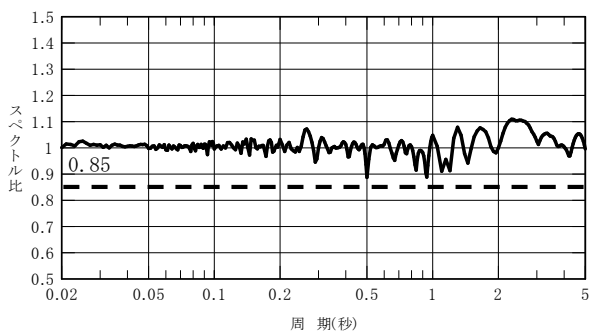
図 7-27 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波の加速度時刻歴波形



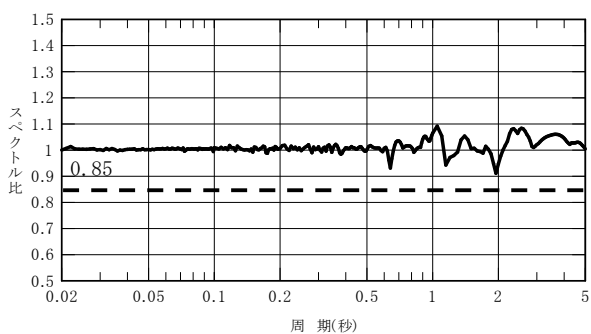
(a) 一様乱数の位相を用いた模擬地震波（水平方向）



(b) 一様乱数の位相を用いた模擬地震波（鉛直方向）



(c) 観測記録の位相を用いた模擬地震波（水平方向）



(d) 観測記録の位相を用いた模擬地震波（鉛直方向）

図 7-28 標準応答スペクトルに対する模擬地震波の応答スペクトル比

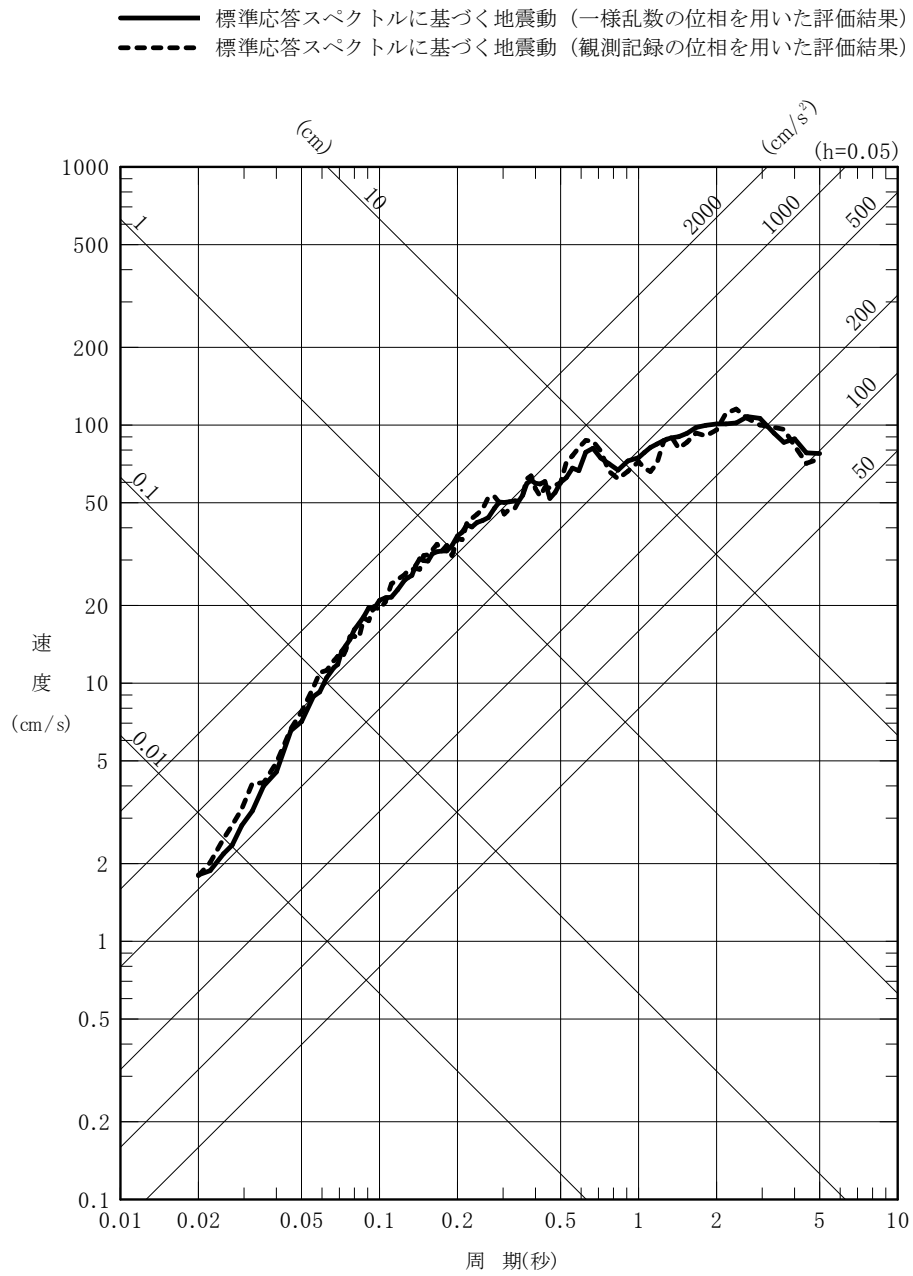


図 7-29(1) 標準応答スペクトルに基づく地震動（1号機，水平方向）

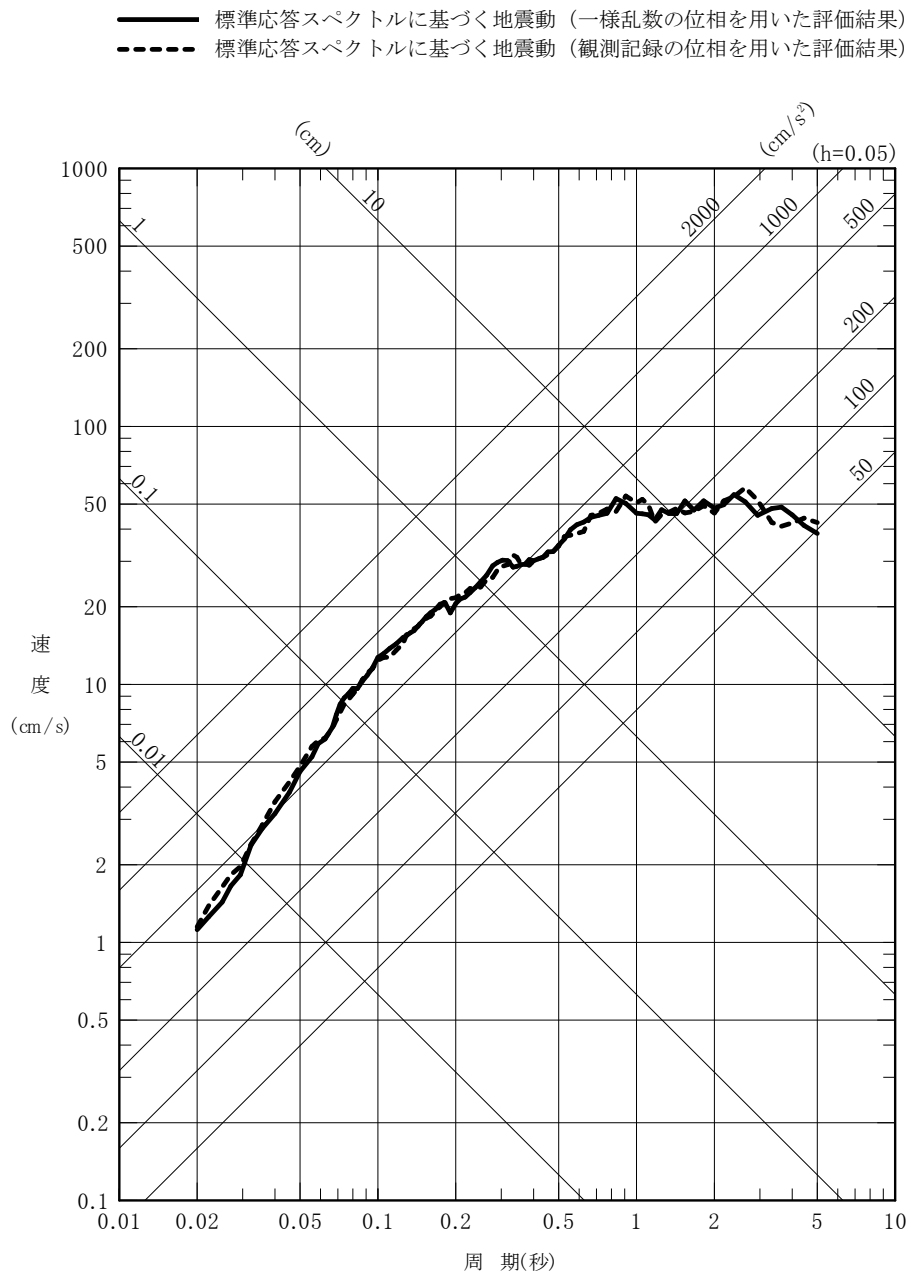


図 7-29(2) 標準応答スペクトルに基づく地震動（1号機，鉛直方向）

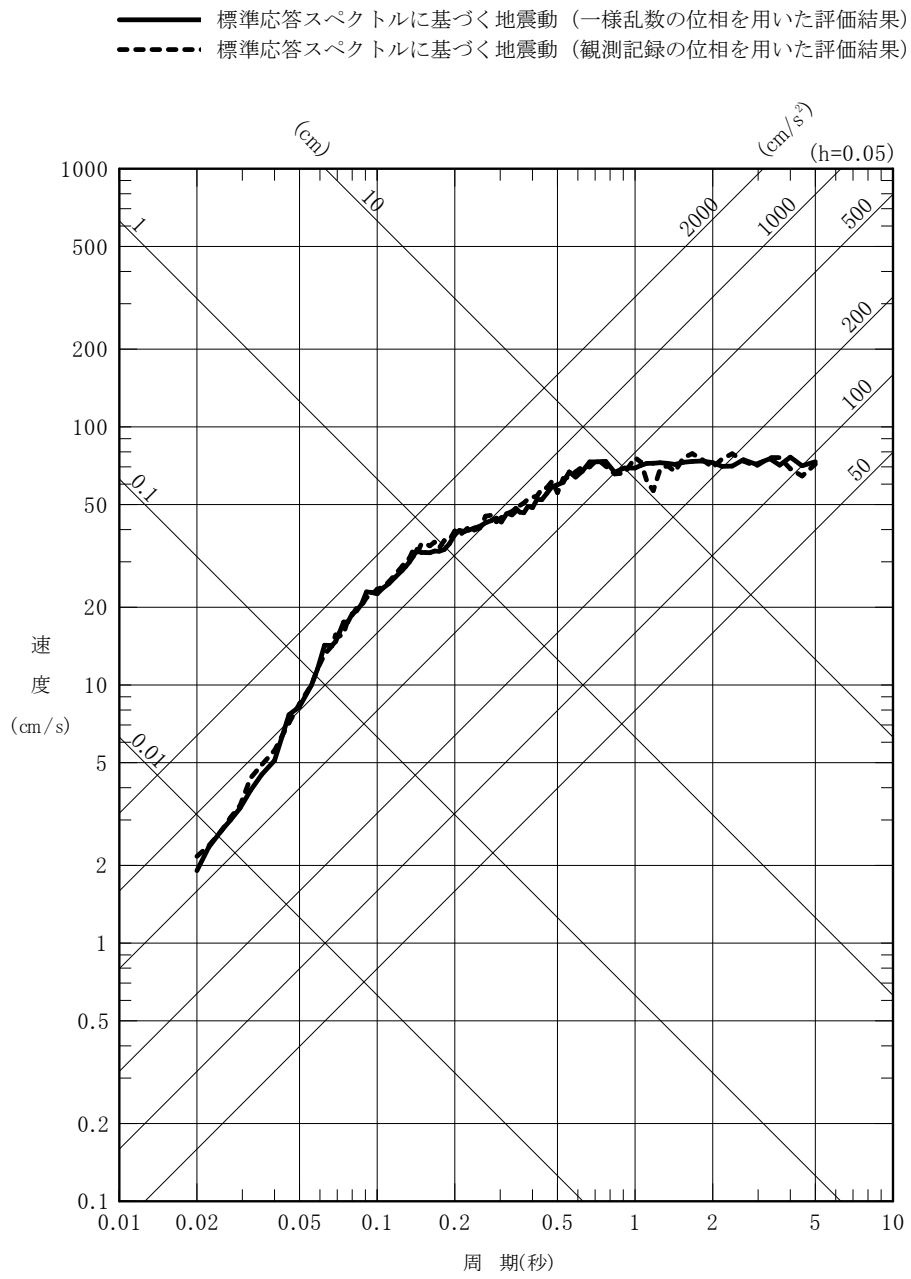


図 7-29 (3) 標準応答スペクトルに基づく地震動（5号機，水平方向）

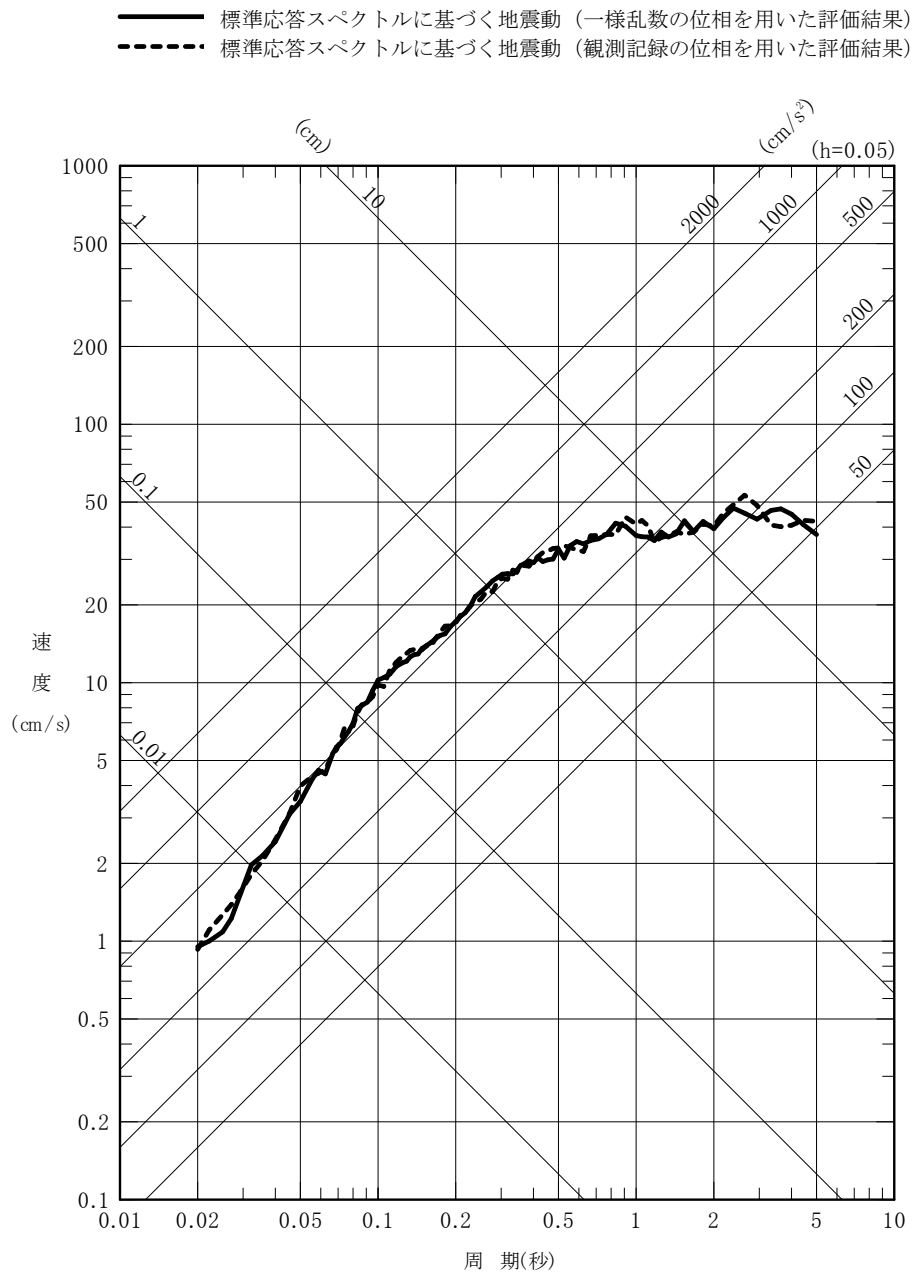


図 7-29(4) 標準応答スペクトルに基づく地震動（5号機，鉛直方向）

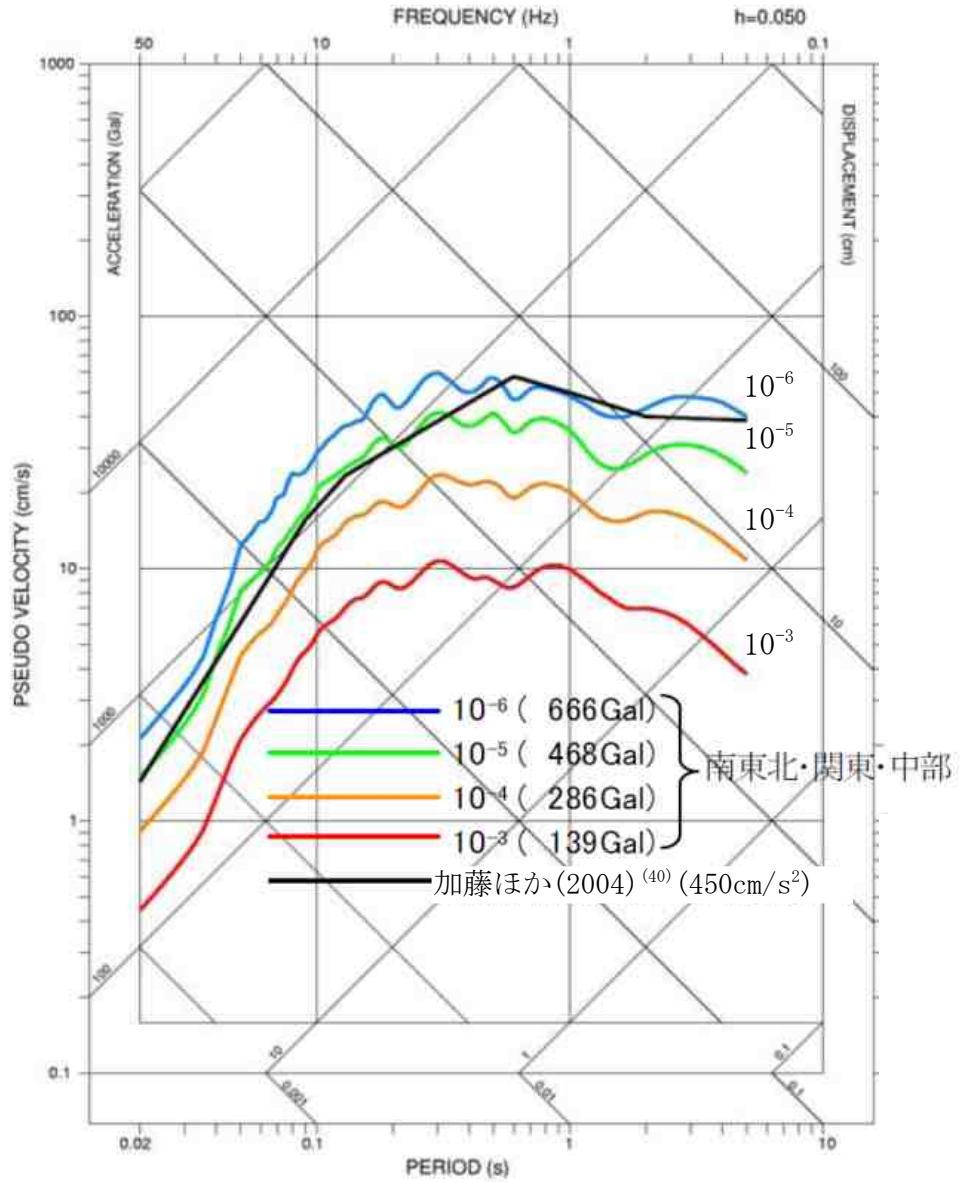


図7-30 独立行政法人 原子力安全基盤機構(2005)⁽⁴⁴⁾による
 一様ハザードスペクトルと加藤ほか(2004)⁽⁴⁰⁾による応答スペクトルとの比較
 (独立行政法人 原子力安全基盤機構(2005)⁽⁴⁴⁾に加筆。)

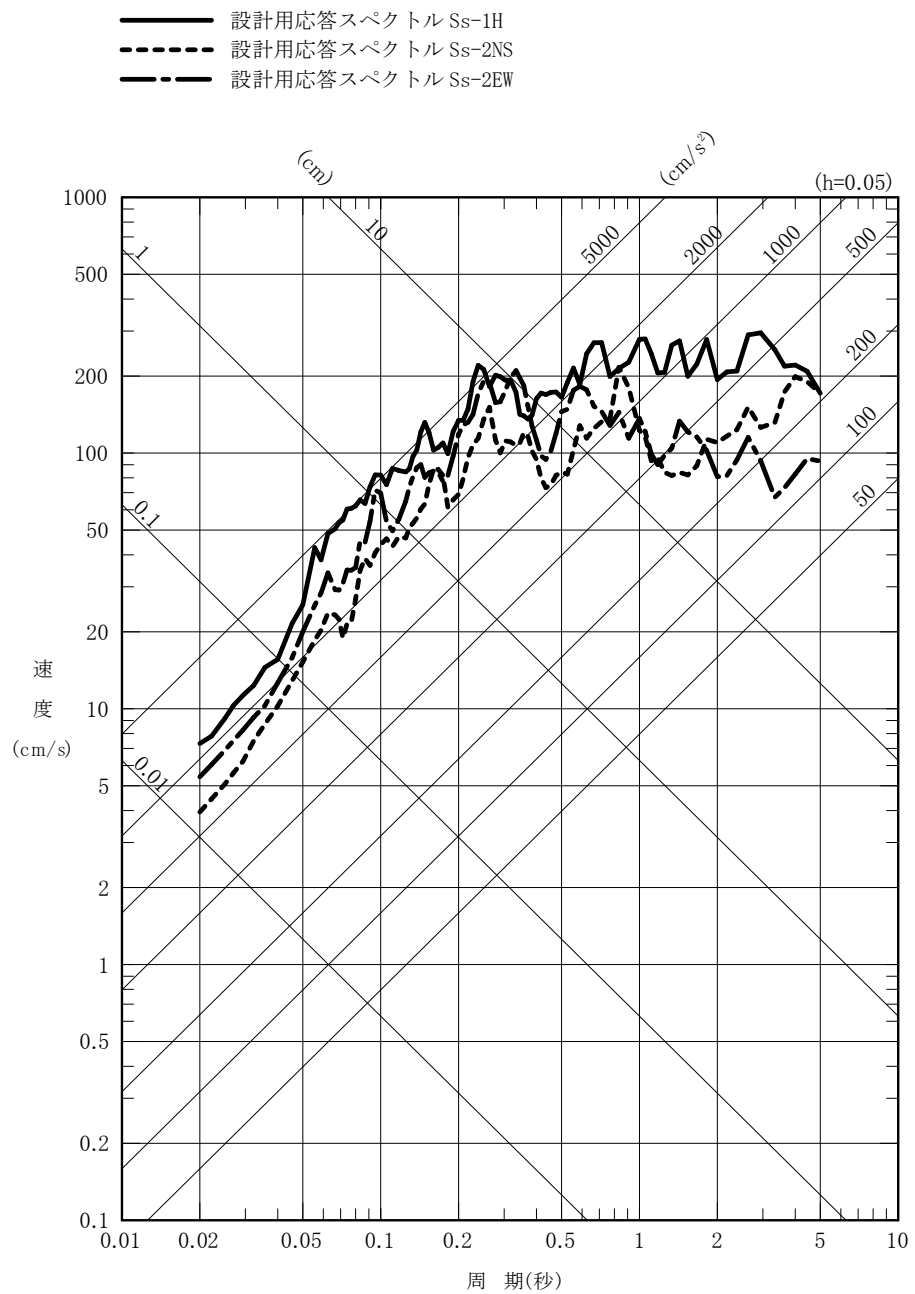


図 7-31(1) 荒浜側の基準地震動 Ss-1 及び Ss-2 の設計用応答スペクトル (水平方向)

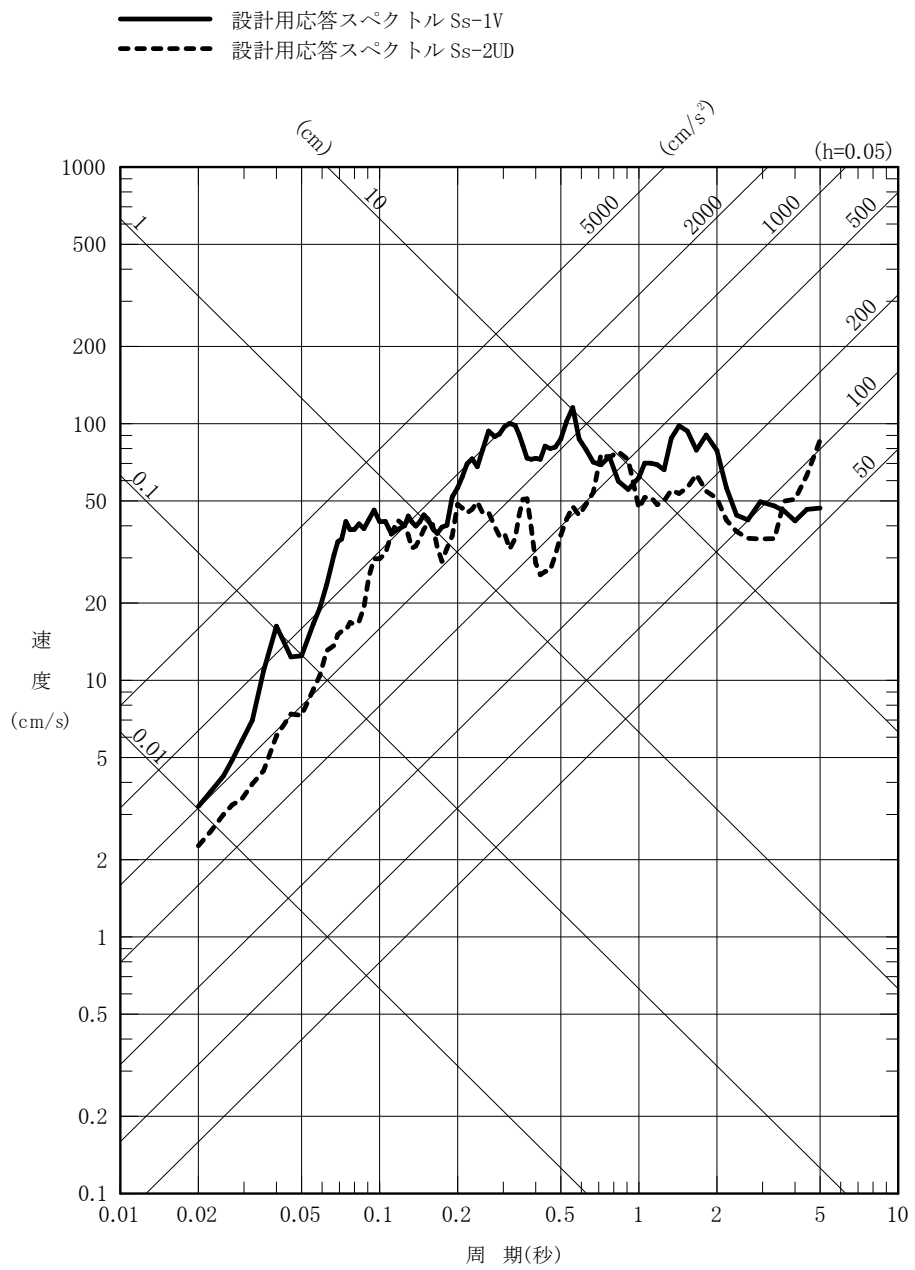


図 7-31(2) 荒浜側の基準地震動 Ss-1 及び Ss-2 の設計用応答スペクトル (鉛直方向)

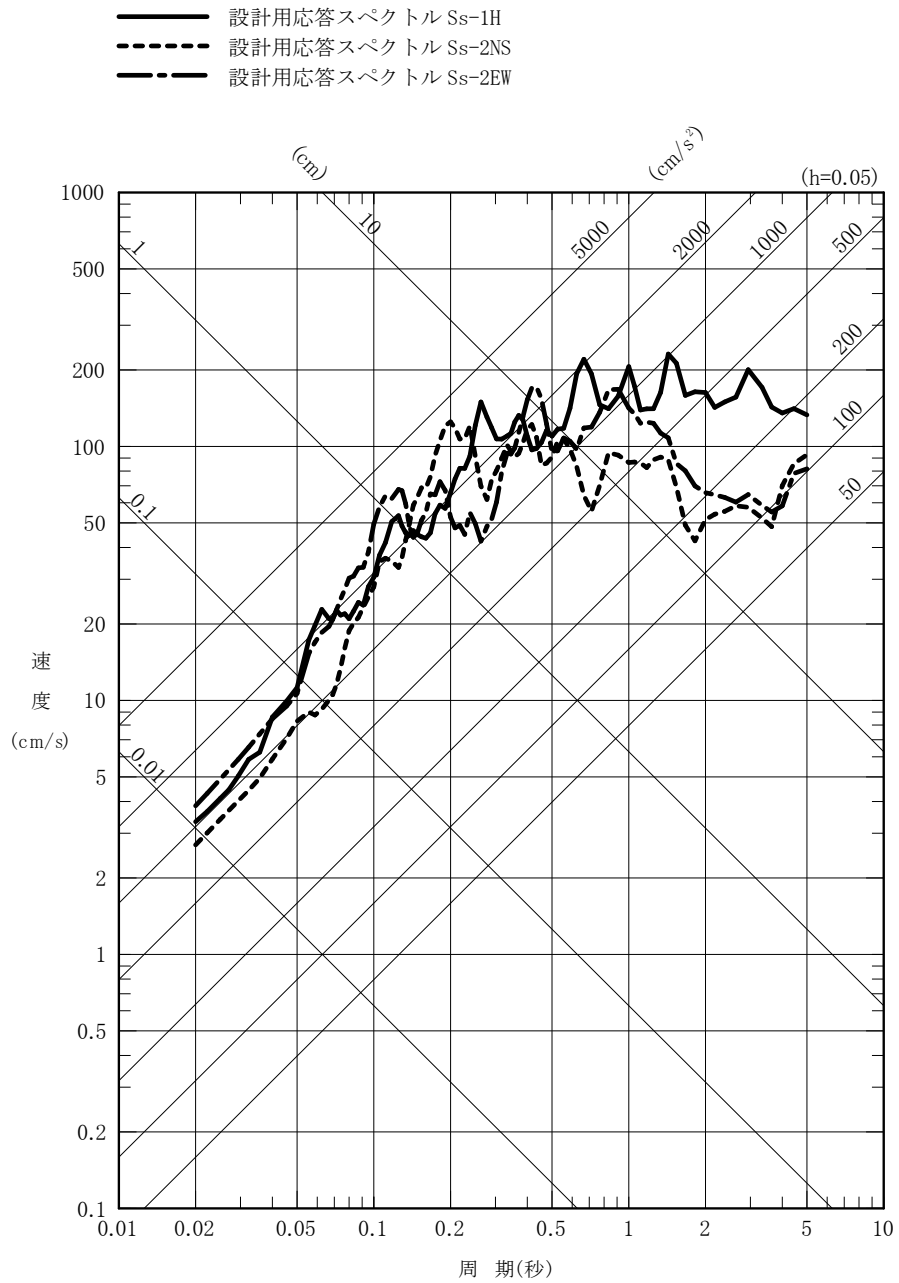


図7-31(3) 大湊側の基準地震動 Ss-1 及び Ss-2 の設計用応答スペクトル (水平方向)

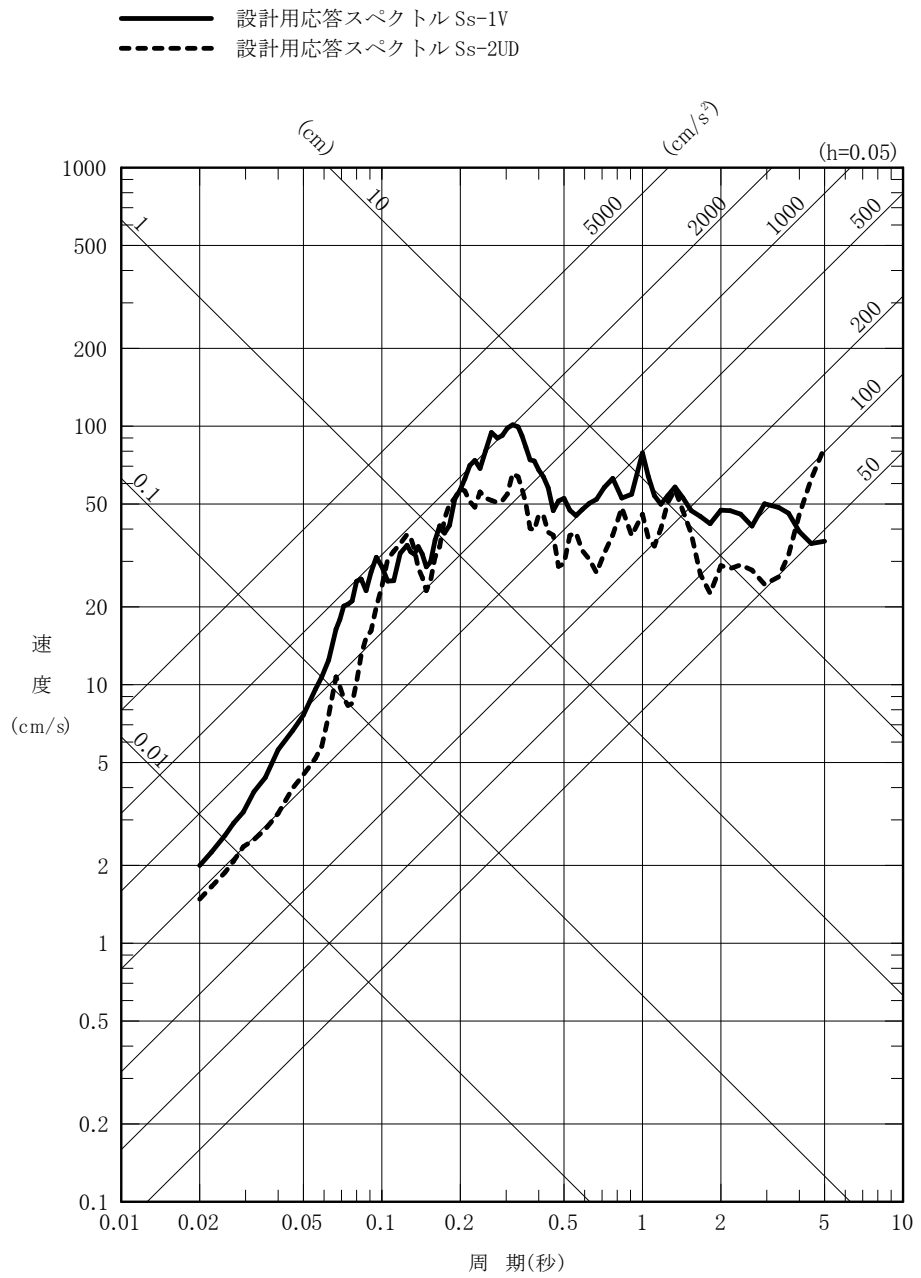


図 7-31(4) 大湊側の基準地震動 Ss-1 及び Ss-2 の設計用応答スペクトル (鉛直方向)

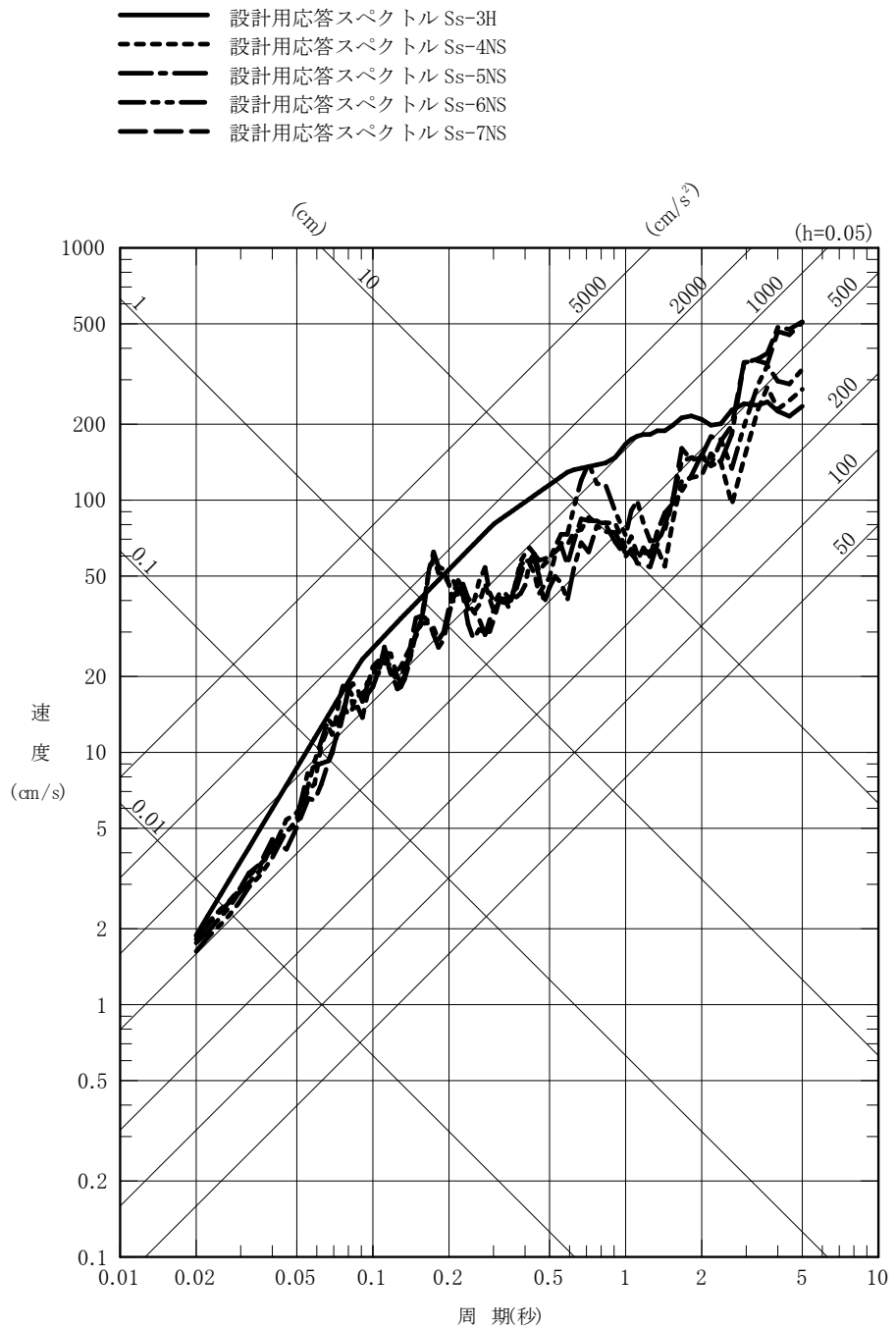


図 7-32(1) 荒浜側の基準地震動 Ss-3～Ss-7 の設計用応答スペクトル (NS 方向)

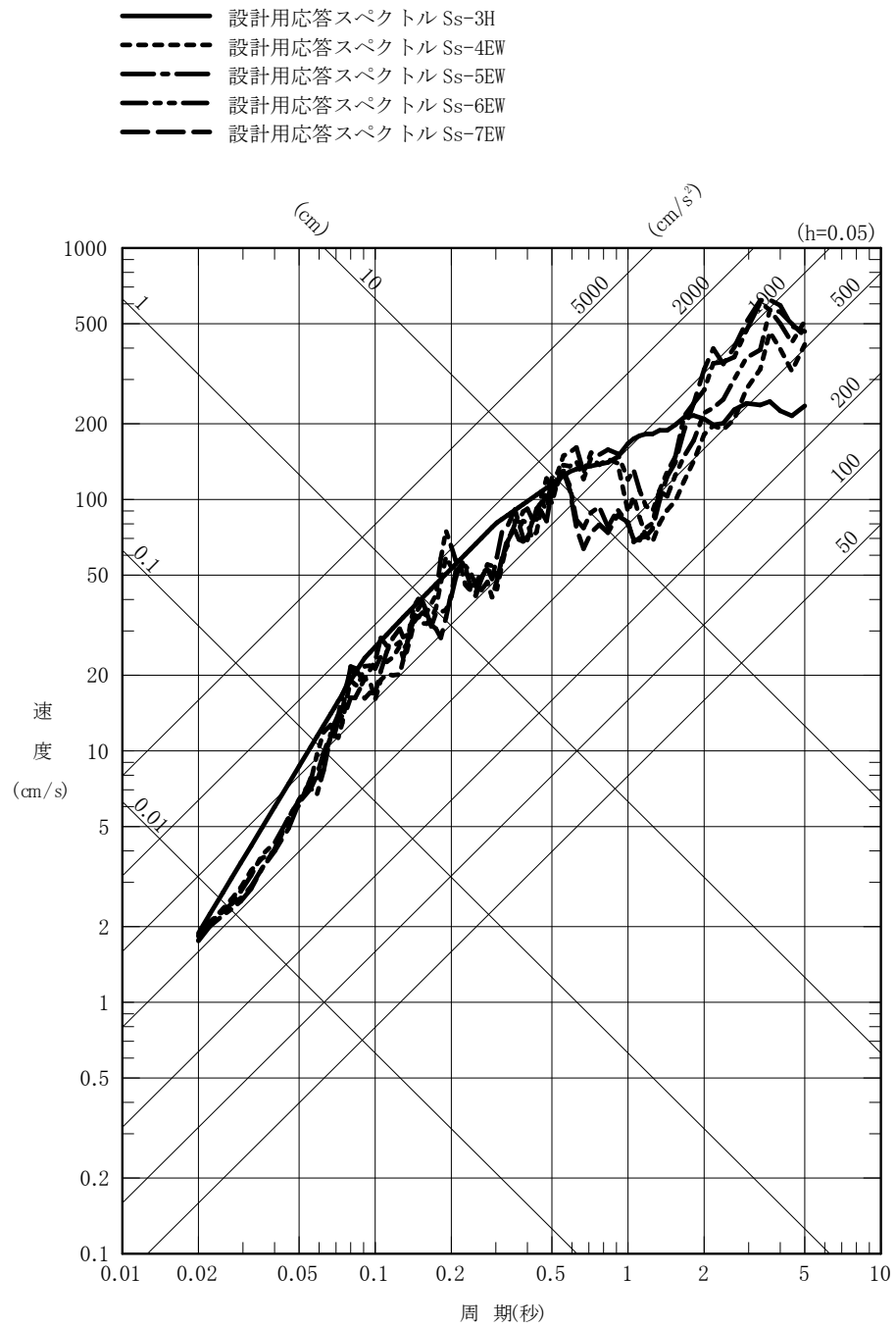


図 7-32(2) 荒浜側の基準地震動 Ss-3～Ss-7 の設計用応答スペクトル (EW 方向)

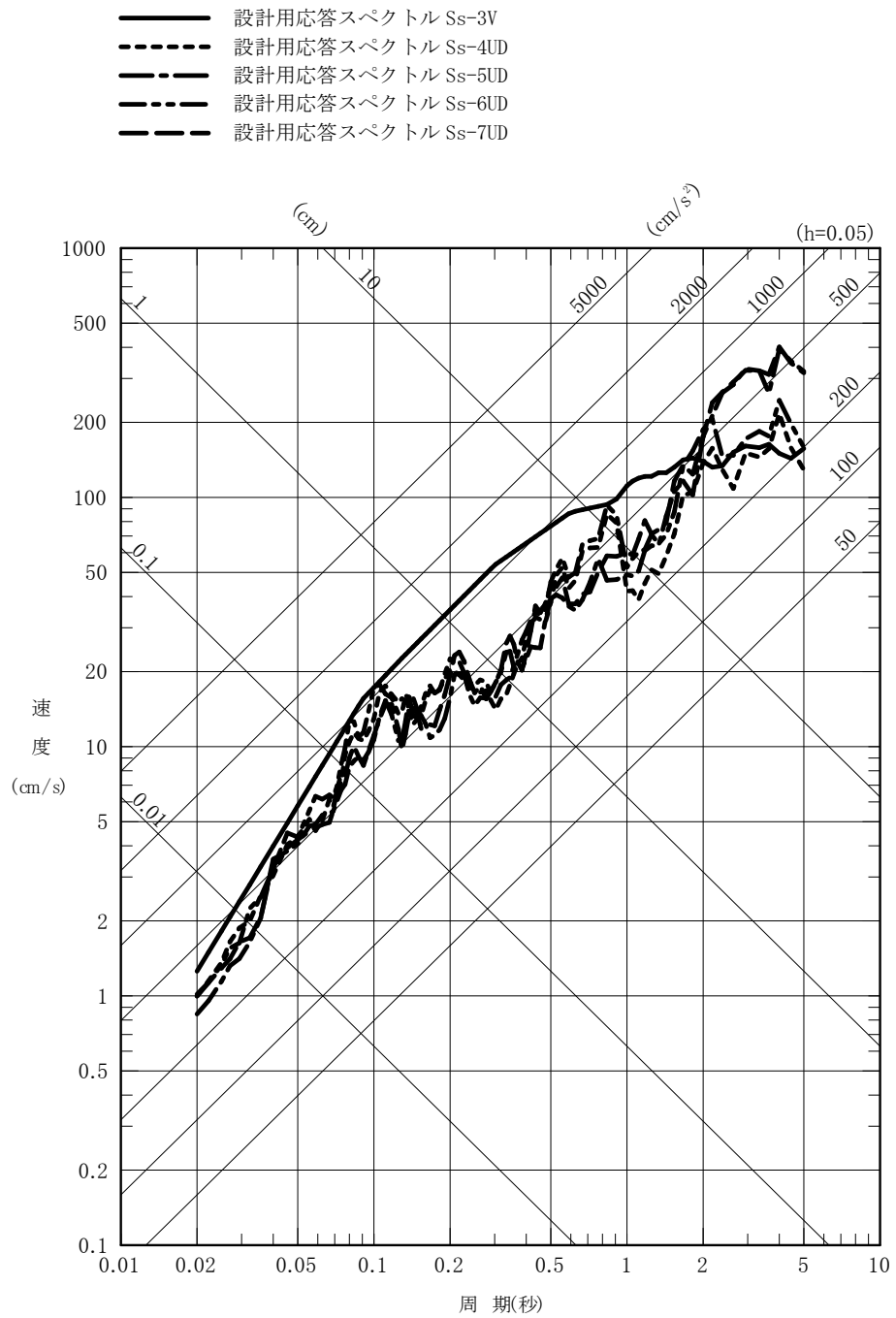


図 7-32 (3) 荒浜側の基準地震動 Ss-3~Ss-7 の設計用応答スペクトル (UD 方向)

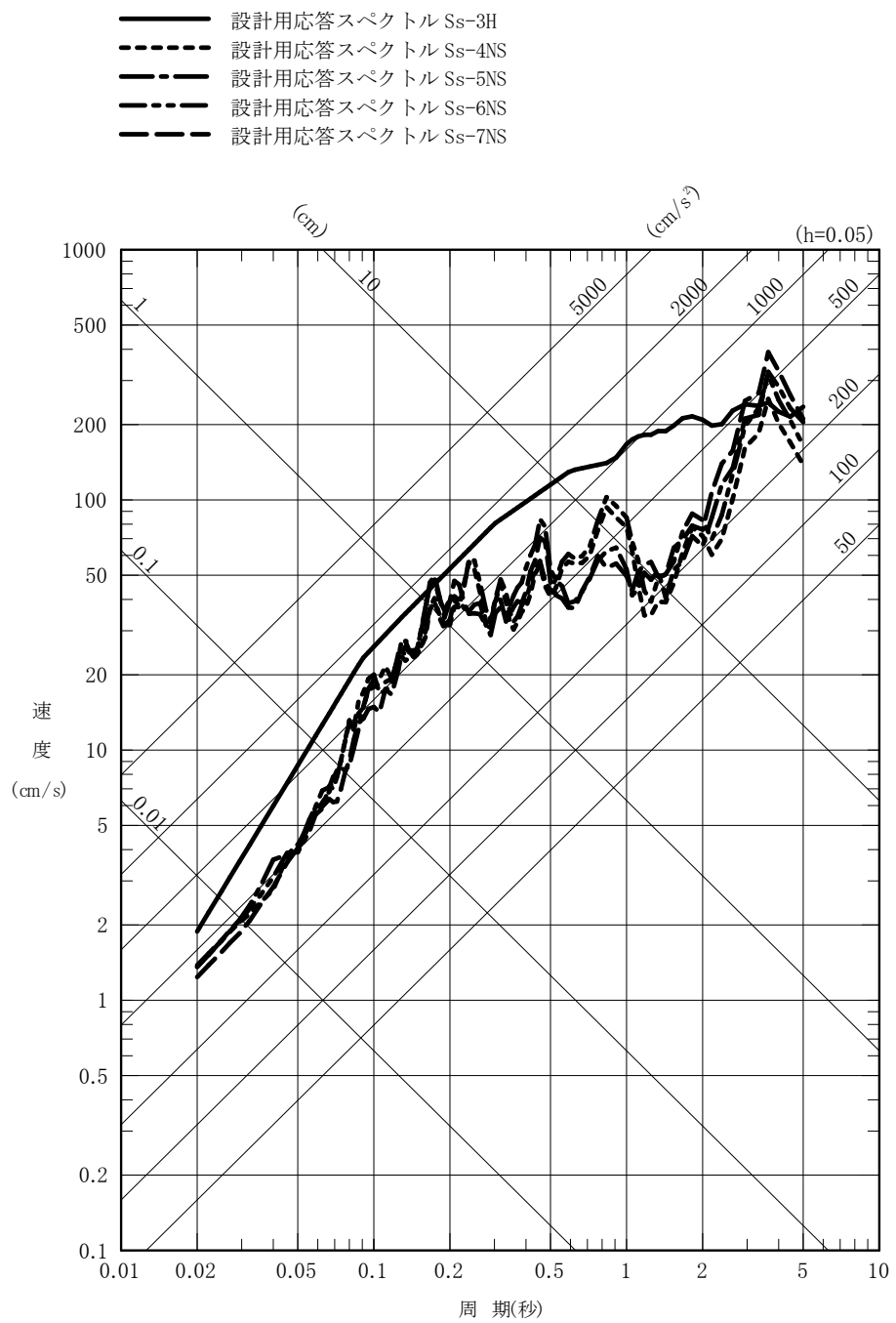


図 7-32(4) 大湊側の基準地震動 Ss-3~Ss-7 の設計用応答スペクトル (NS 方向)

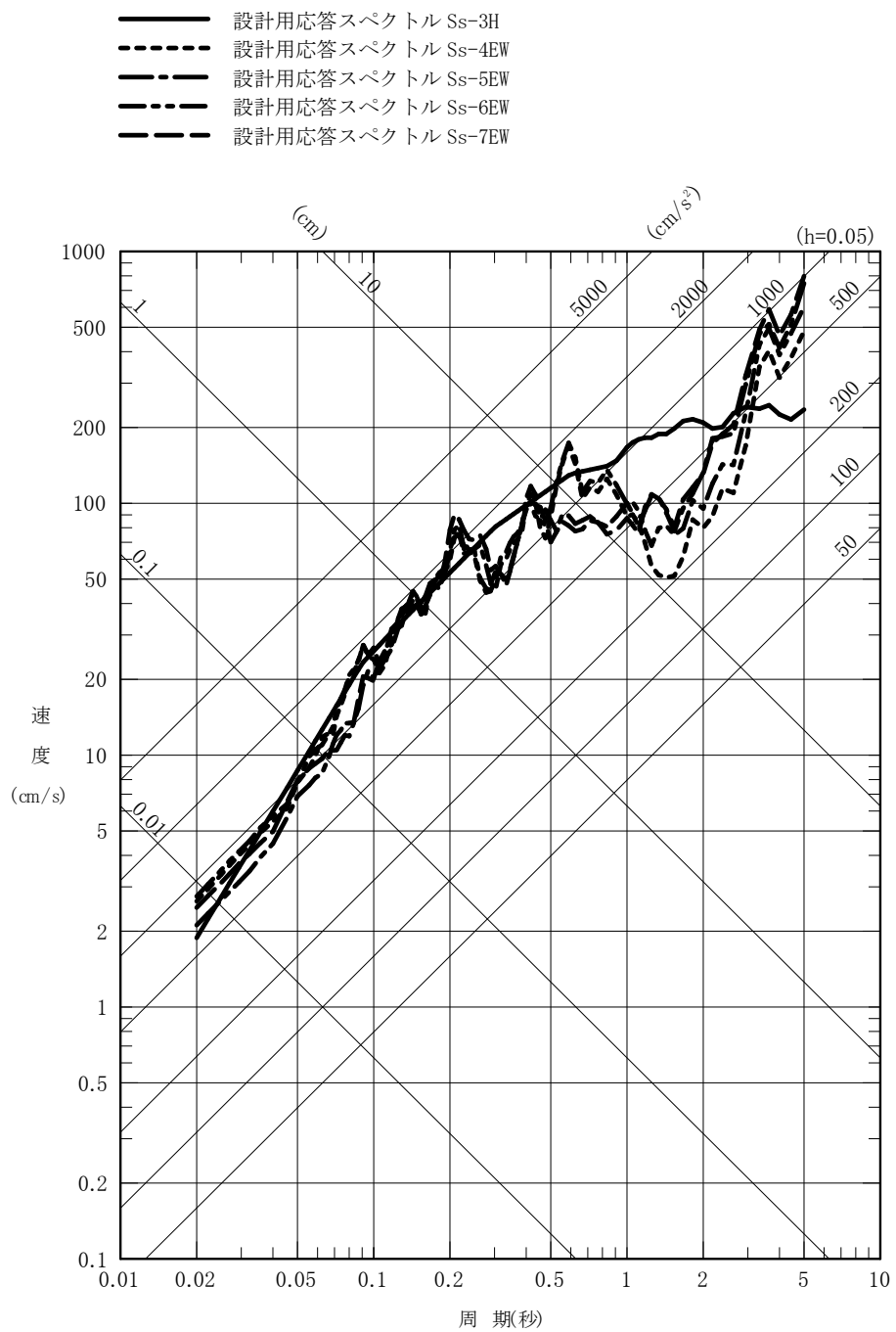


図 7-32(5) 大湊側の基準地震動 Ss-3～Ss-7 の設計用応答スペクトル (EW 方向)

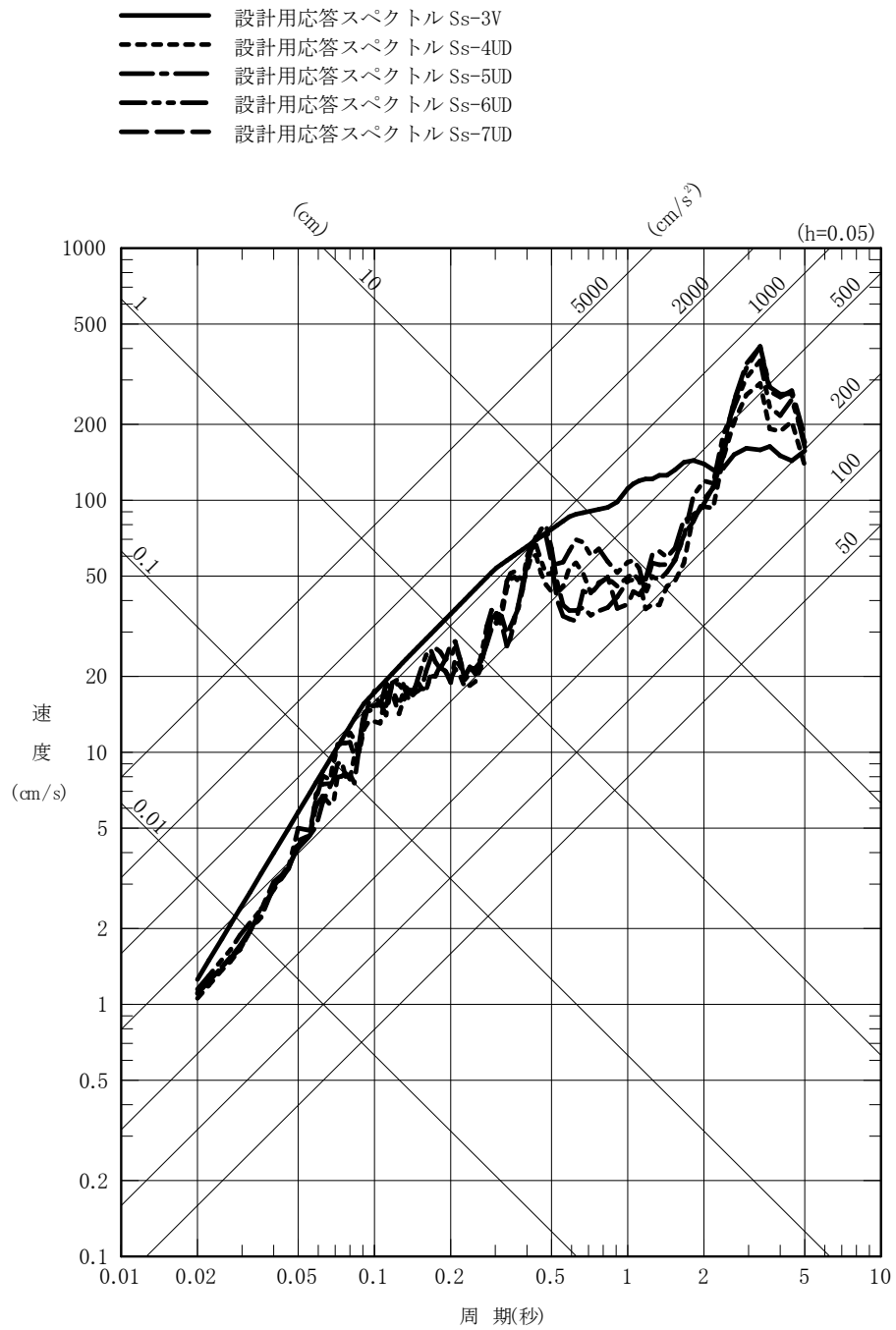


図 7-32 (6) 大湊側の基準地震動 Ss-3~Ss-7 の設計用応答スペクトル (UD 方向)

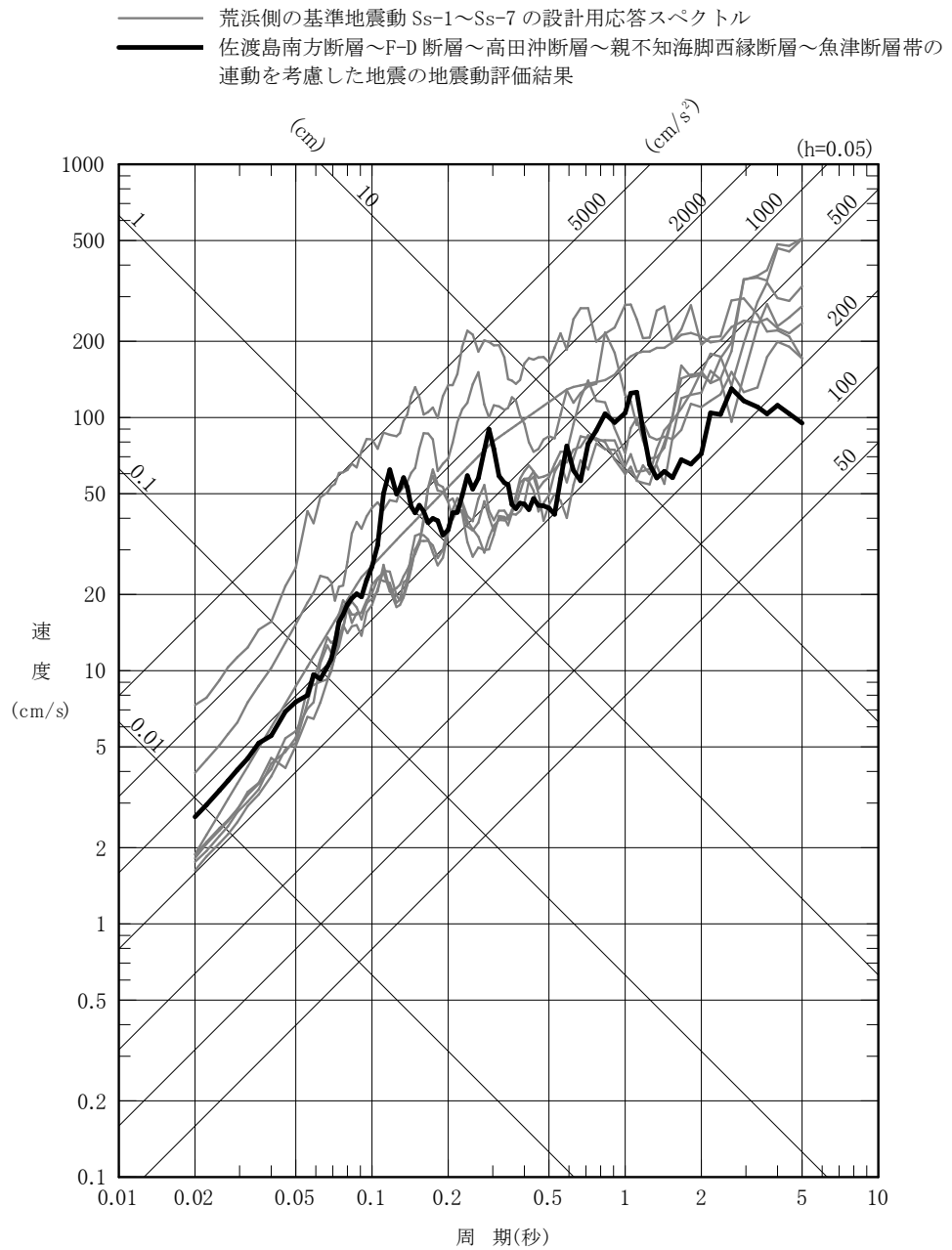


図 7-33(1) 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価結果 (1号機) と荒浜側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (NS 方向)

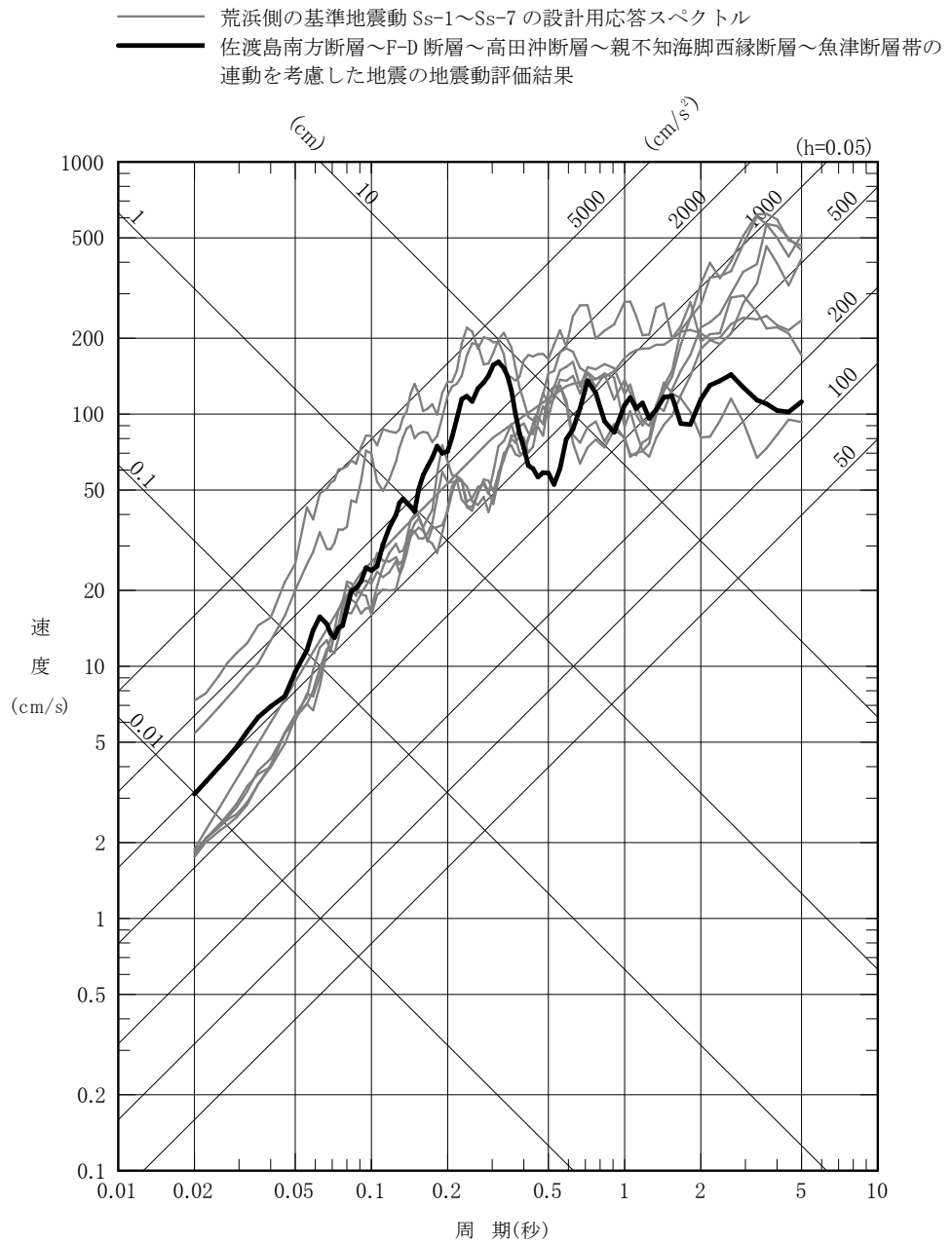


図 7-33(2) 佐渡島南方断層～F-D断層～高田冲断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価結果 (1号機) と 荒浜側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (EW 方向)

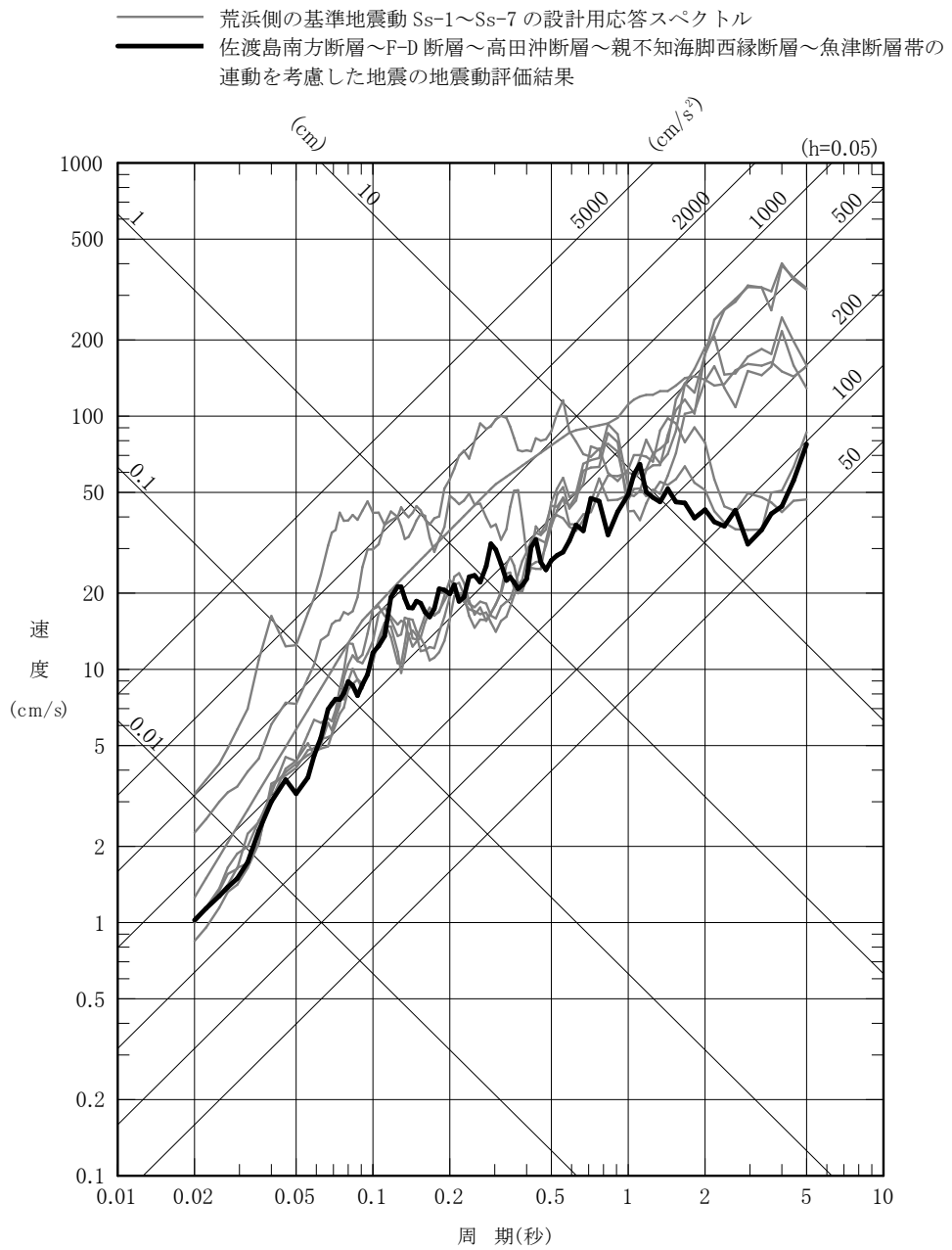


図 7-33(3) 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価結果 (1号機) と荒浜側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (UD 方向)

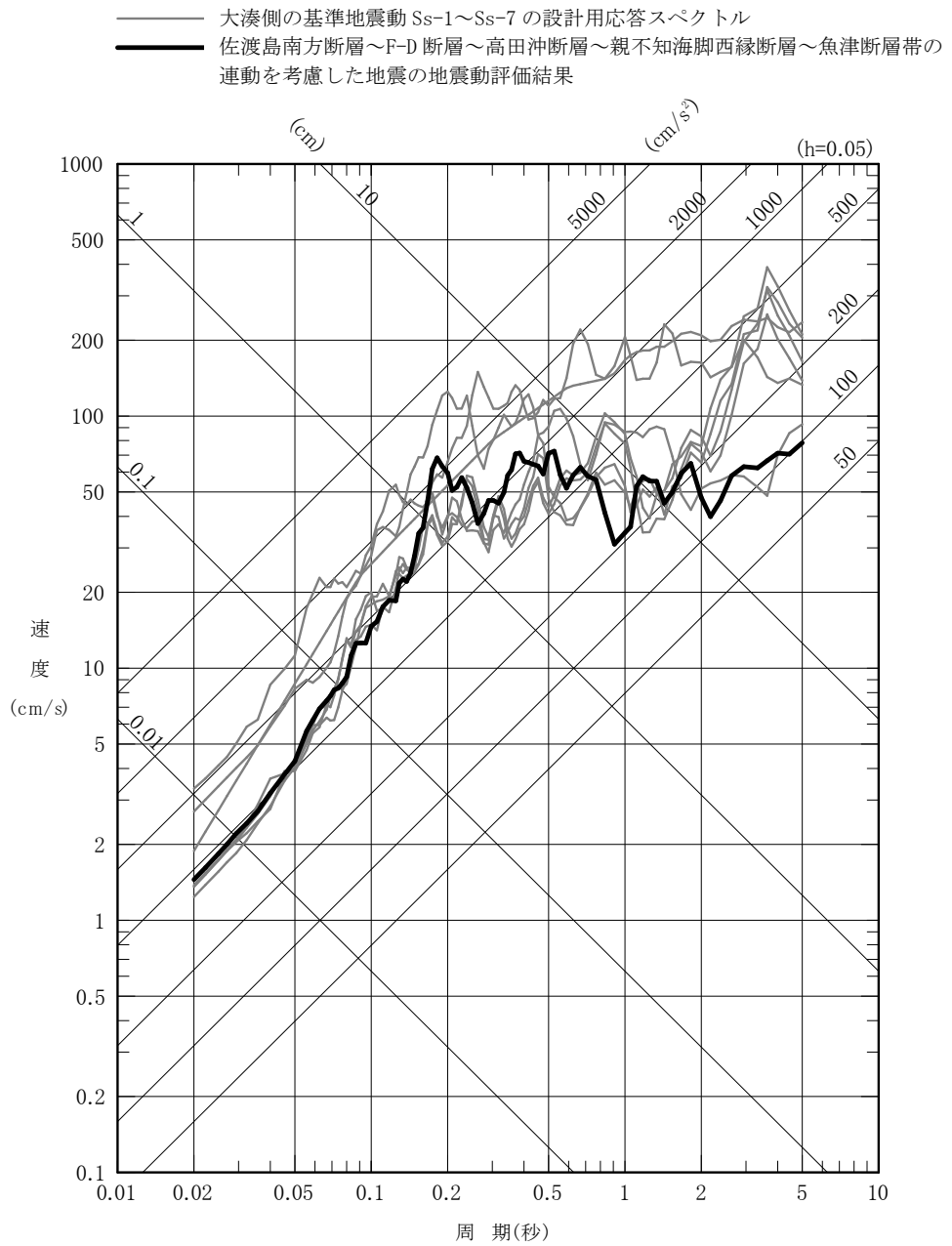


図 7-33(4) 佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価結果 (5号機) と大湊側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (NS 方向)

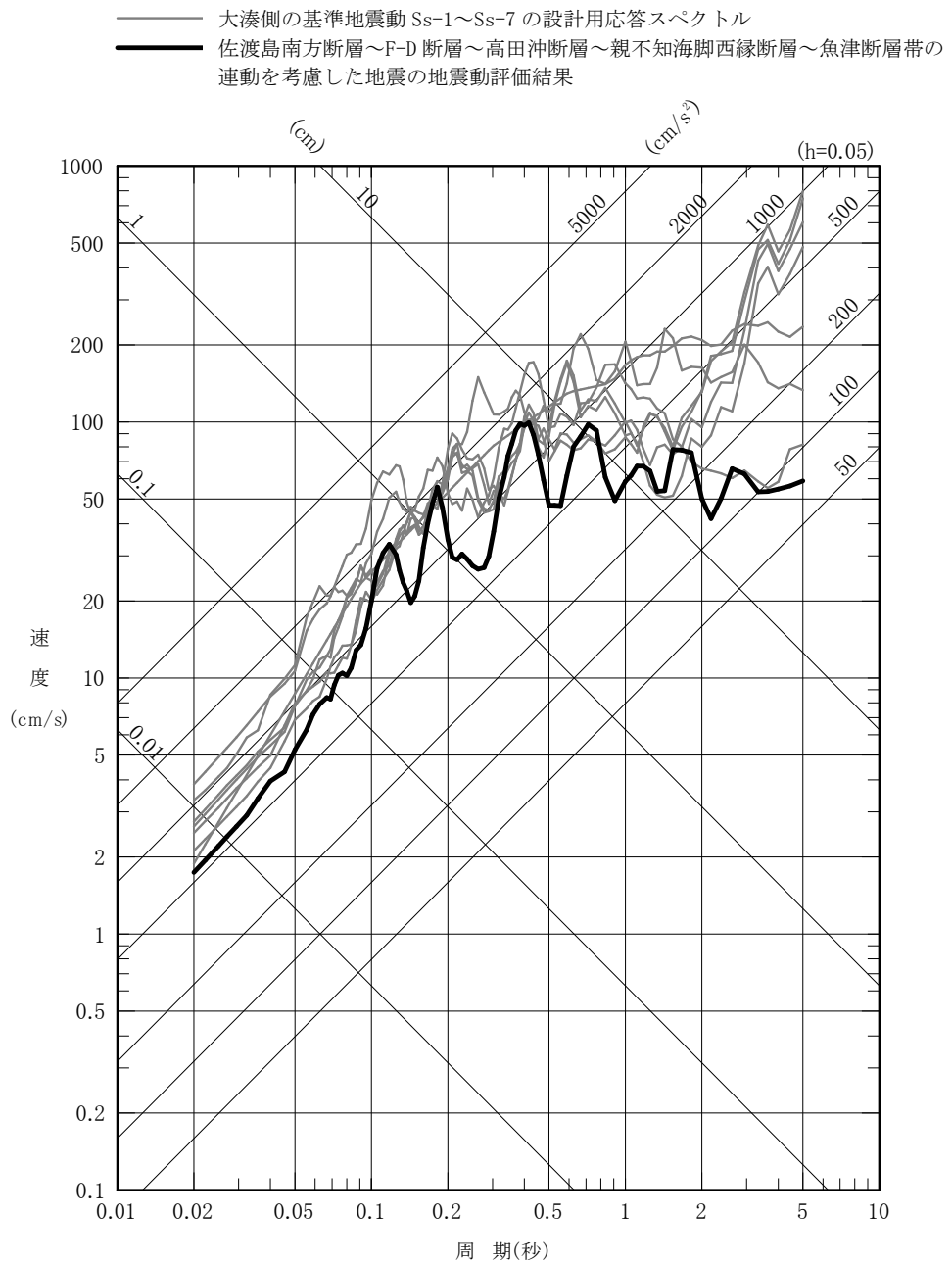


図 7-33 (5) 佐渡島南方断層~F-D断層~高田沖断層~親不知海脚西縁断層~魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価結果 (5号機) と大湊側の基準地震動 Ss-1~Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (EW 方向)

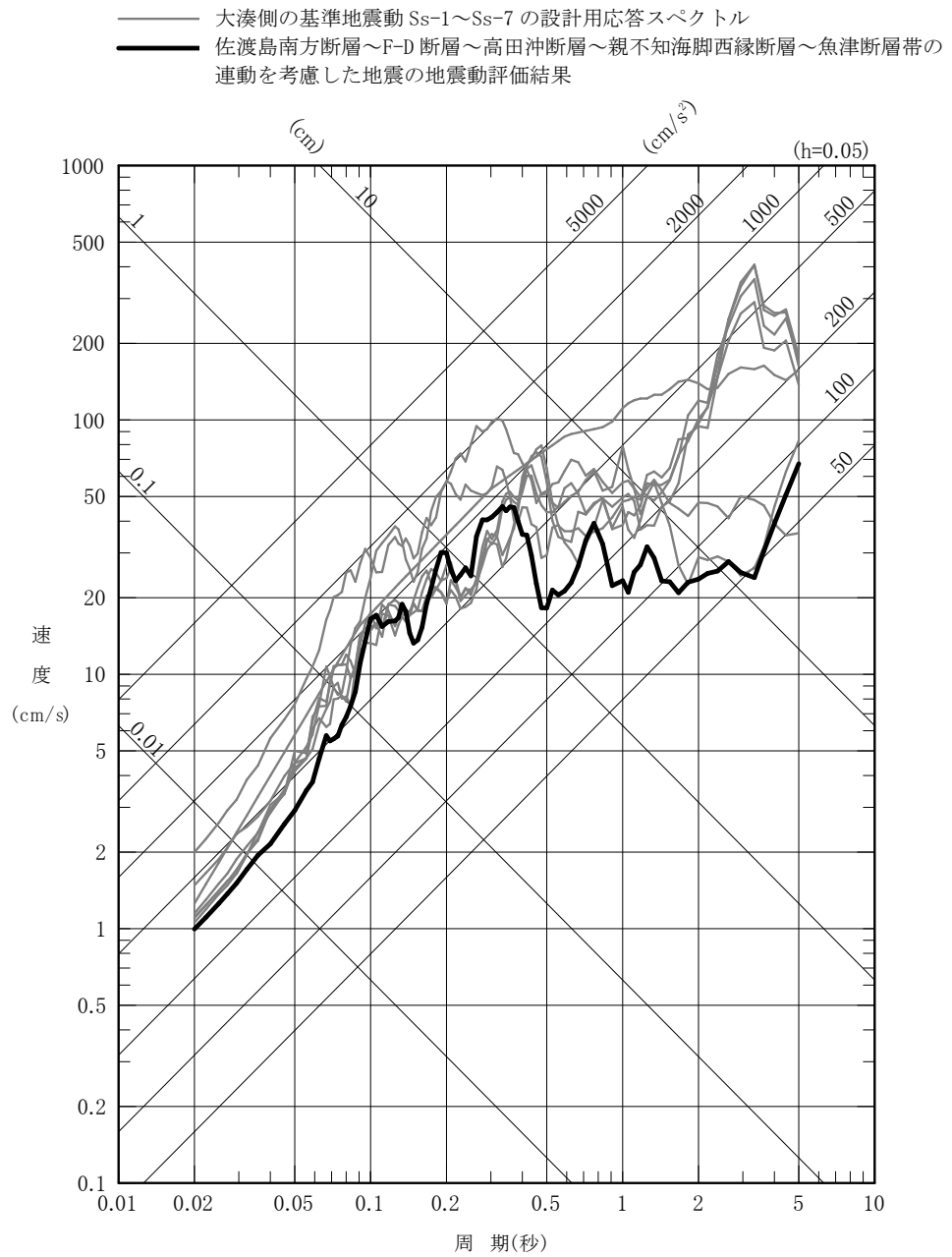
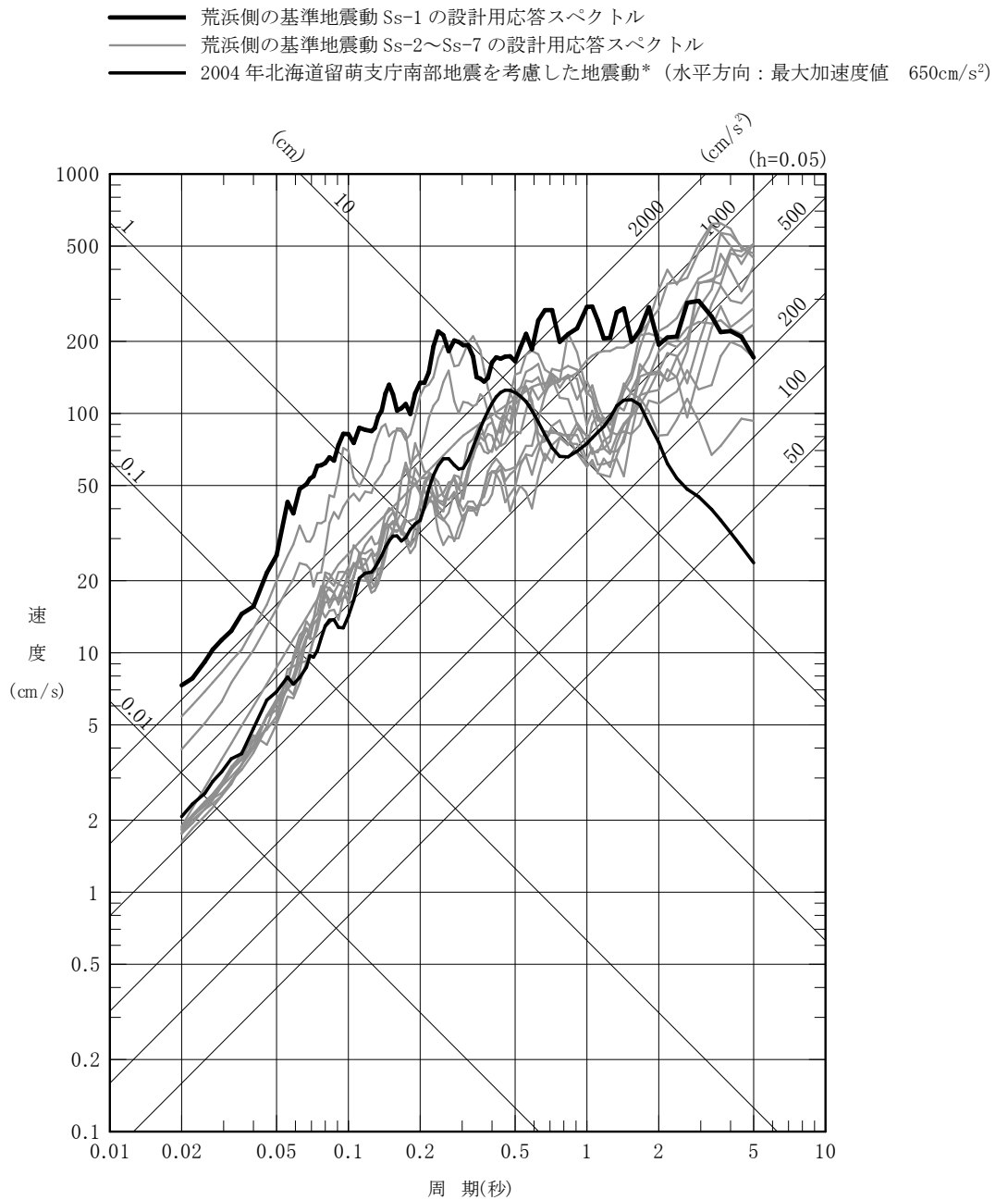
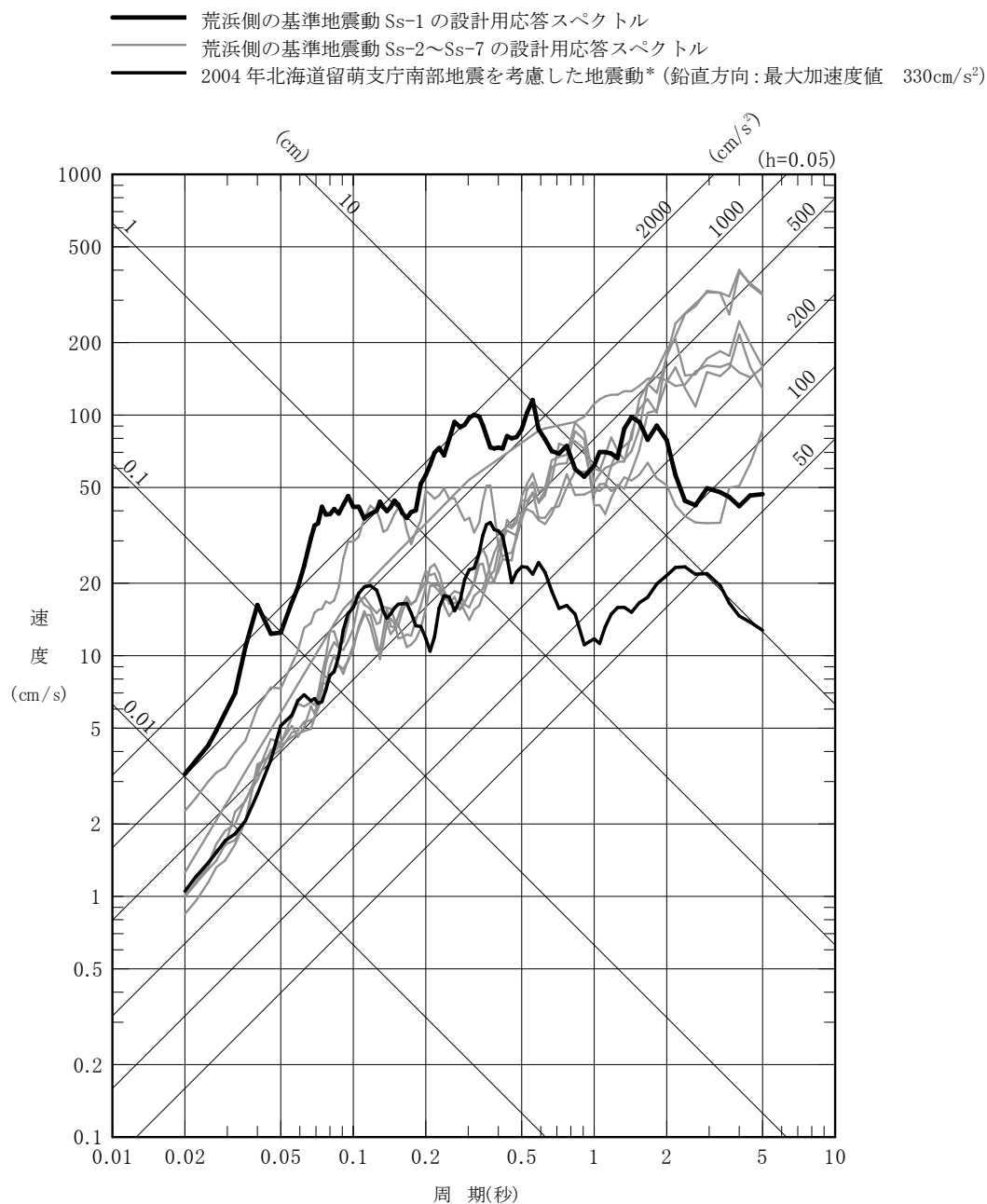


図 7-33(6) 佐渡島南方断層～F-D 断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯の連動を考慮した地震の地震動評価結果 (5号機) と大湊側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (UD 方向)



注記*：荒浜側は、地盤物性による補正の必要はないと考えられるが、保守的に比較。

図 7-34(1) 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動と
 基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較
 (荒浜側，水平方向)



注記* : 荒浜側は、地盤物性による補正の必要はないと考えられるが、保守的に比較。

図 7-34(2) 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動と基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (荒浜側, 鉛直方向)

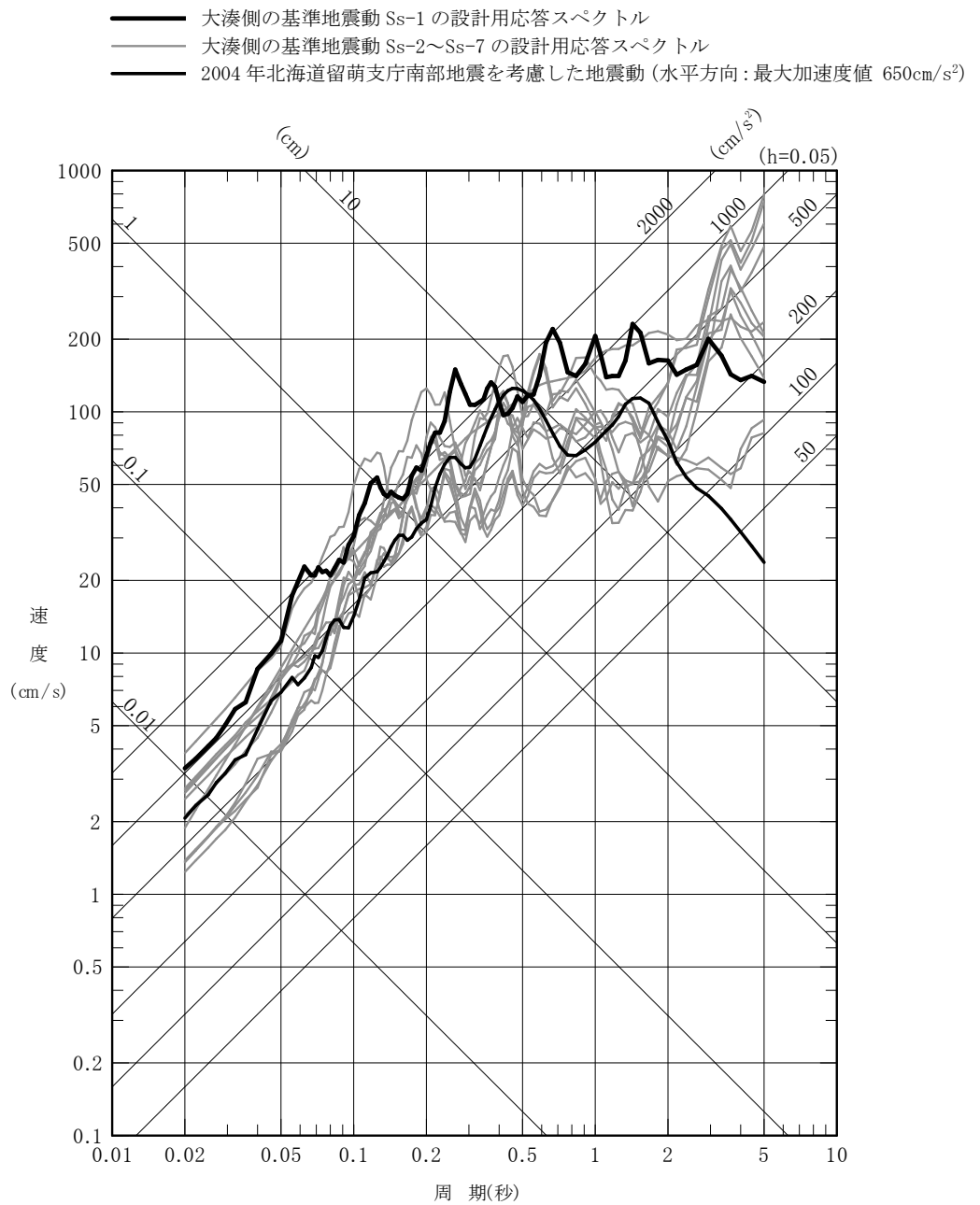


図7-34(3) 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動と基準地震動 Ss-1~Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (大湊側, 水平方向)

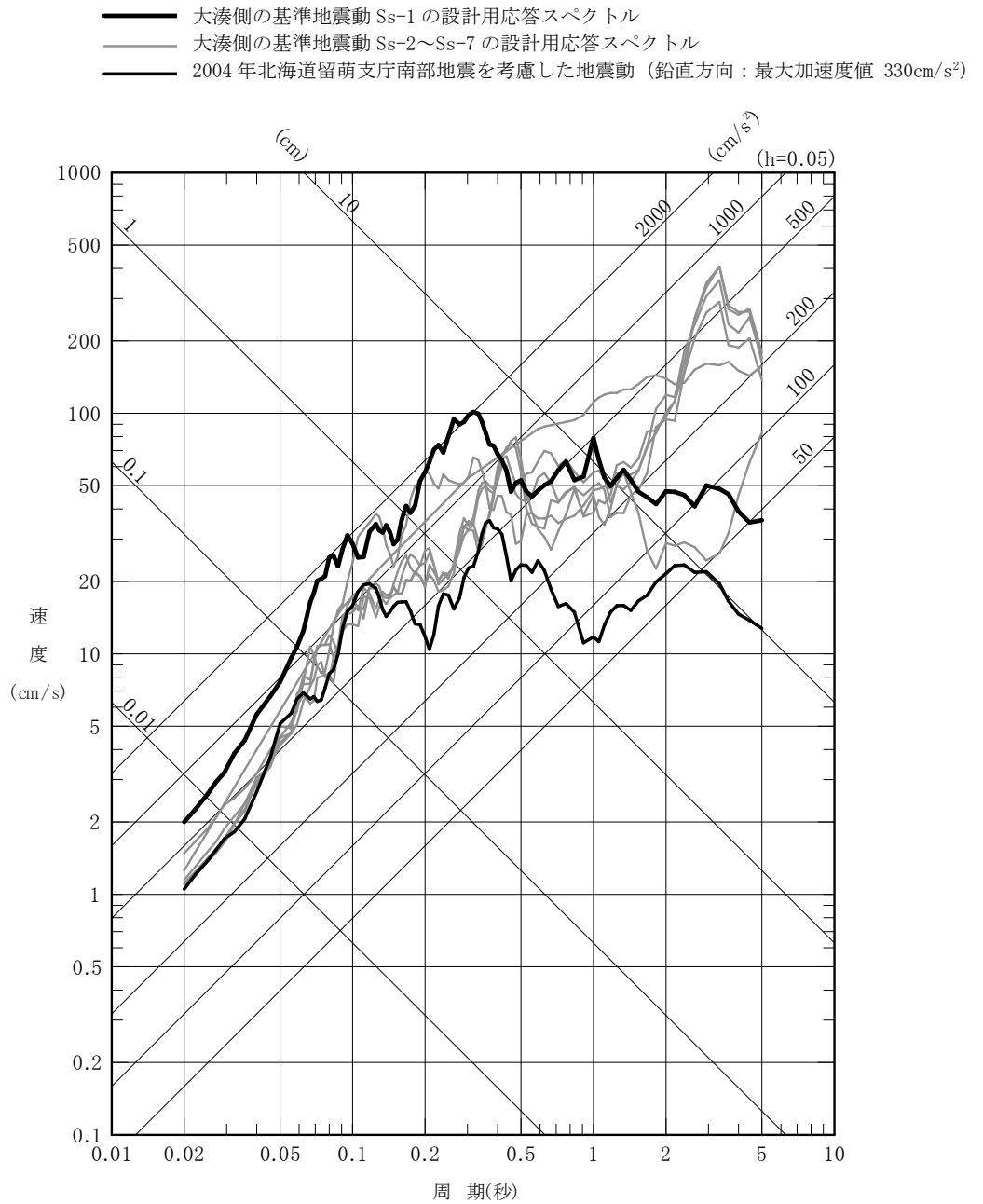


図 7-34(4) 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動と
 基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較
 （大湊側，鉛直方向）

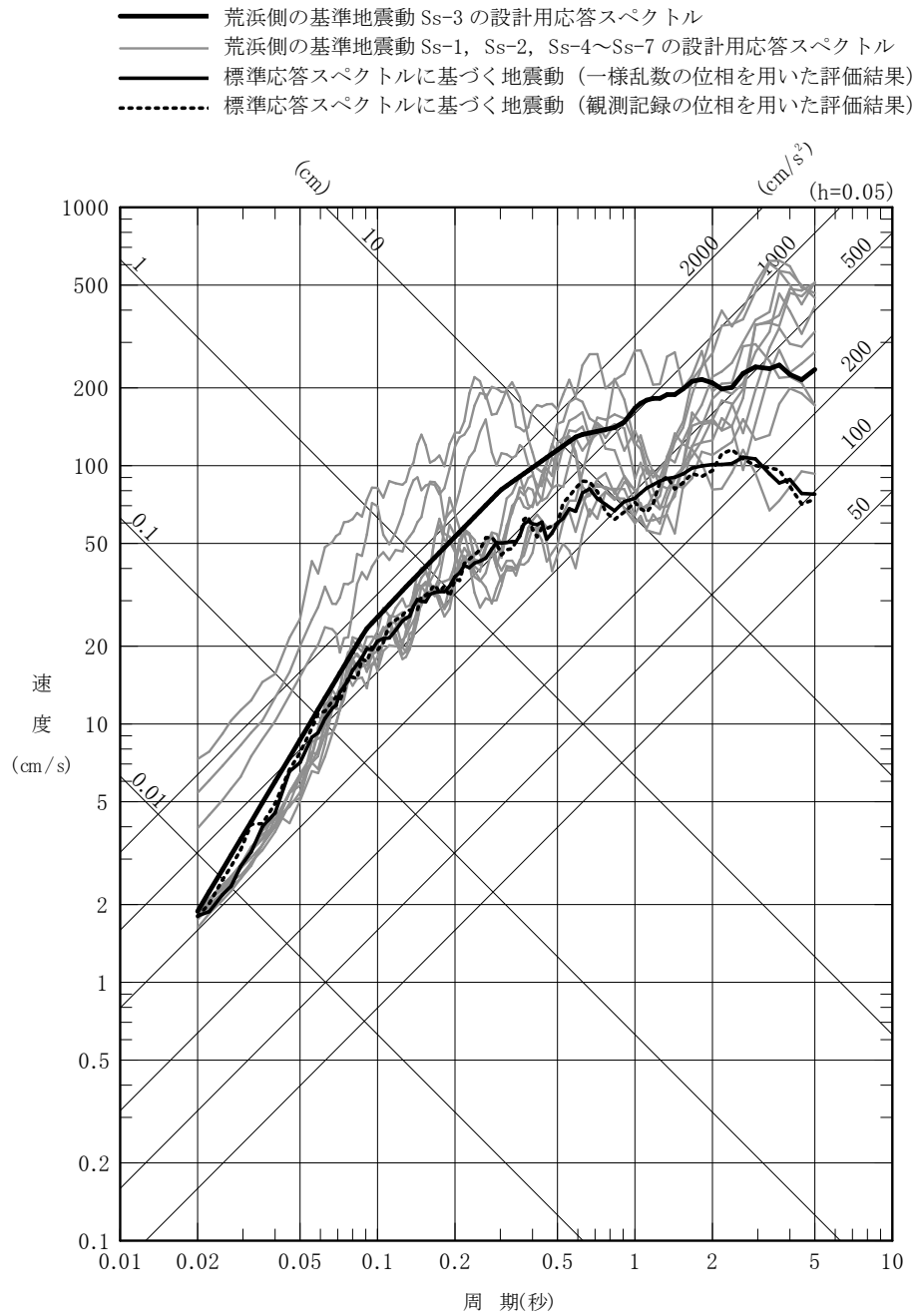


図 7-35(1) 標準応答スペクトルに基づく地震動と
基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較
(荒浜側, 水平方向)

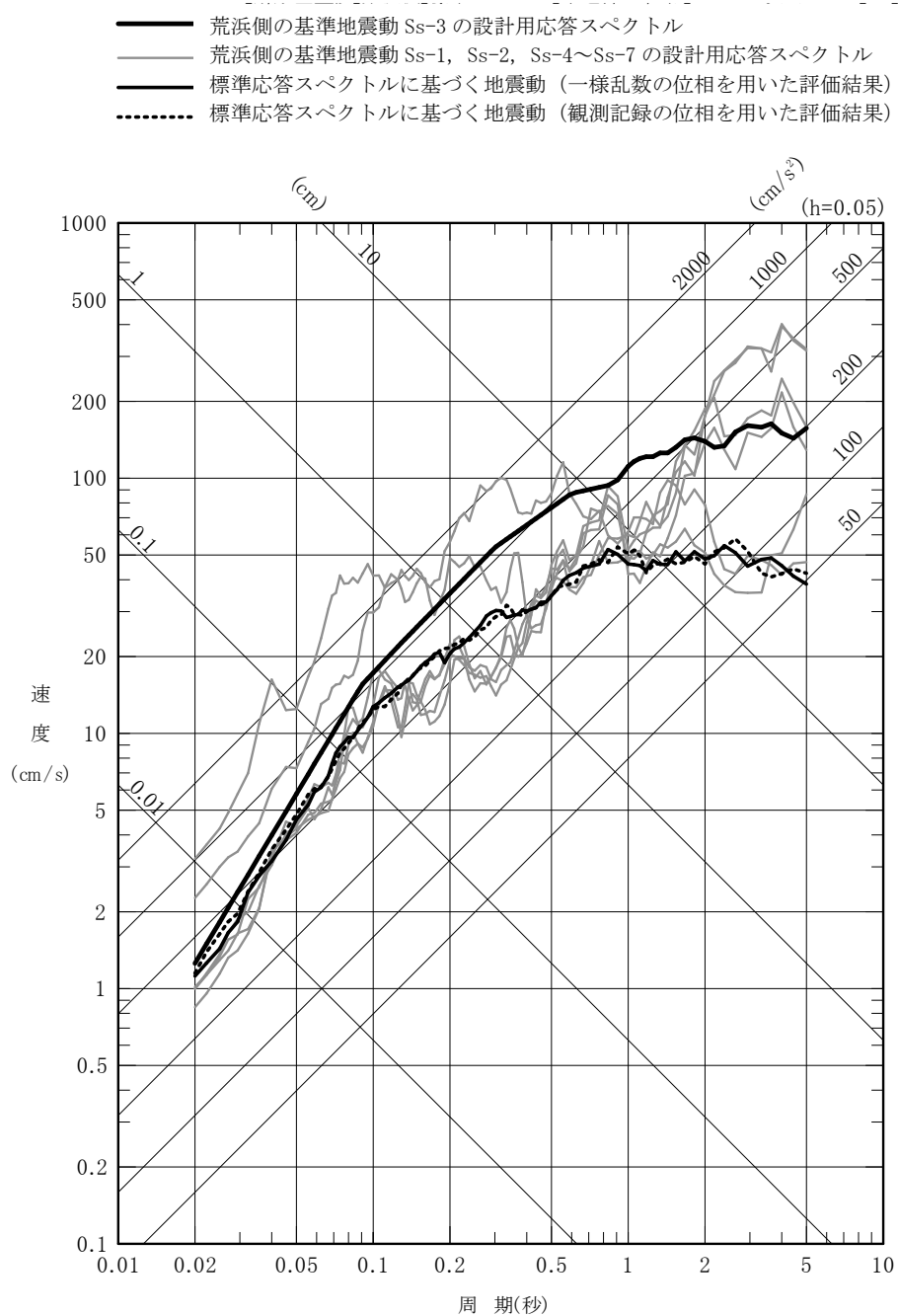


図 7-35(2) 標準応答スペクトルに基づく地震動と
 基準地震動 Ss-1~Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較
 (荒浜側, 鉛直方向)

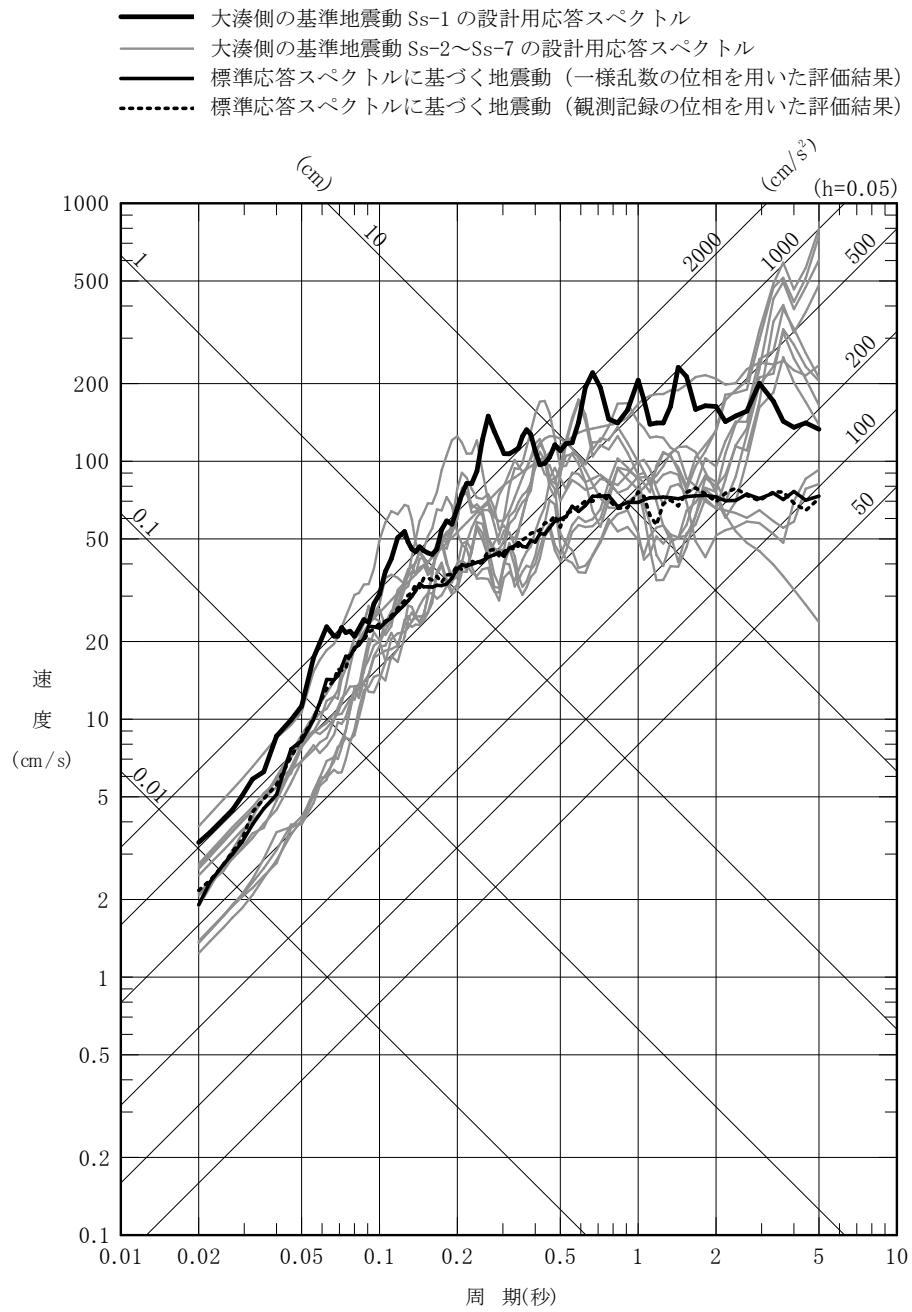


図 7-35(3) 標準応答スペクトルに基づく地震動と
 基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較
 (大湊側, 水平方向)

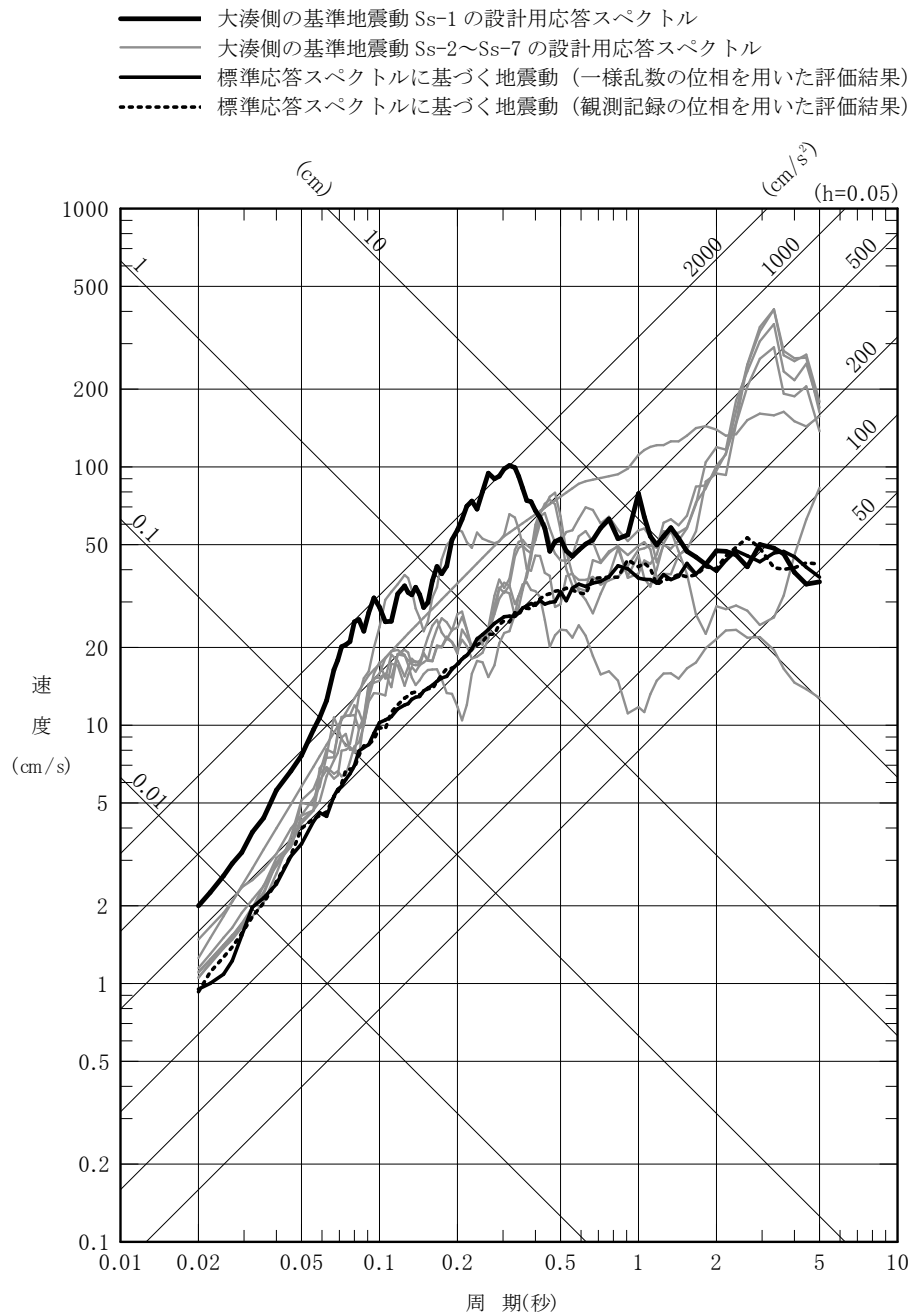
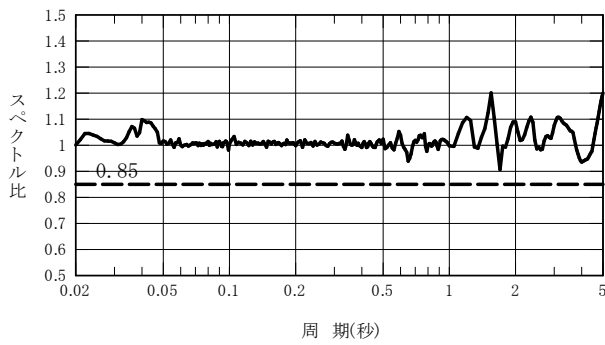
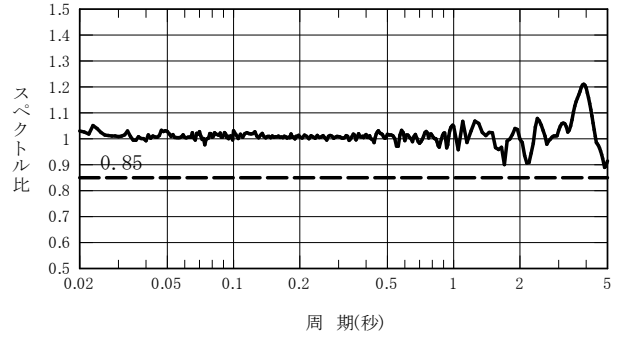


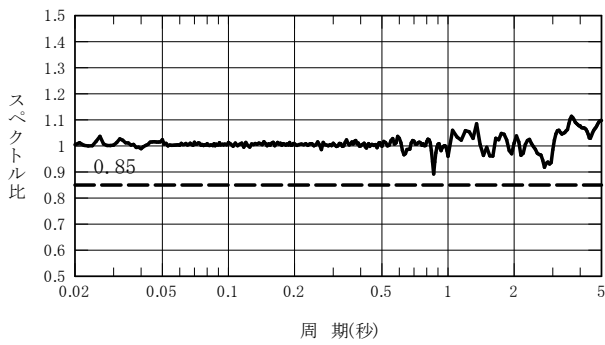
図 7-35(4) 標準応答スペクトルに基づく地震動と基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (大湊側, 鉛直方向)



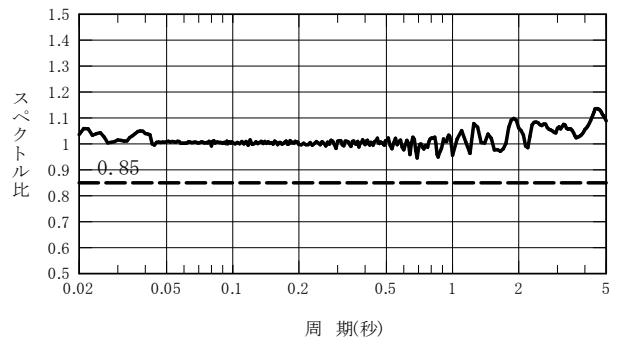
(a) Ss-1H (荒浜側)



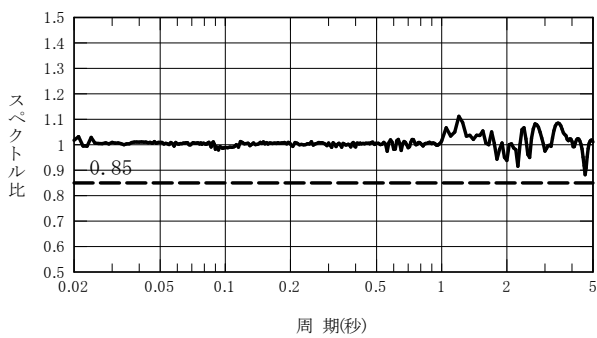
(b) Ss-1V (荒浜側)



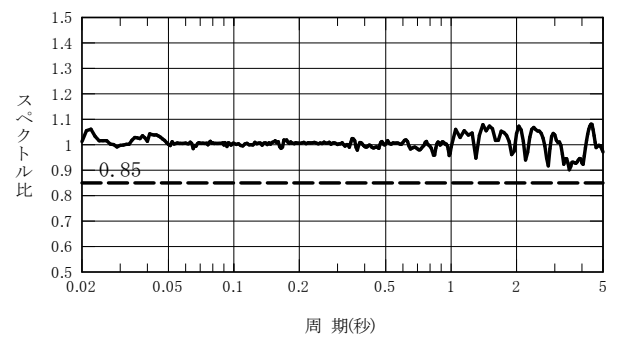
(c) Ss-1H (大湊側)



(d) Ss-1V (大湊側)

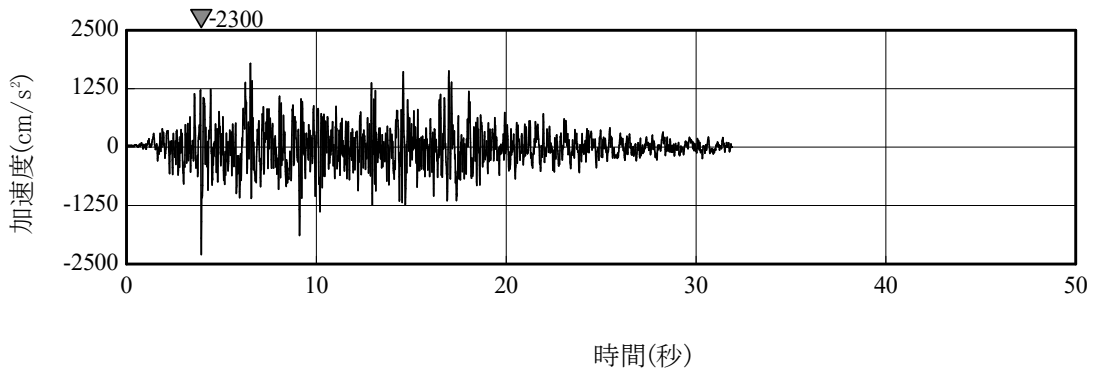


(e) Ss-3H
(共通)

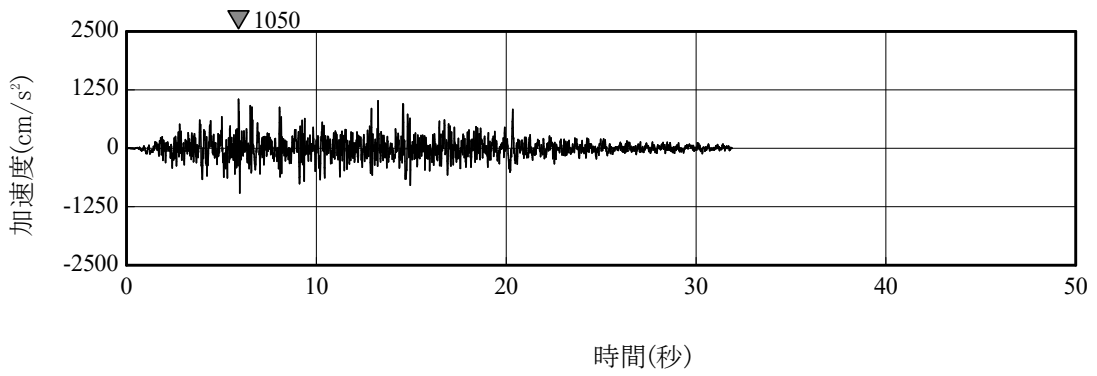


(f) Ss-3V
(共通)

図 7-36 設計用模擬地震波 Ss-1H, Ss-1V 及び Ss-3H, Ss-3V の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

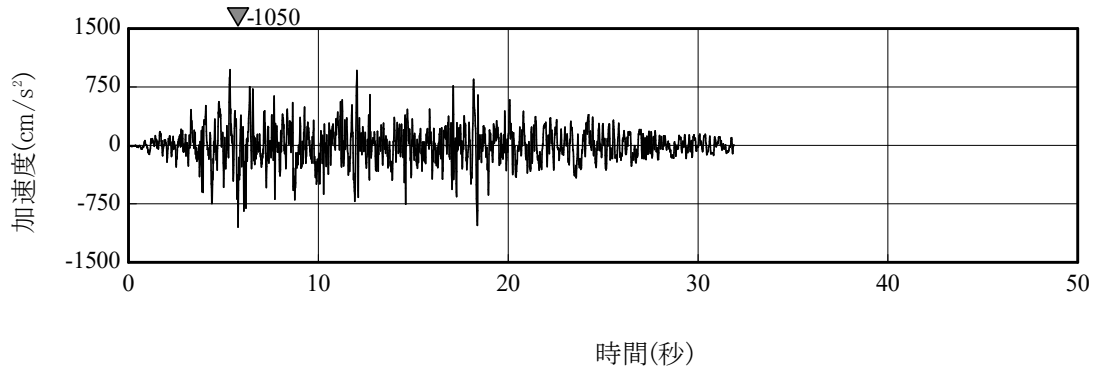


(a) Ss-1H

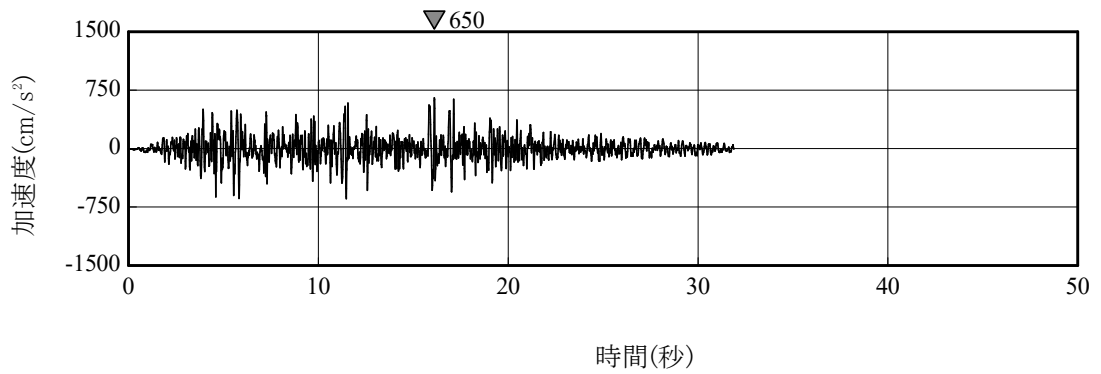


(b) Ss-1V

図 7-37(1) 設計用模擬地震波 Ss-1H, Ss-1V の
加速度時刻歴波形 (荒浜側)

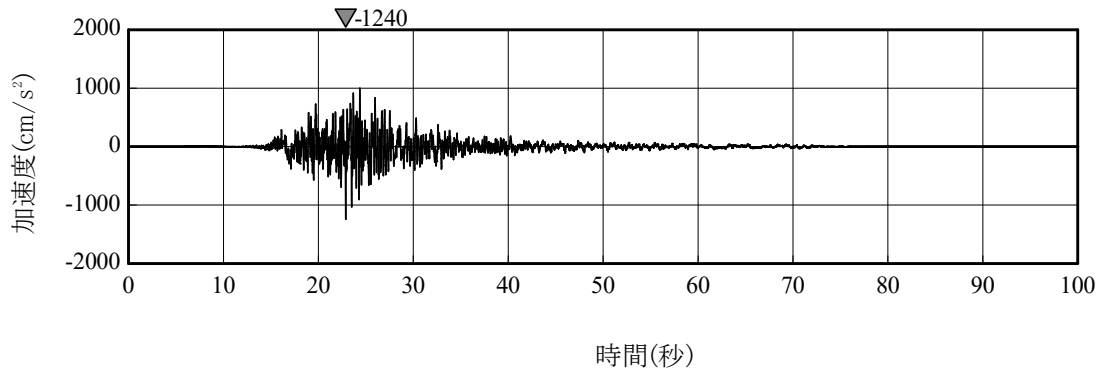


(a) Ss-1H

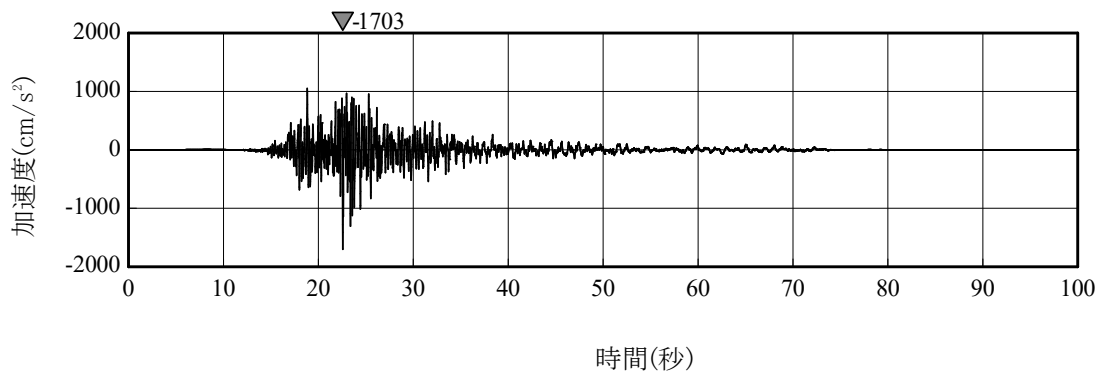


(b) Ss-1V

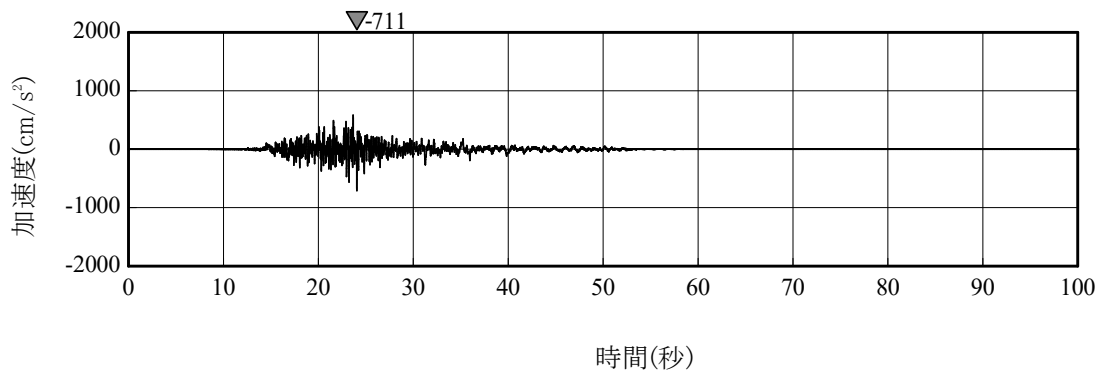
図 7-37(2) 設計用模擬地震波 Ss-1H, Ss-1V の
加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Ss-2NS

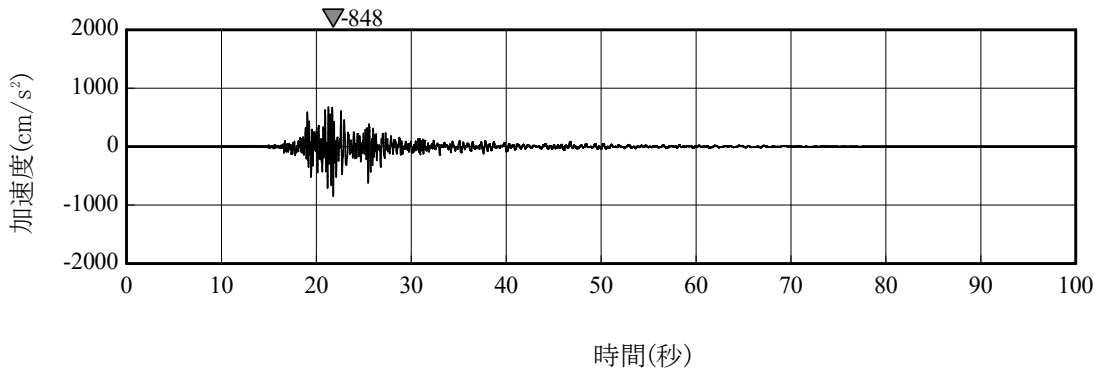


(b) Ss-2EW

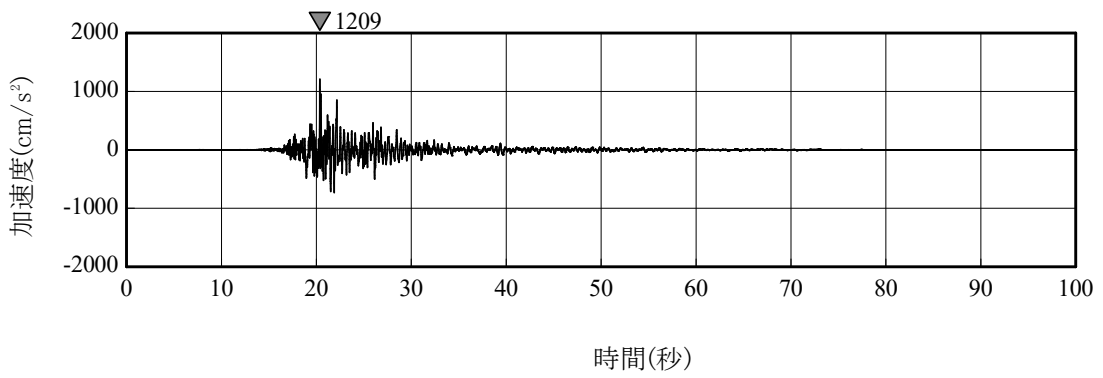


(c) Ss-2UD

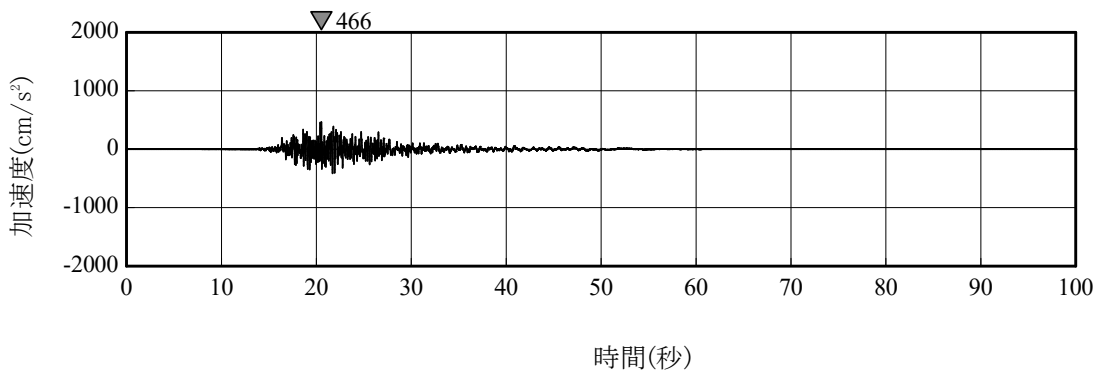
図 7-37(3) 設計用模擬地震波 Ss-2NS, Ss-2EW, Ss-2UD の
加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Ss-2NS

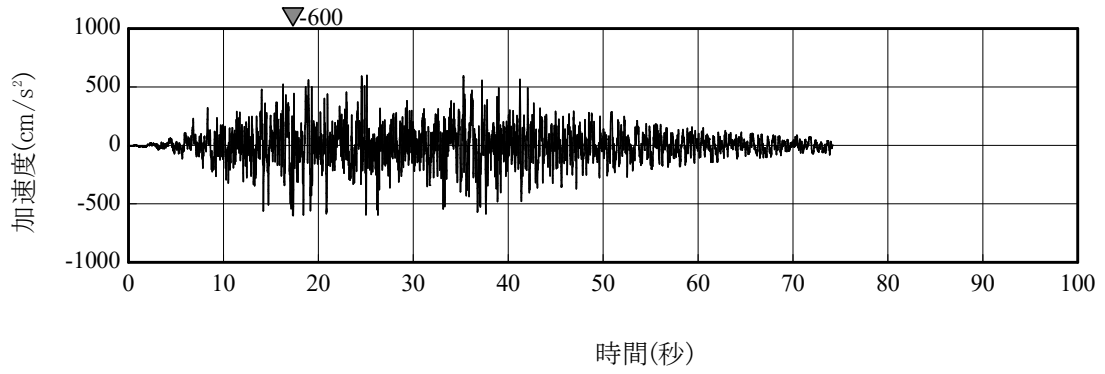


(b) Ss-2EW

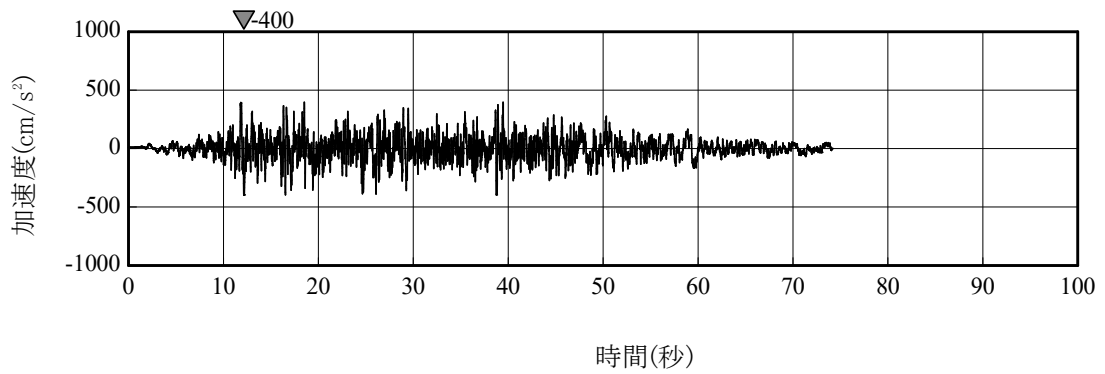


(c) Ss-2UD

図 7-37(4) 設計用模擬地震波 Ss-2NS, Ss-2EW, Ss-2UD の
加速度時刻歴波形 (大湊側)

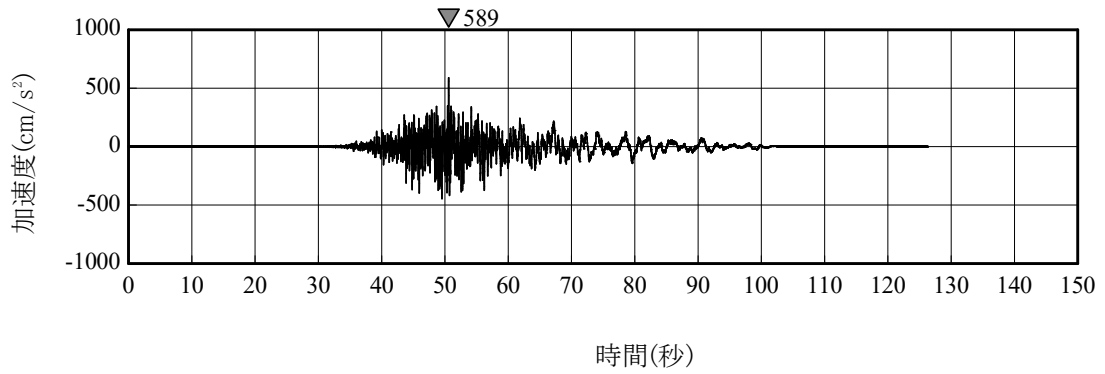


(a) Ss-3H

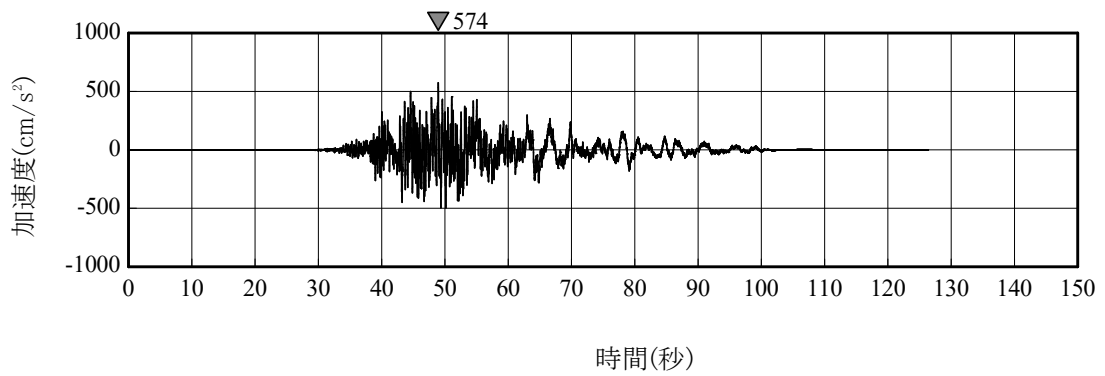


(b) Ss-3V

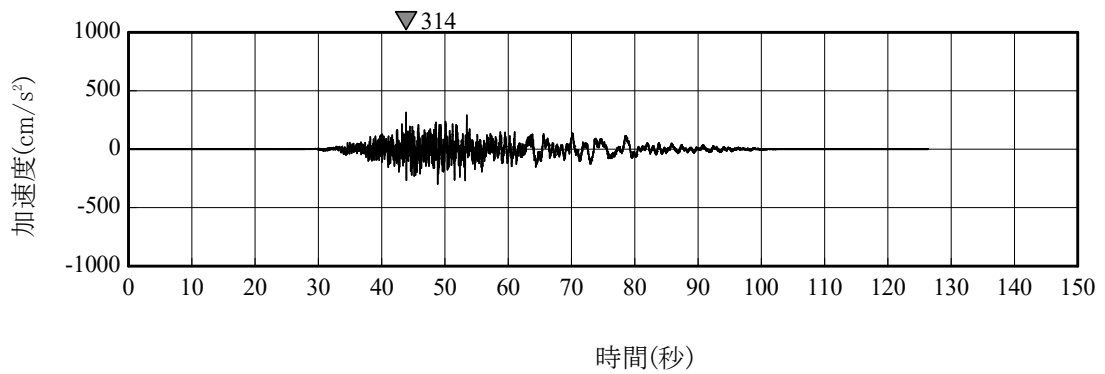
図 7-37(5) 設計用模擬地震波 Ss-3H, Ss-3V の加速度時刻歴波形
(荒浜側と大湊側で共通)



(a) Ss-4NS

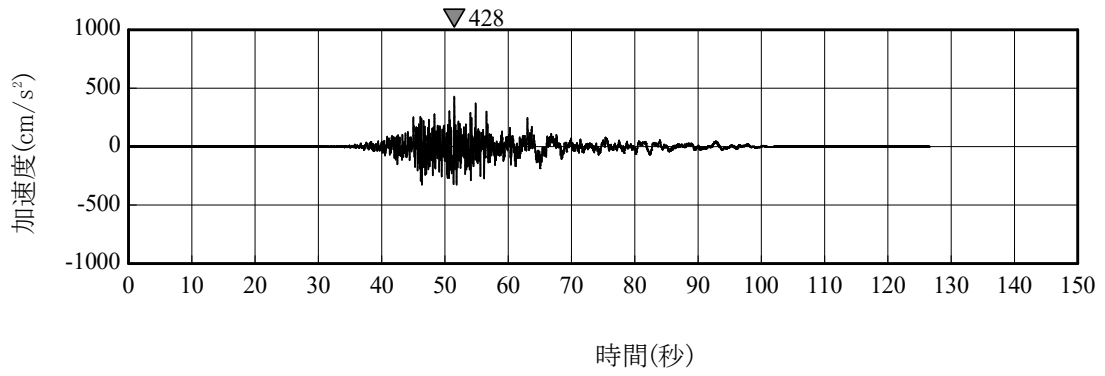


(b) Ss-4EW

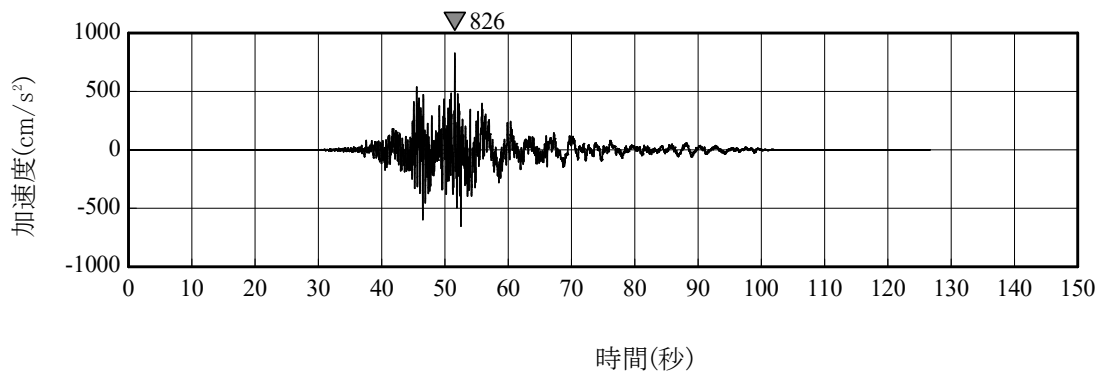


(c) Ss-4UD

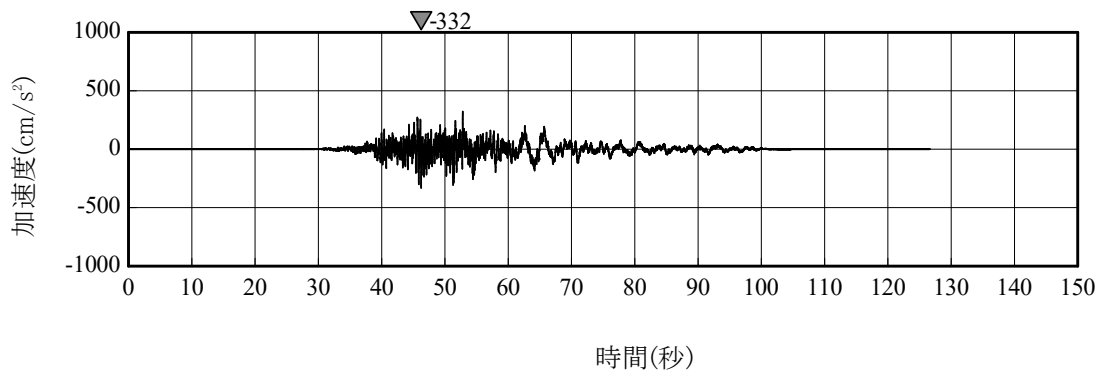
図 7-37(6) 設計用模擬地震波 Ss-4NS, Ss-4EW, Ss-4UD の
加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Ss-4NS

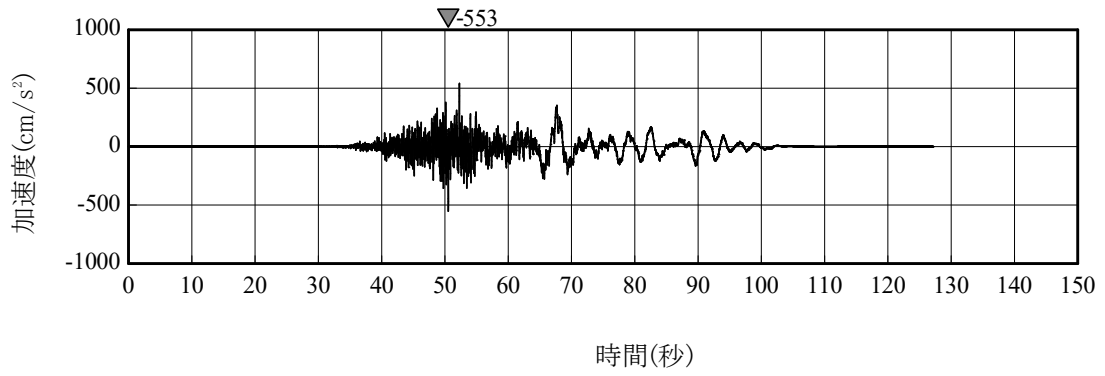


(b) Ss-4EW

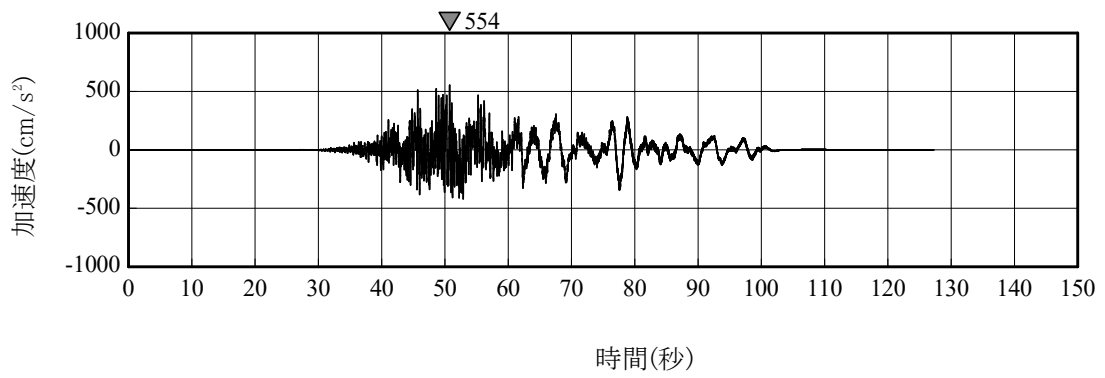


(c) Ss-4UD

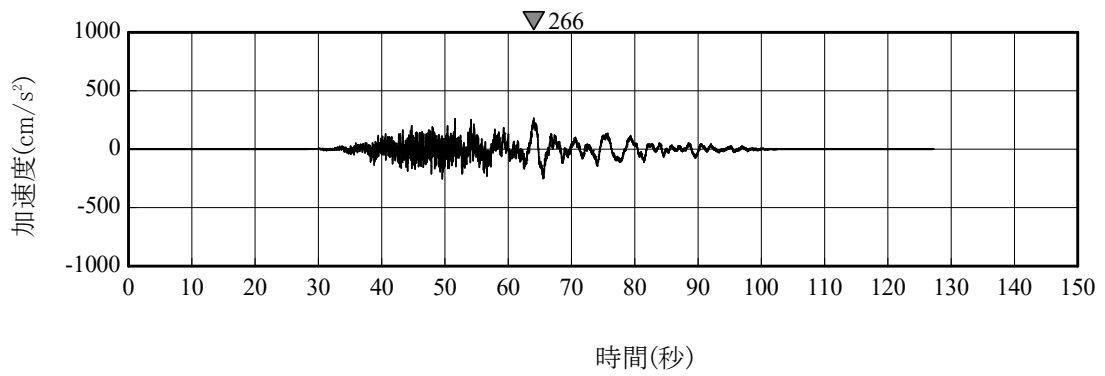
図 7-37(7) 設計用模擬地震波 Ss-4NS, Ss-4EW, Ss-4UD の
加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Ss-5NS

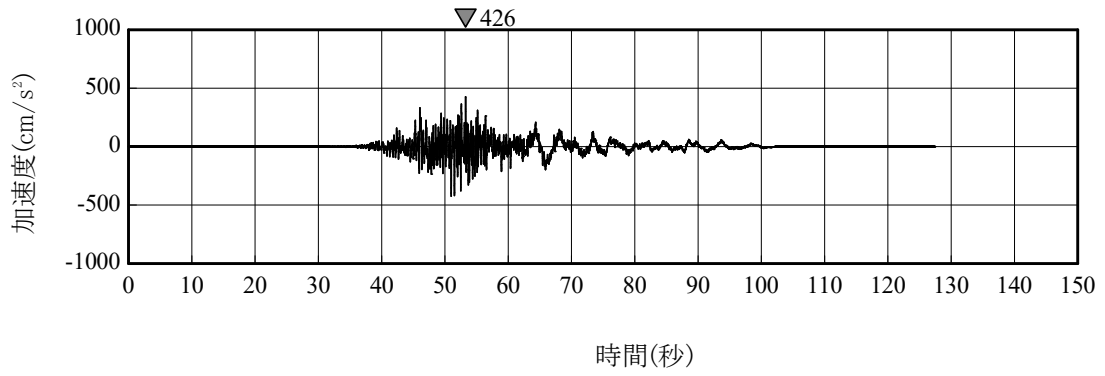


(b) Ss-5EW

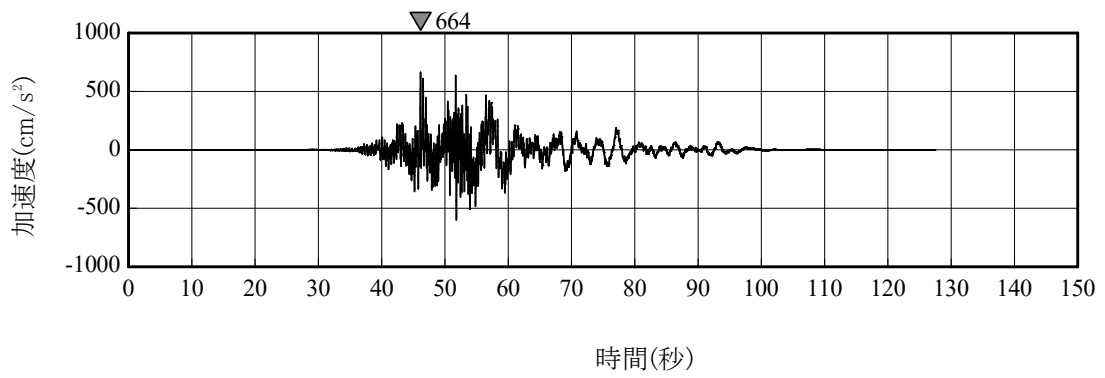


(c) Ss-5UD

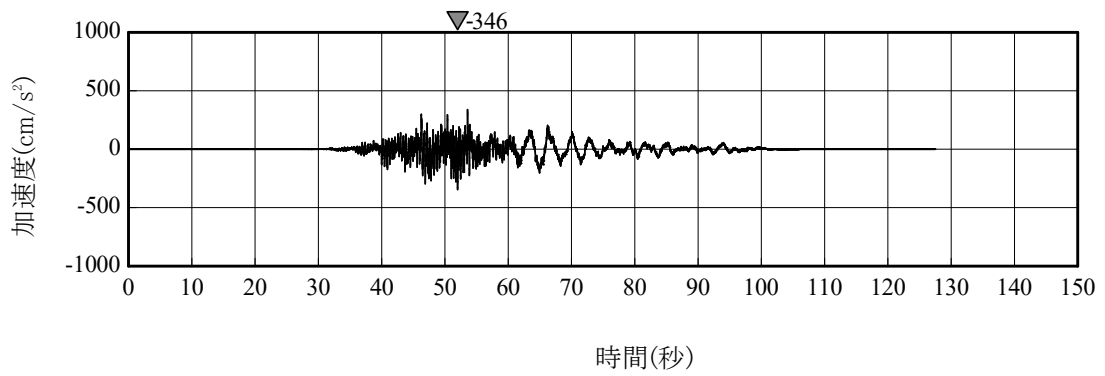
図 7-37(8) 設計用模擬地震波 Ss-5NS, Ss-5EW, Ss-5UD の
加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Ss-5NS

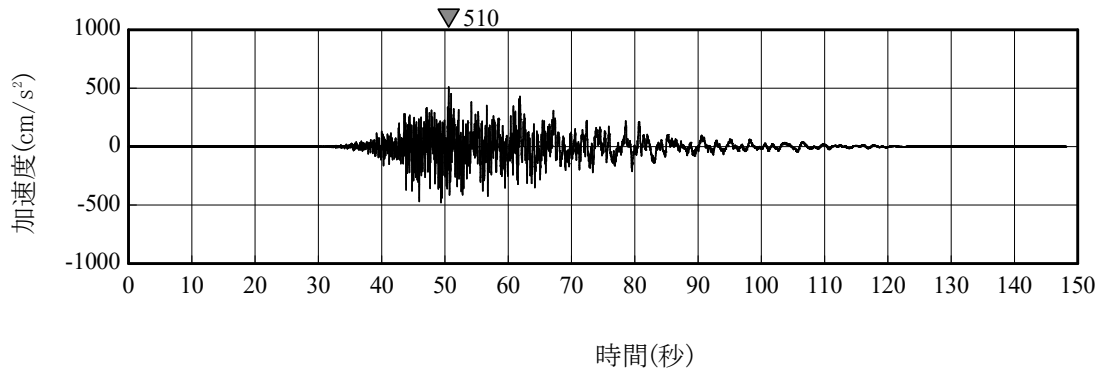


(b) Ss-5EW

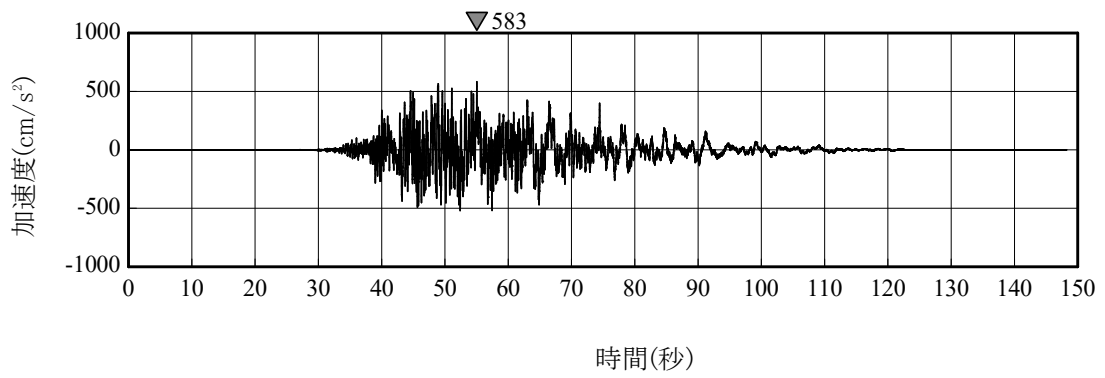


(c) Ss-5UD

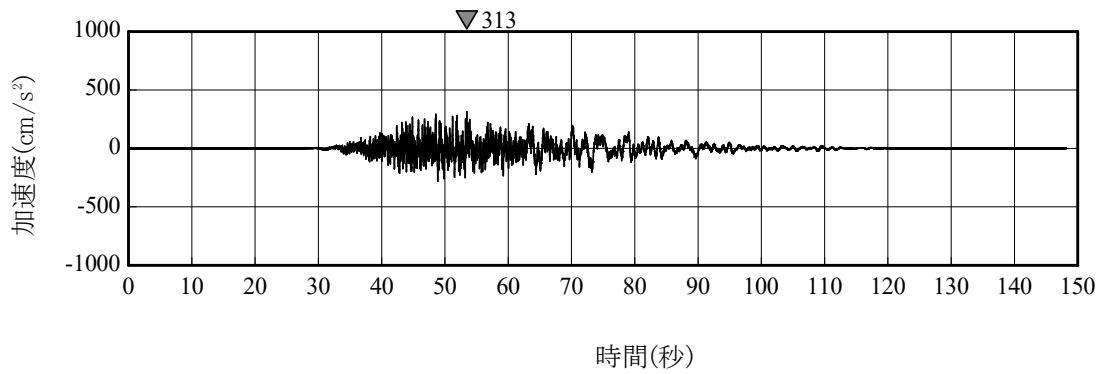
図 7-37(9) 設計用模擬地震波 Ss-5NS, Ss-5EW, Ss-5UD の
加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Ss-6NS

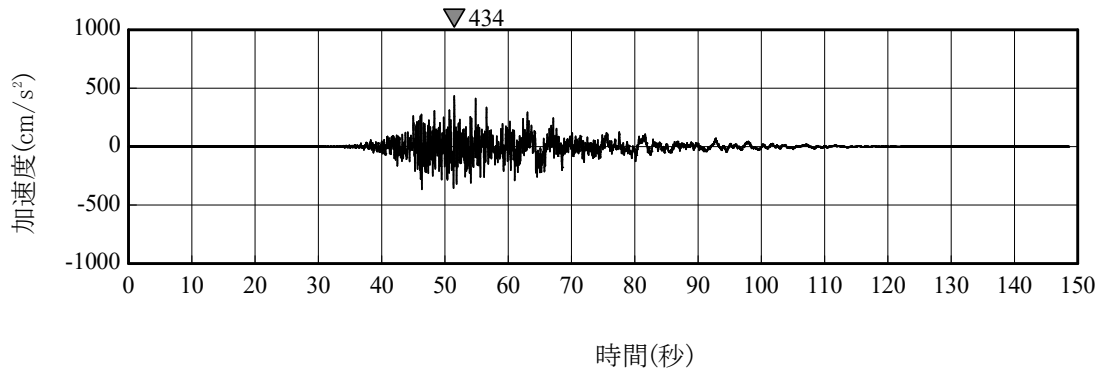


(b) Ss-6EW

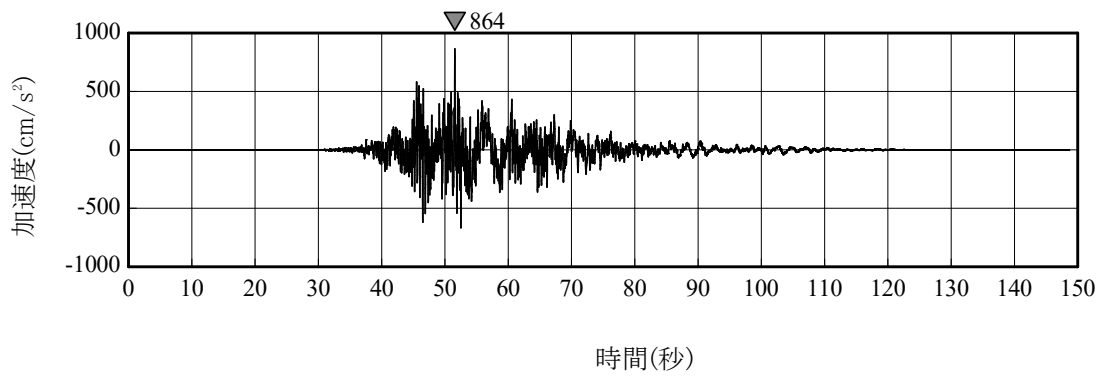


(c) Ss-6UD

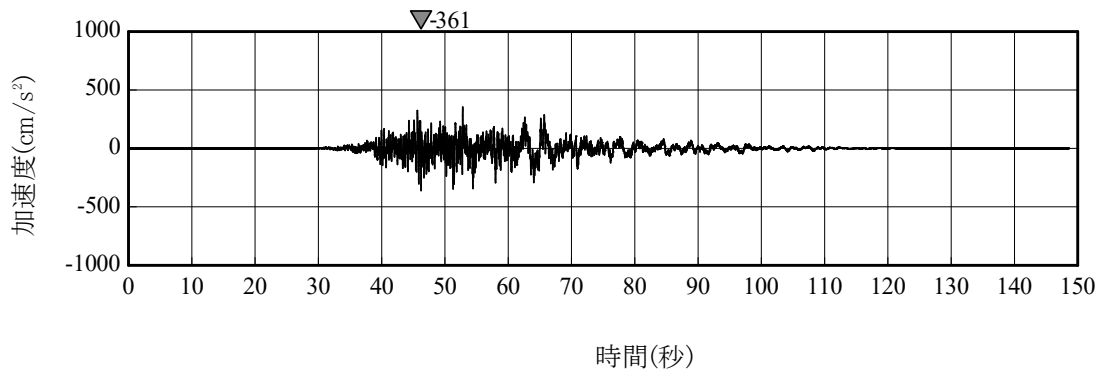
図 7-37(10) 設計用模擬地震波 Ss-6NS, Ss-6EW, Ss-6UD の
加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Ss-6NS

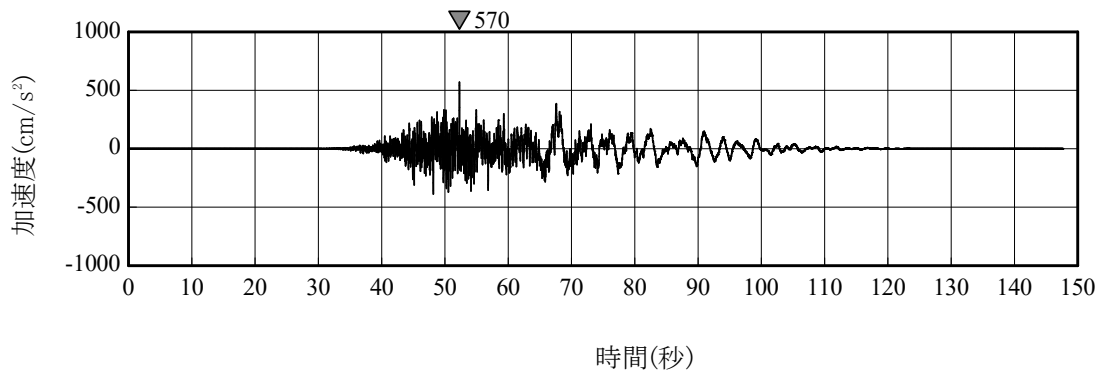


(b) Ss-6EW

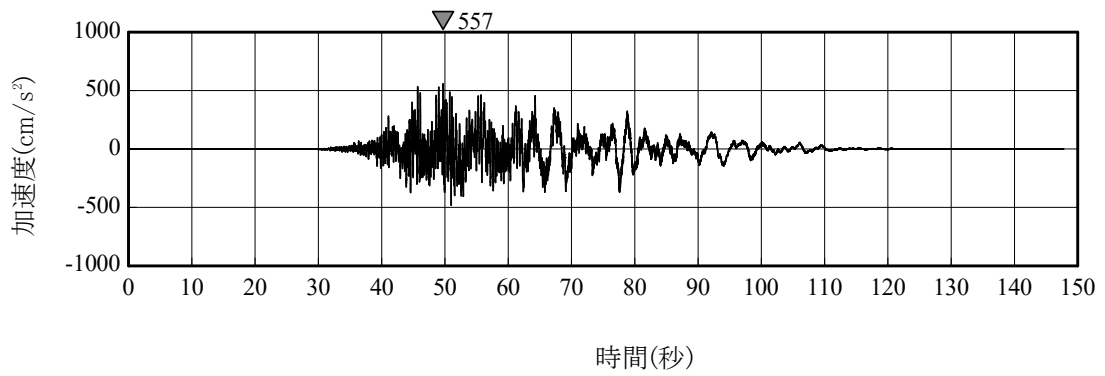


(c) Ss-6UD

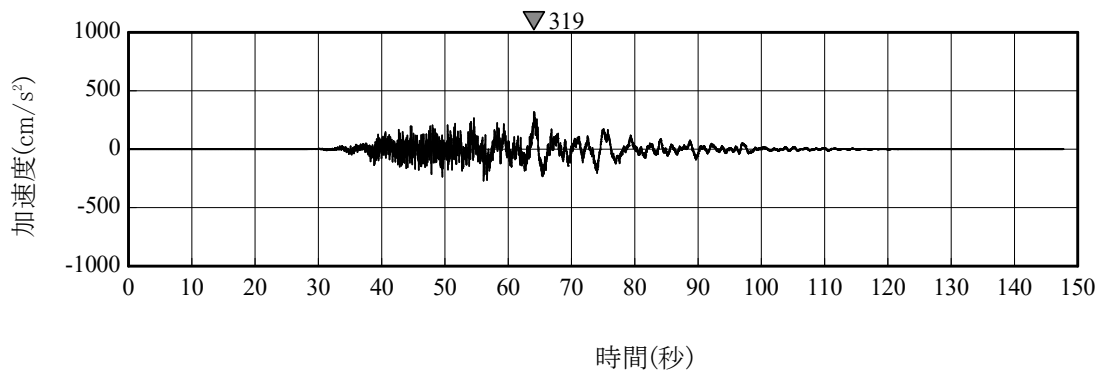
図 7-37(11) 設計用模擬地震波 Ss-6NS, Ss-6EW, Ss-6UD の
加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Ss-7NS

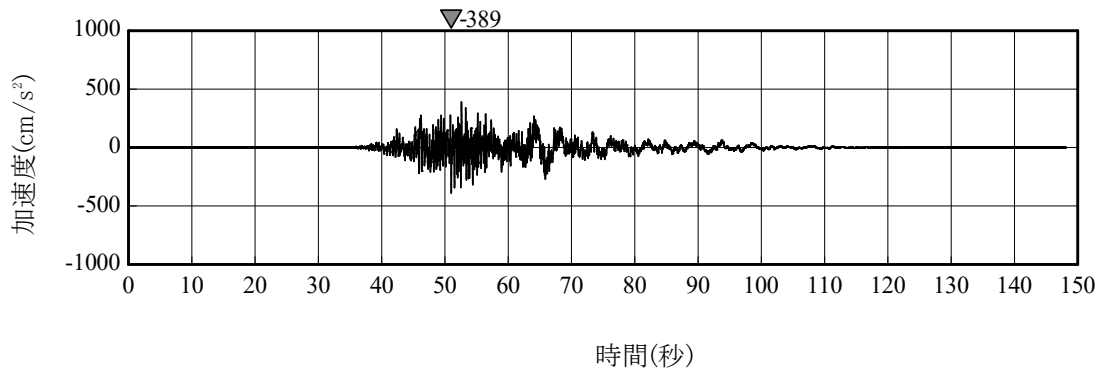


(b) Ss-7EW

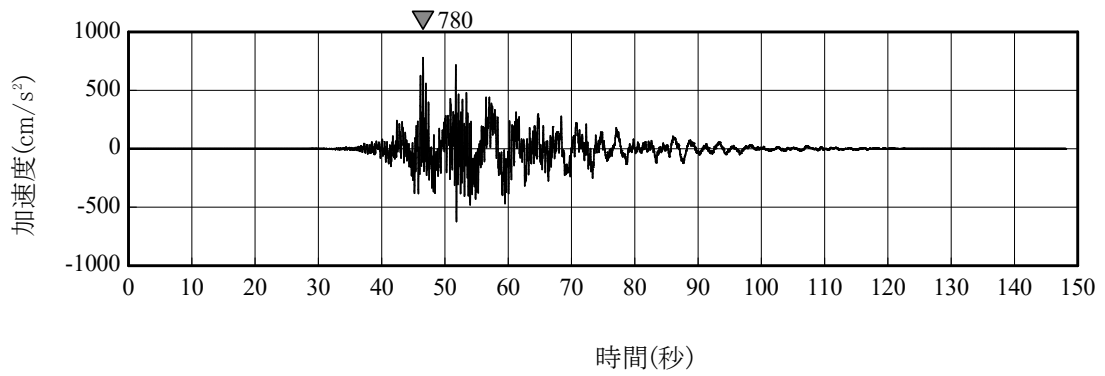


(c) Ss-7UD

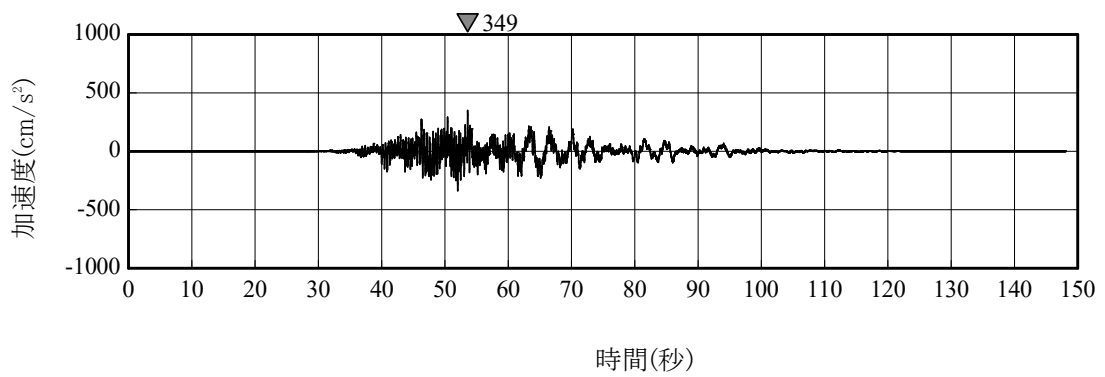
図 7-37 (12) 設計用模擬地震波 Ss-7NS, Ss-7EW, Ss-7UD の
加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Ss-7NS

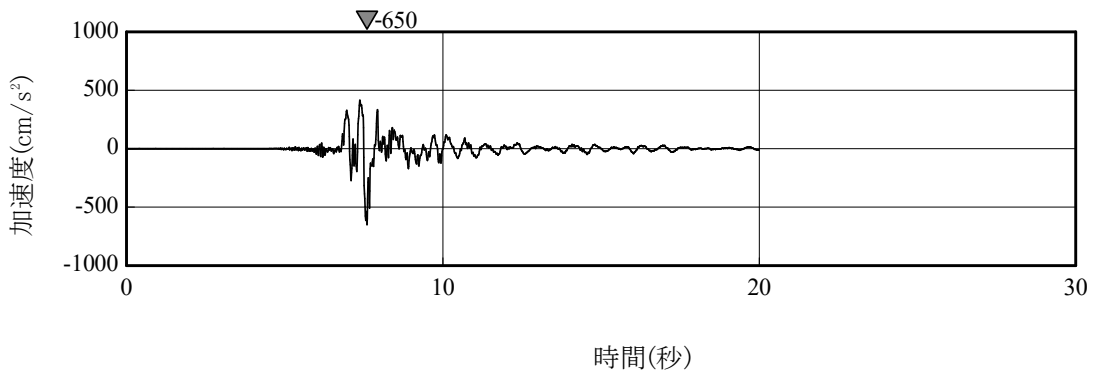


(b) Ss-7EW

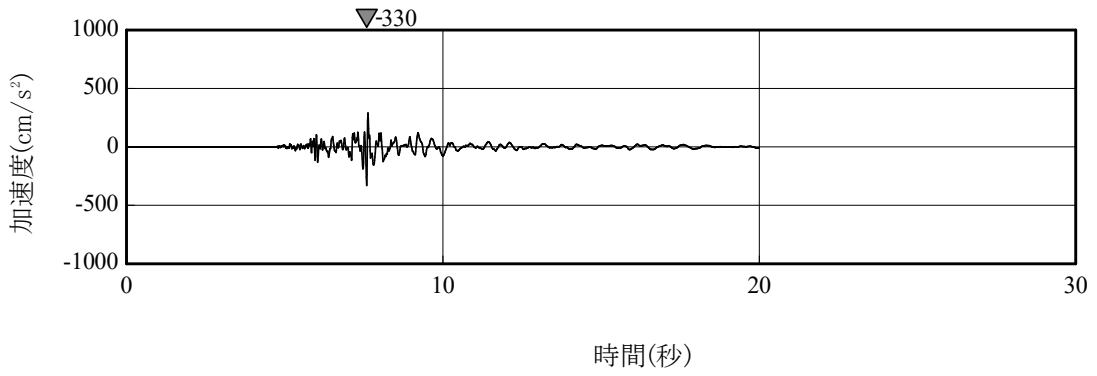


(c) Ss-7UD

図 7-37 (13) 設計用模擬地震波 Ss-7NS, Ss-7EW, Ss-7UD の
加速度時刻歴波形 (大湊側)

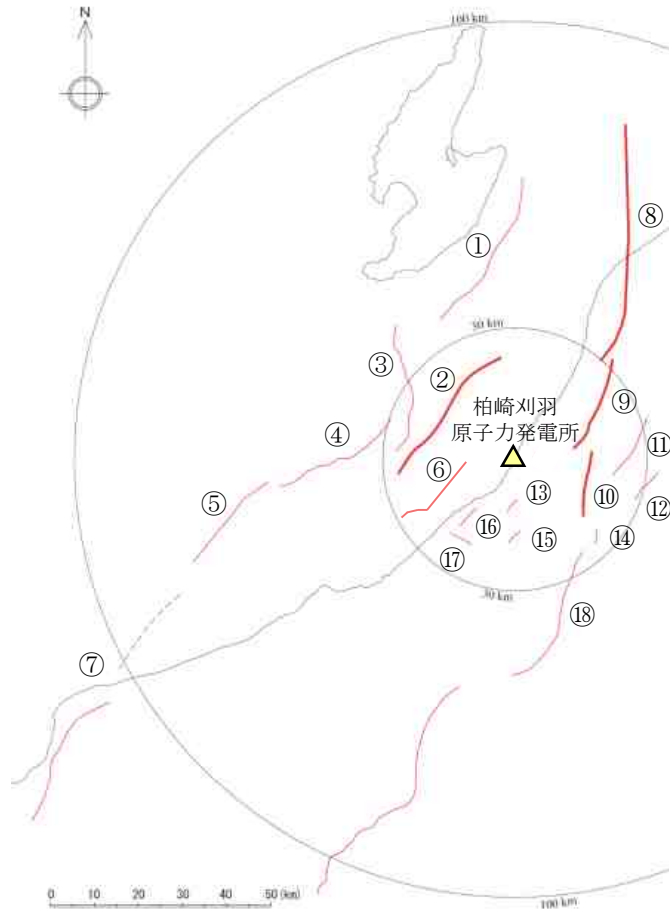


(a) Ss-8H

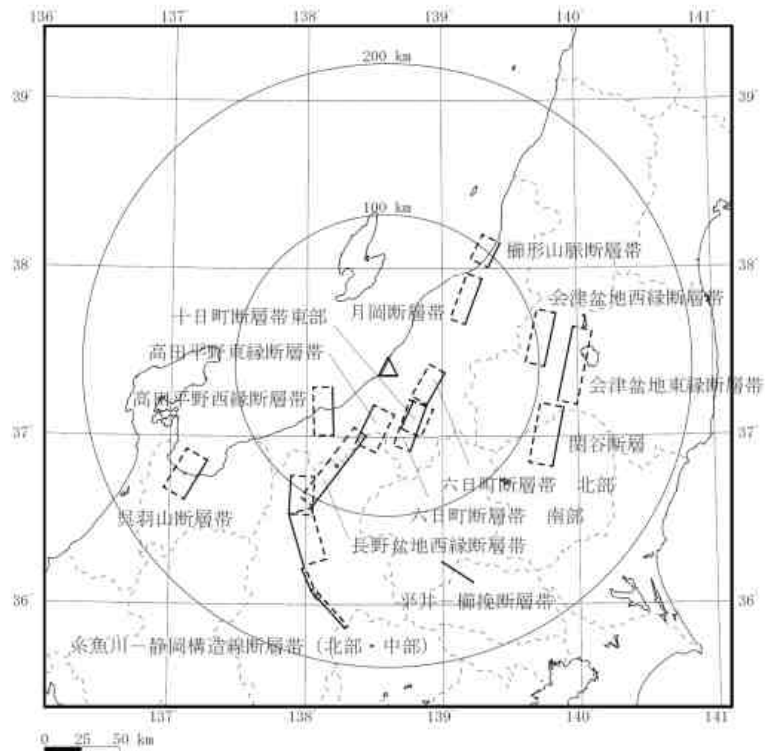


(b) Ss-8V

図 7-37(14) 設計用模擬地震波 Ss-8H, Ss-8V の
加速度時刻歴波形 (大湊側)

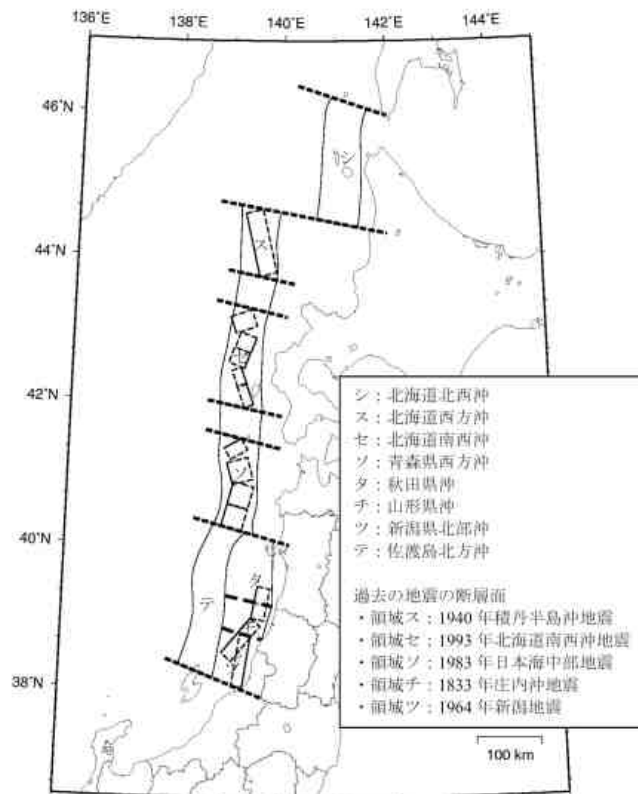


(a) 敷地周辺の主な活断層（地質調査結果に基づく）

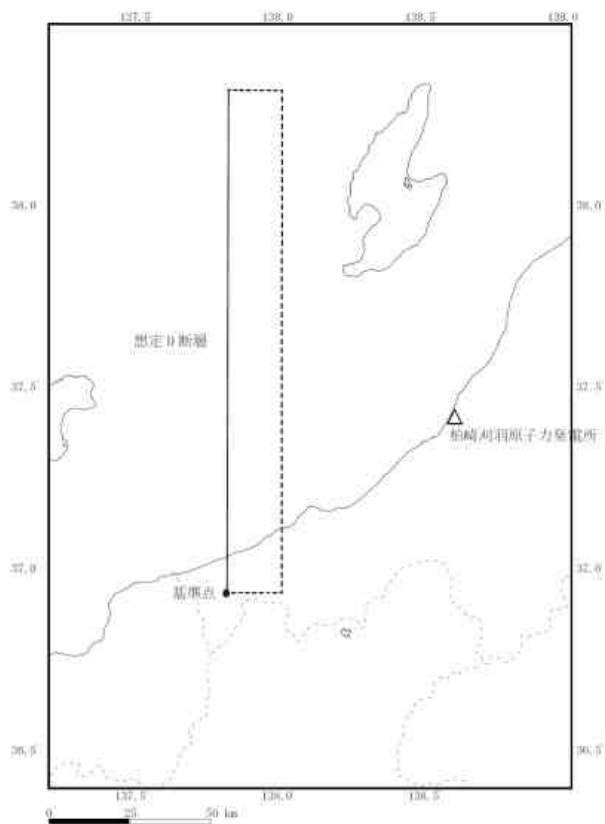


(b) 敷地周辺の主な活断層（地震調査研究推進本部(2012)⁽⁴⁶⁾に基づく）

図7-38(1) 一様ハザードスペクトルの作成に際して考慮した震源モデル
(特定震源モデル)



(c) 日本海東縁部の特定震源



(d) 津波評価において考慮している特定震源

図 7-38(2) 一様ハザードスペクトルの作成に際して考慮した震源モデル (特定震源モデル)

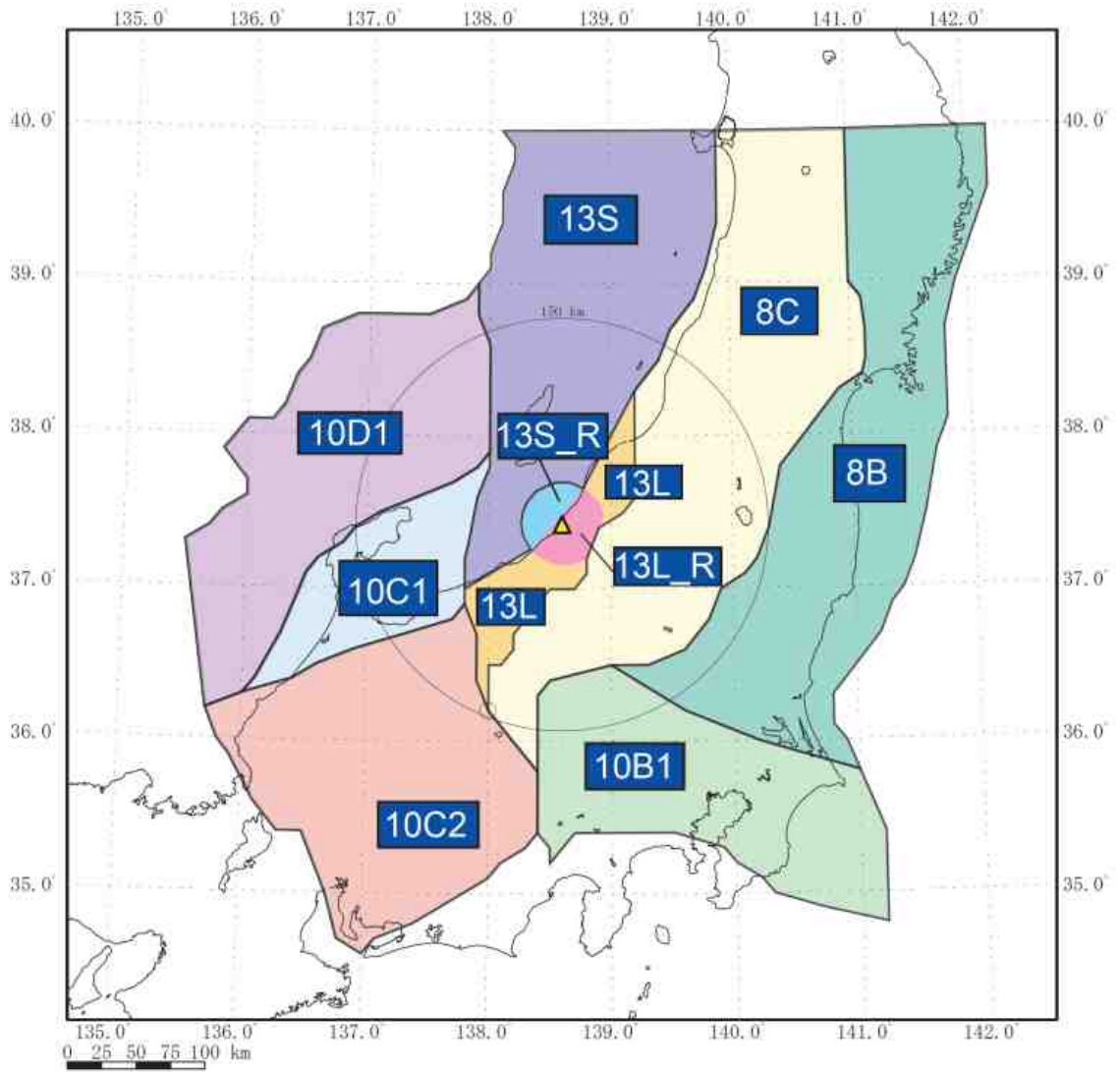


図7-38(3) 一様ハザードスペクトルの作成に際して考慮した震源モデル
(領域震源モデル)

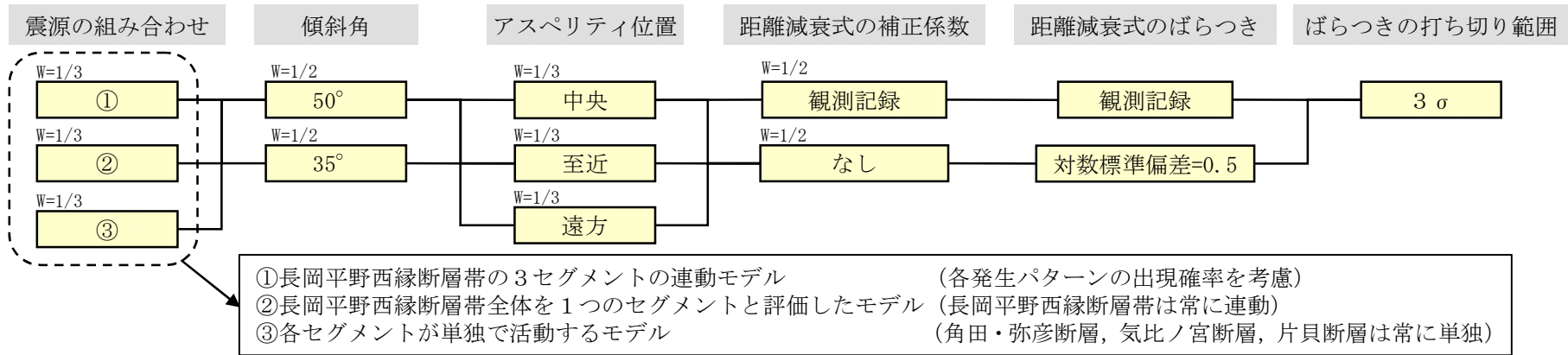


図7-39(1) 陸域の主要な活断層のロジックツリー

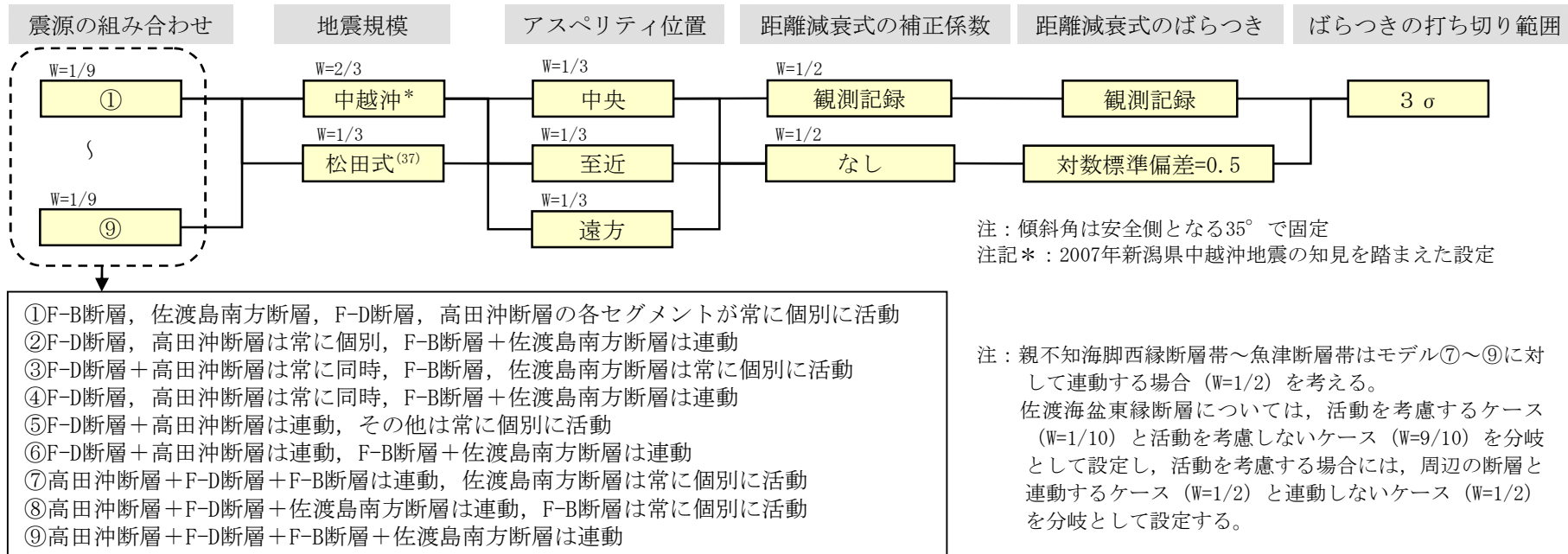


図7-39(2) 海域の主要な活断層のロジックツリー

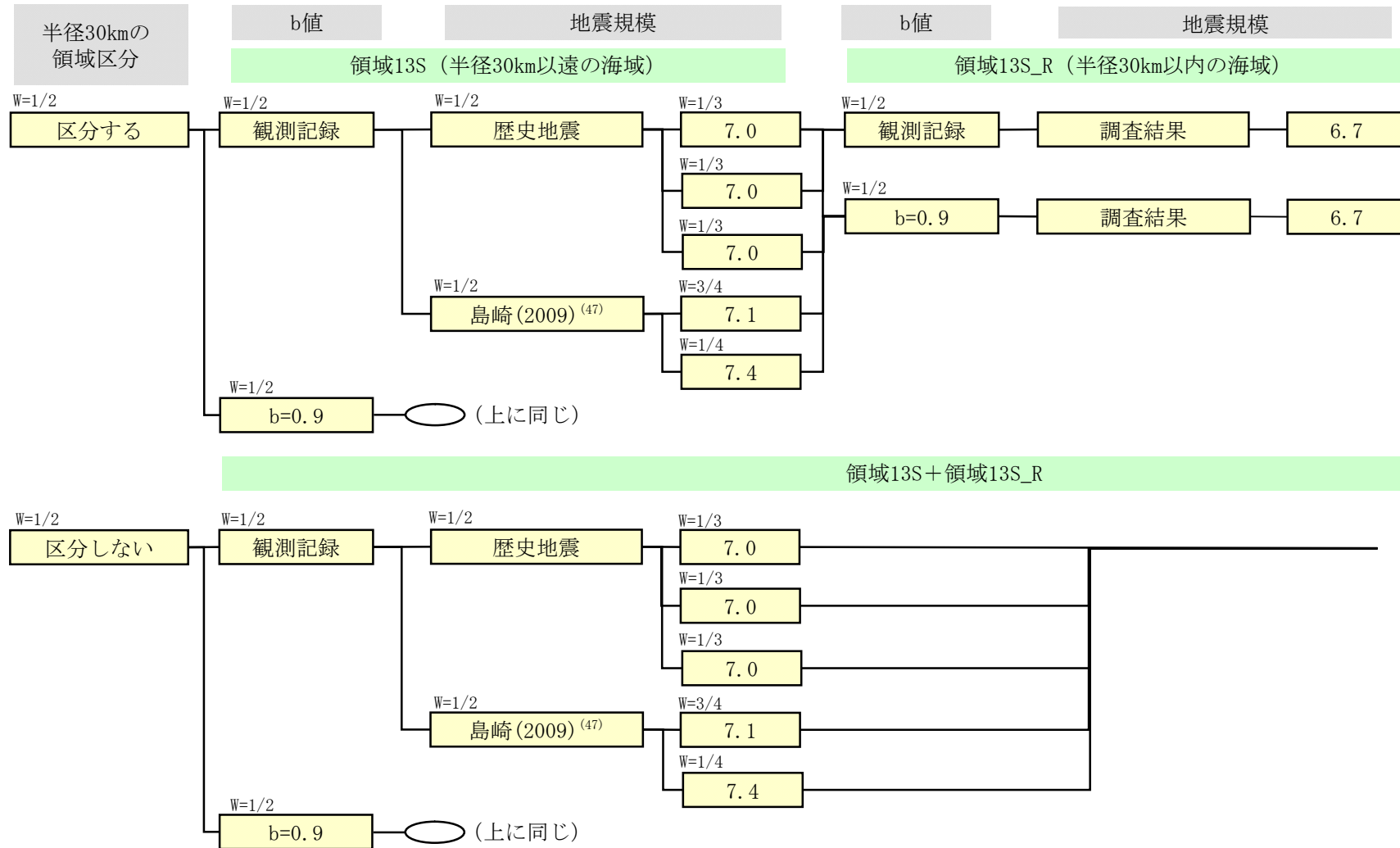


図7-39(3) 敷地周辺の領域震源のロジックツリー

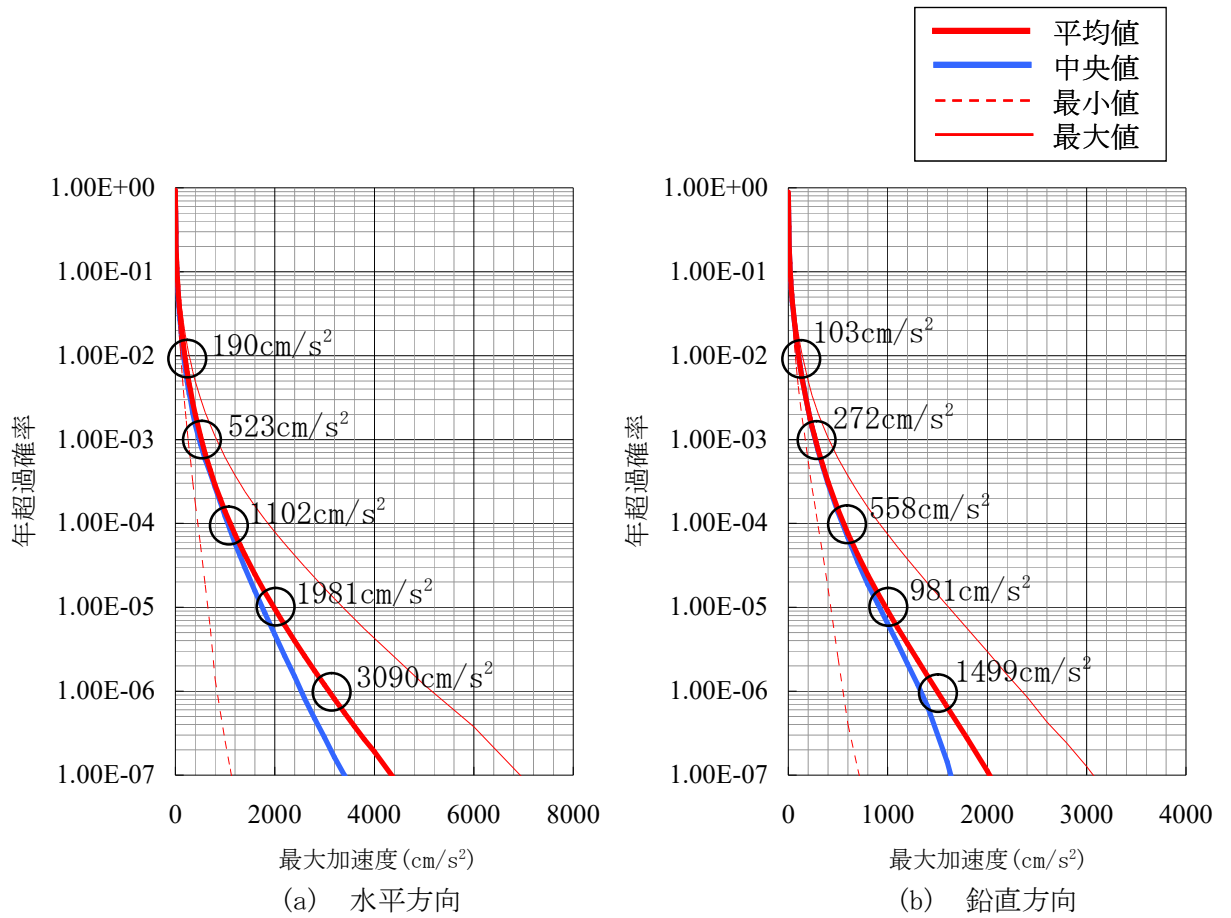


図7-40(1) 平均ハザード曲線
(周期 0.02 秒, 荒浜側)

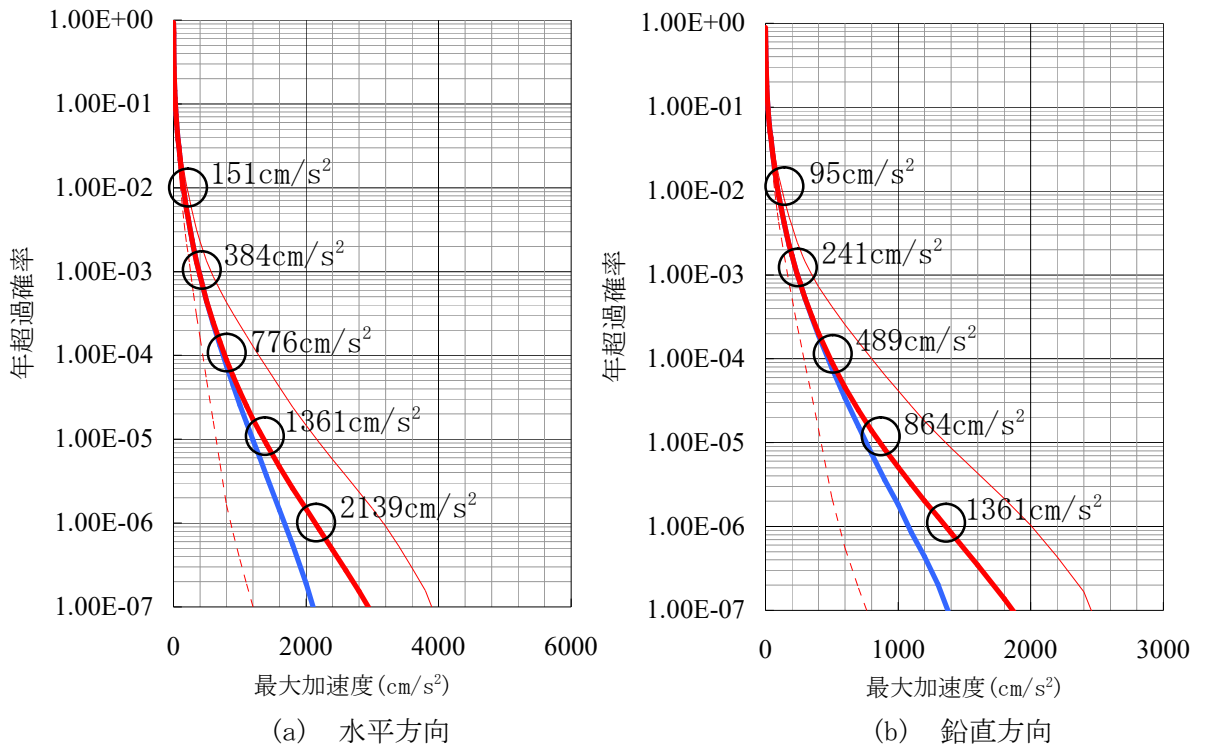


図7-40(2) 平均ハザード曲線
(周期 0.02 秒, 大湊側)

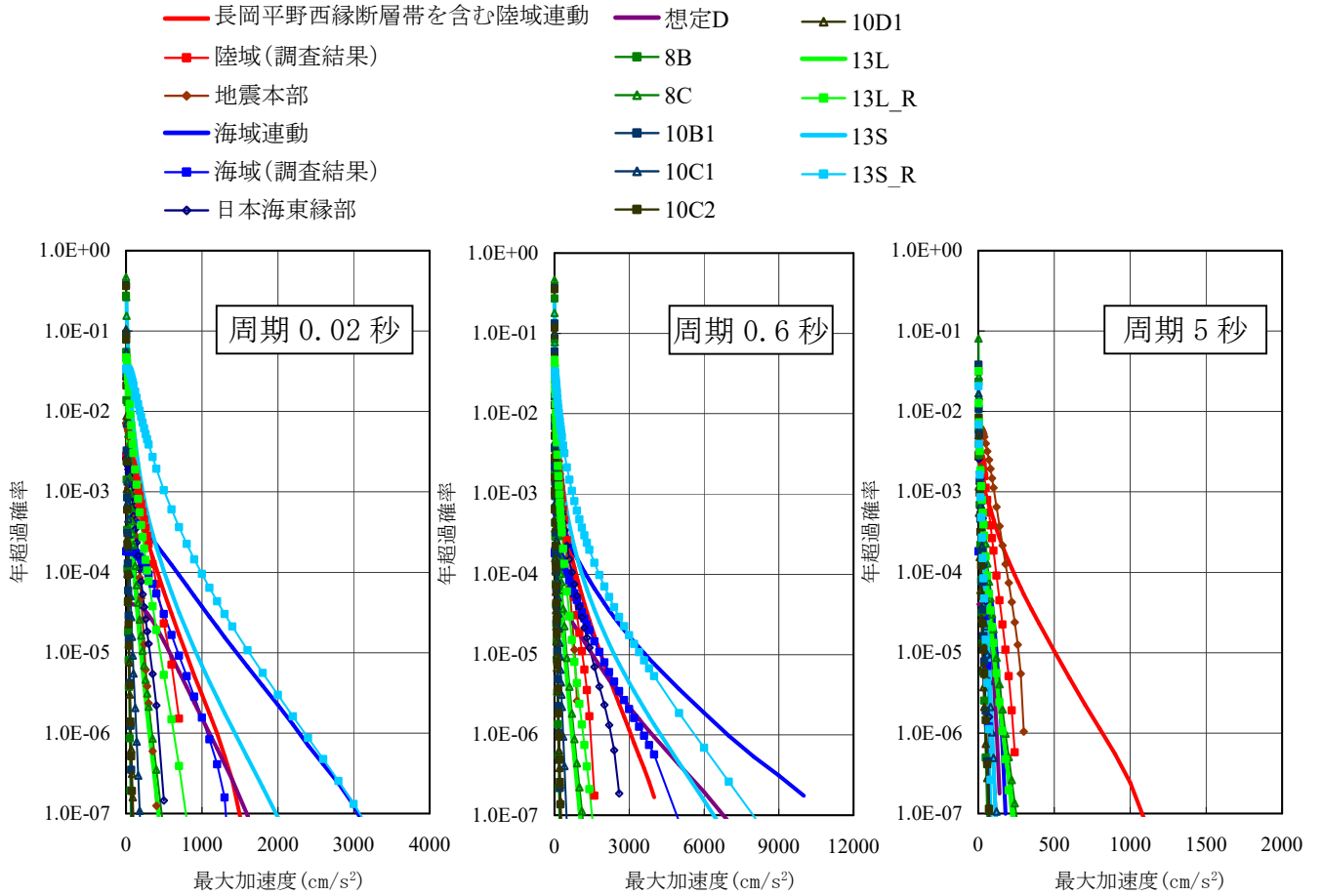


図 7-41 (1) 地震ごとのハザード曲線
(荒浜側 水平方向)

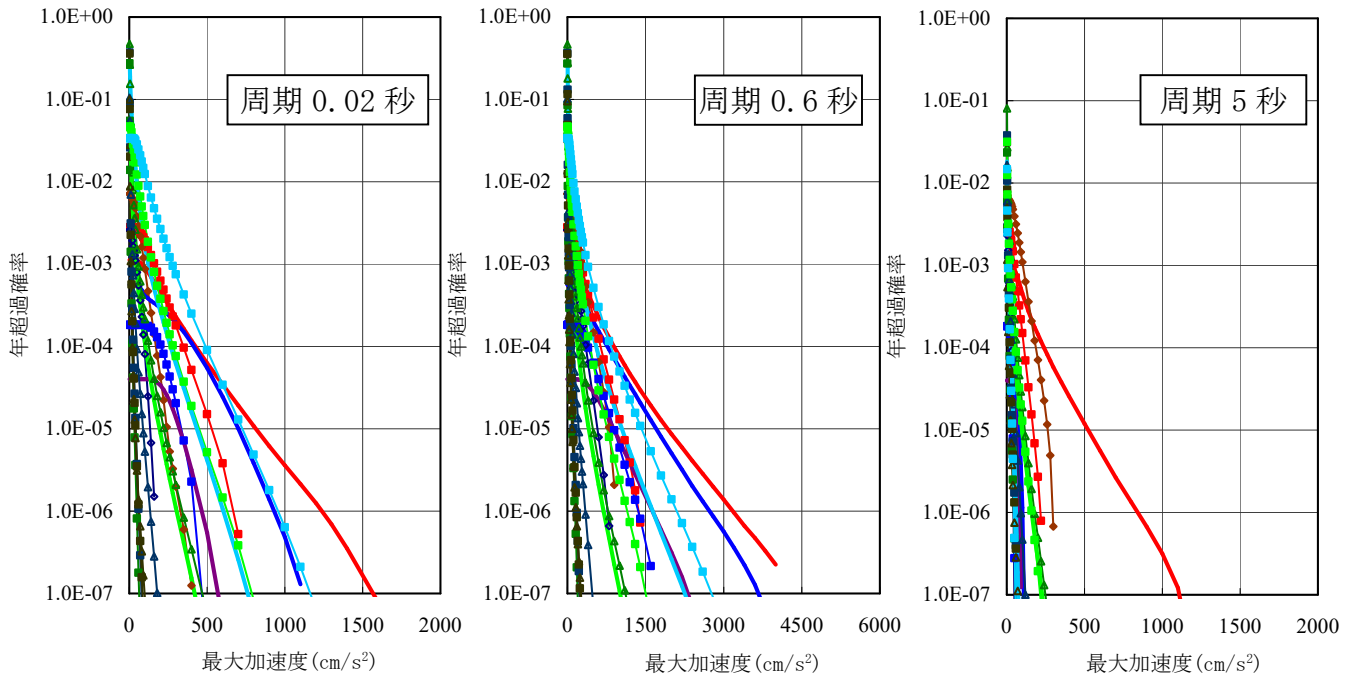
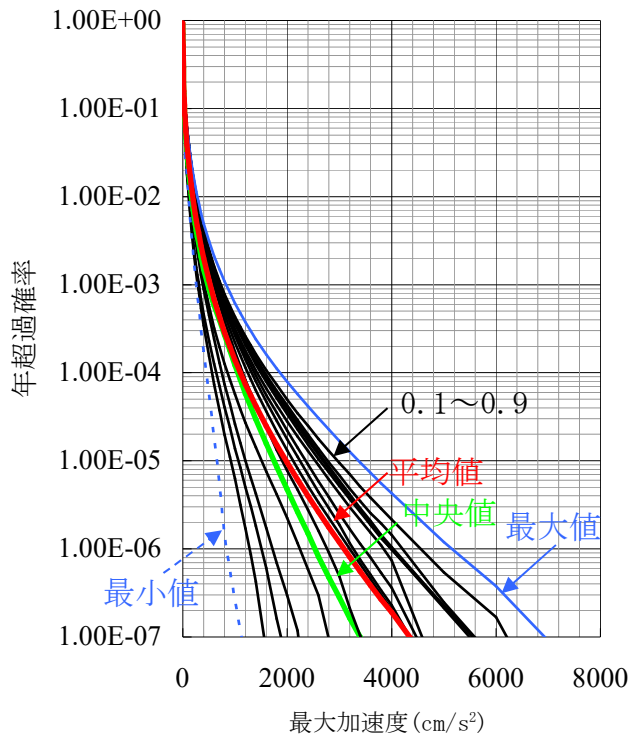
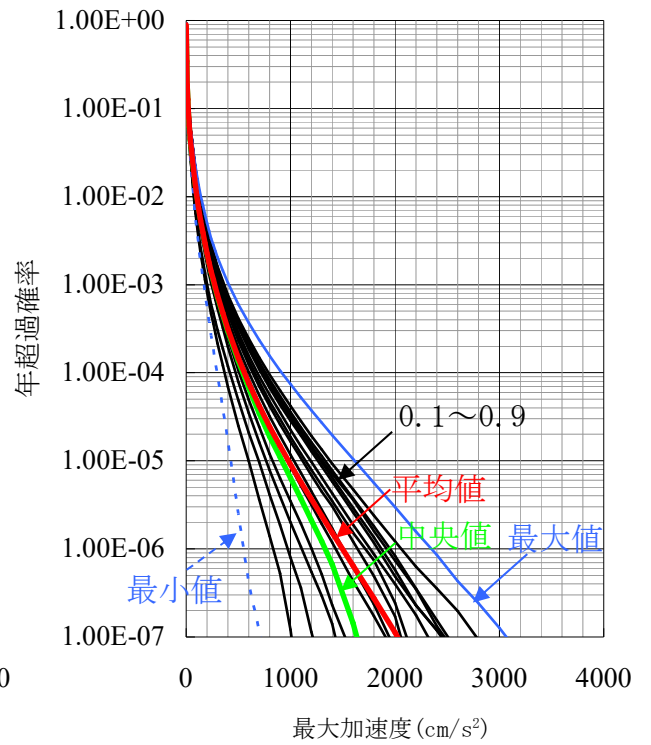


図 7-41 (2) 地震ごとのハザード曲線
(大湊側 水平方向)

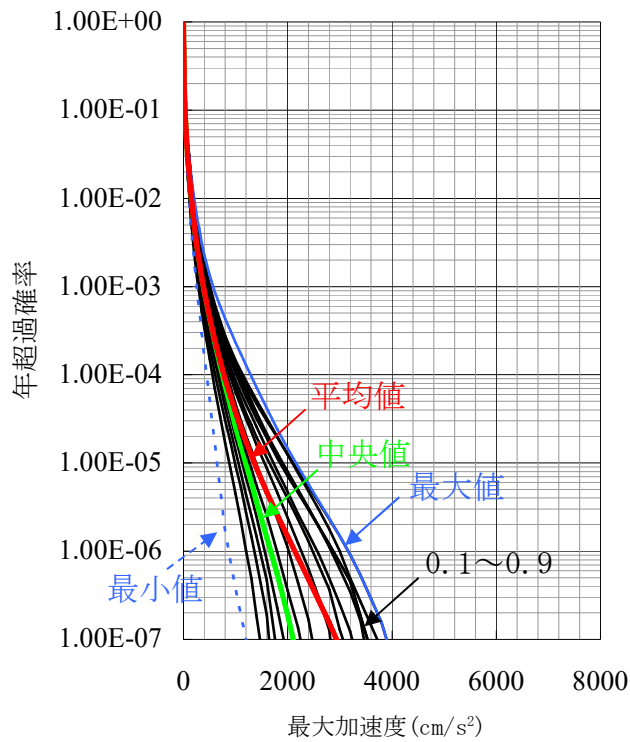


(a) 水平方向

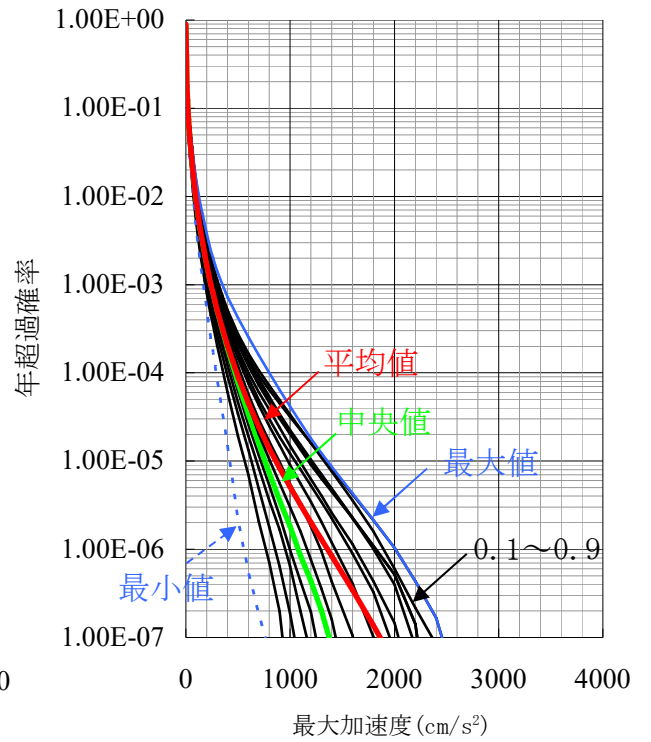


(b) 鉛直方向

図 7-42(1) フラクタイル地震ハザード曲線
(周期 0.02 秒, 荒浜側)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 7-42(2) フラクタイル地震ハザード曲線
(周期 0.02 秒, 大湊側)

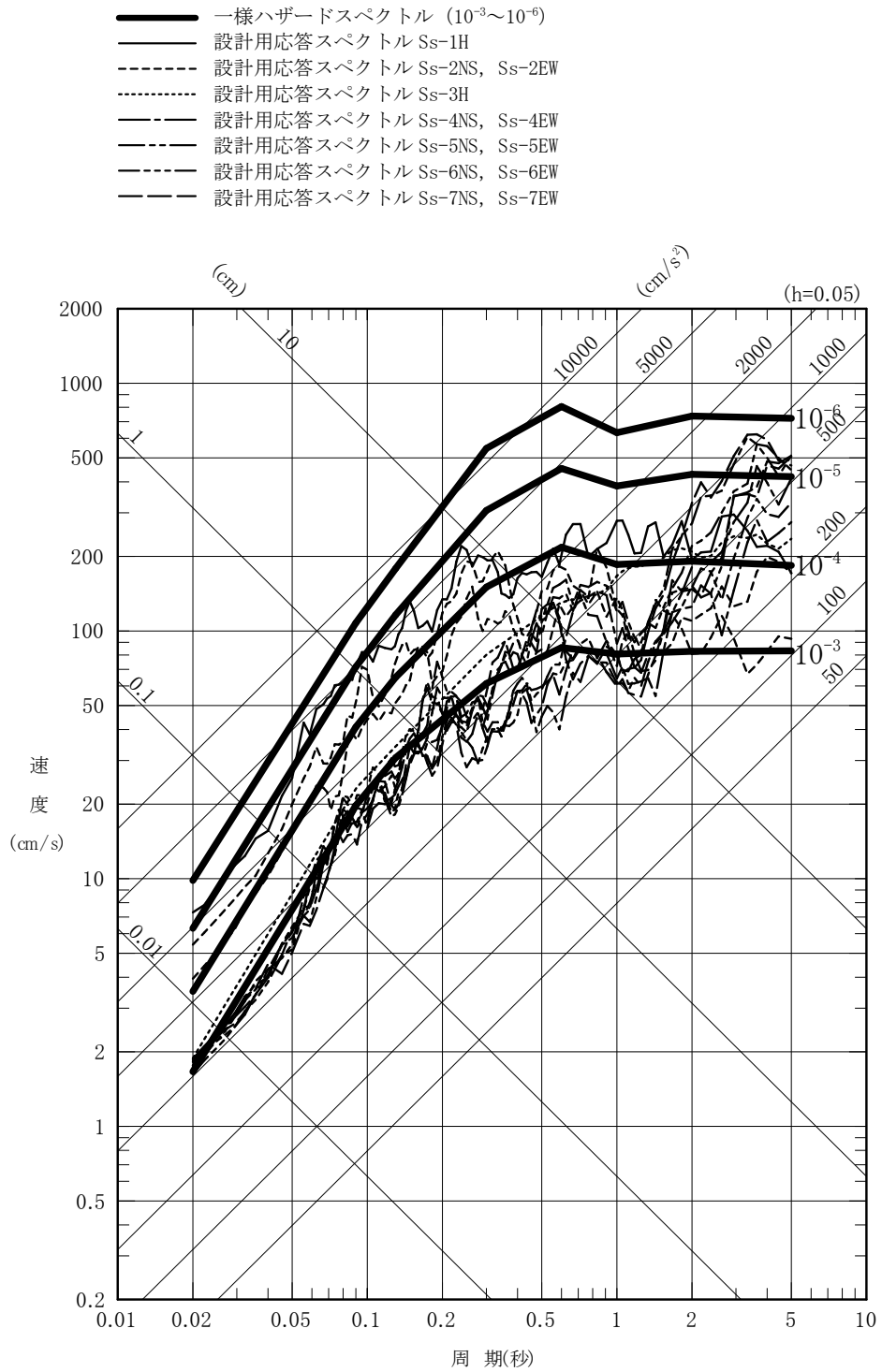


図 7-43(1) 平均ハザードに基づく一様ハザードスペクトルと荒浜側の基準地震動 Ss-1~Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (水平方向)

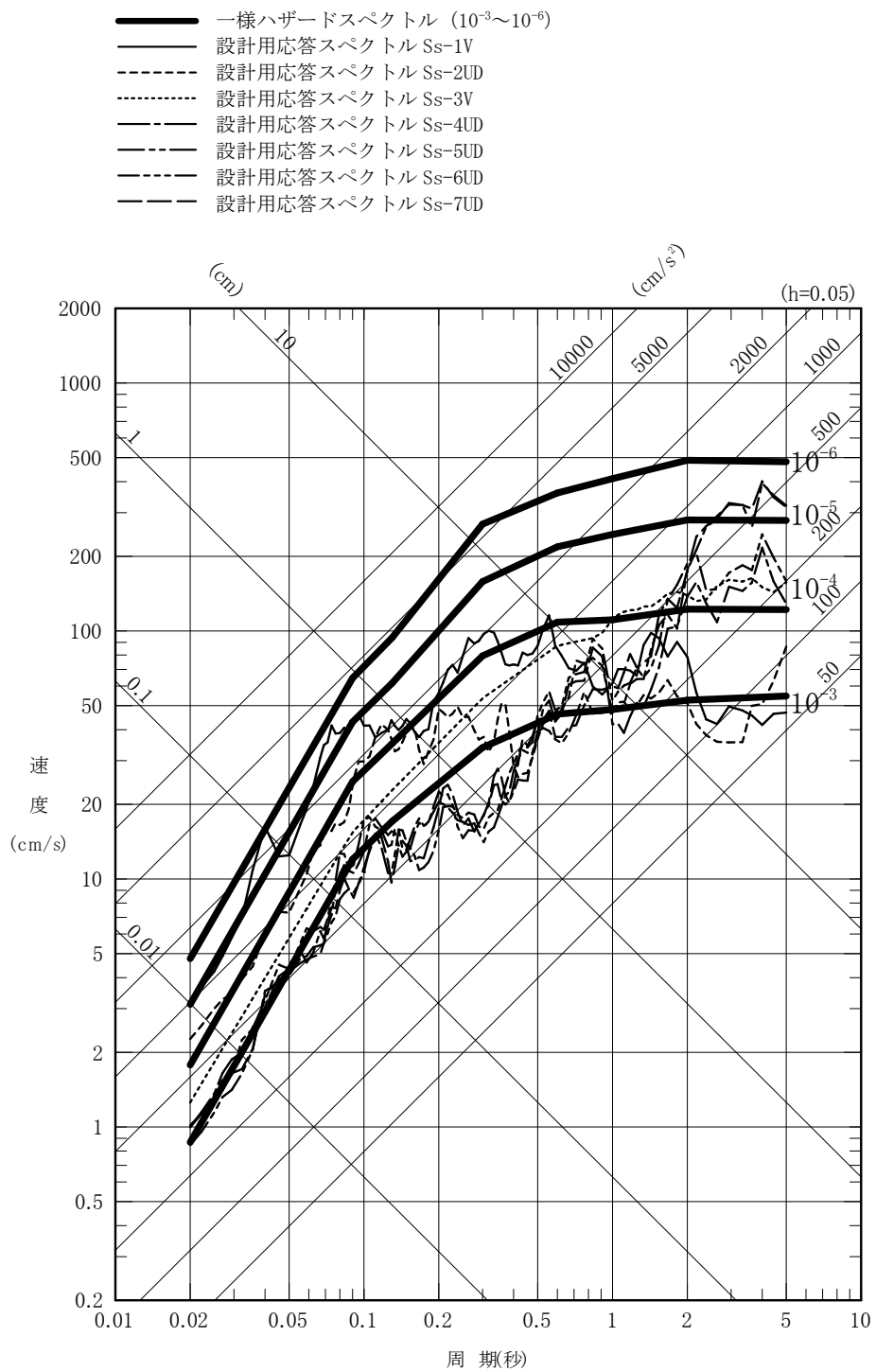


図 7-43(2) 平均ハザードに基づく一様ハザードスペクトルと
 荒浜側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較
 (鉛直方向)

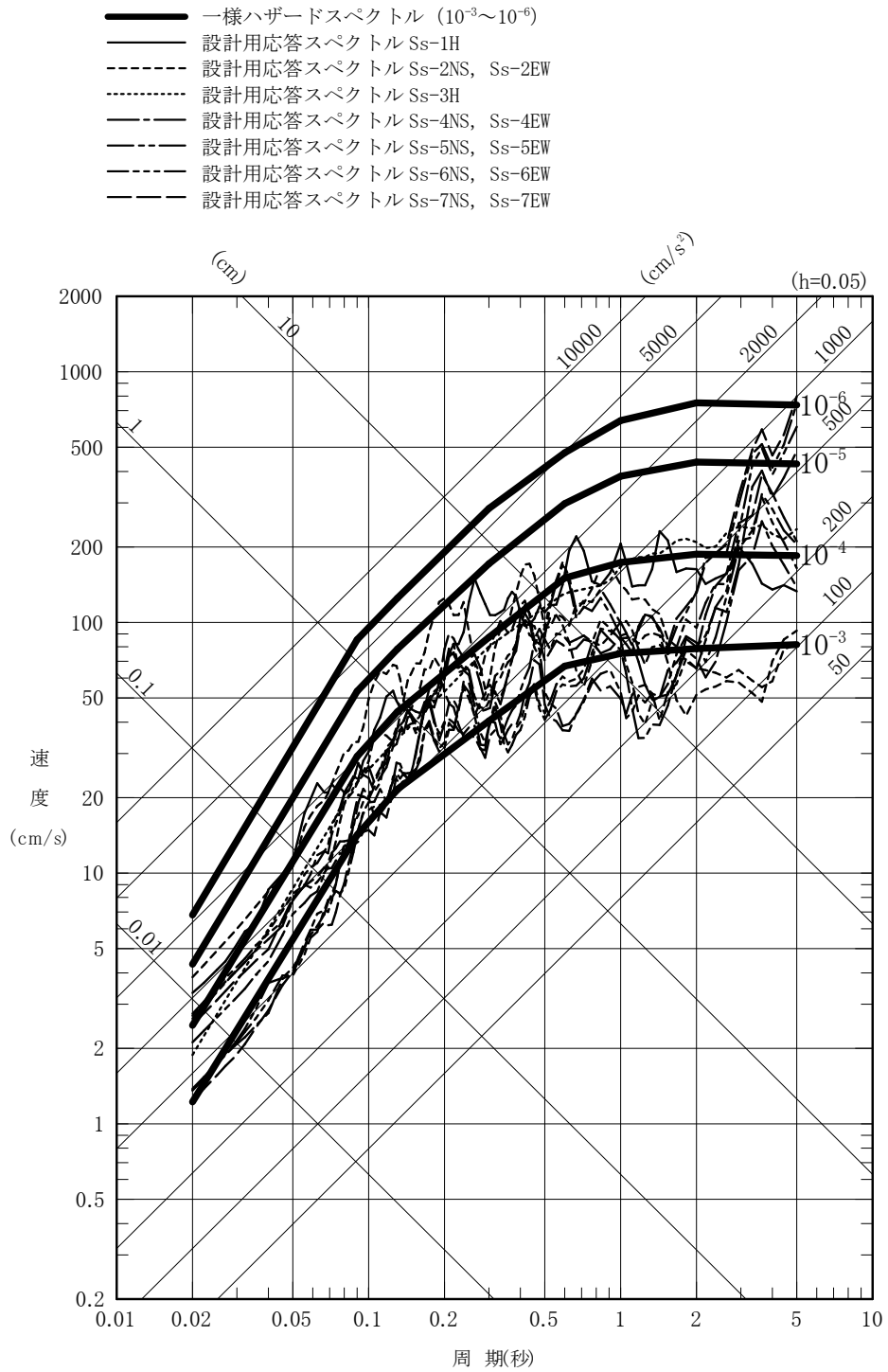


図 7-43 (3) 平均ハザードに基づく一様ハザードスペクトルと大湊側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (水平方向)

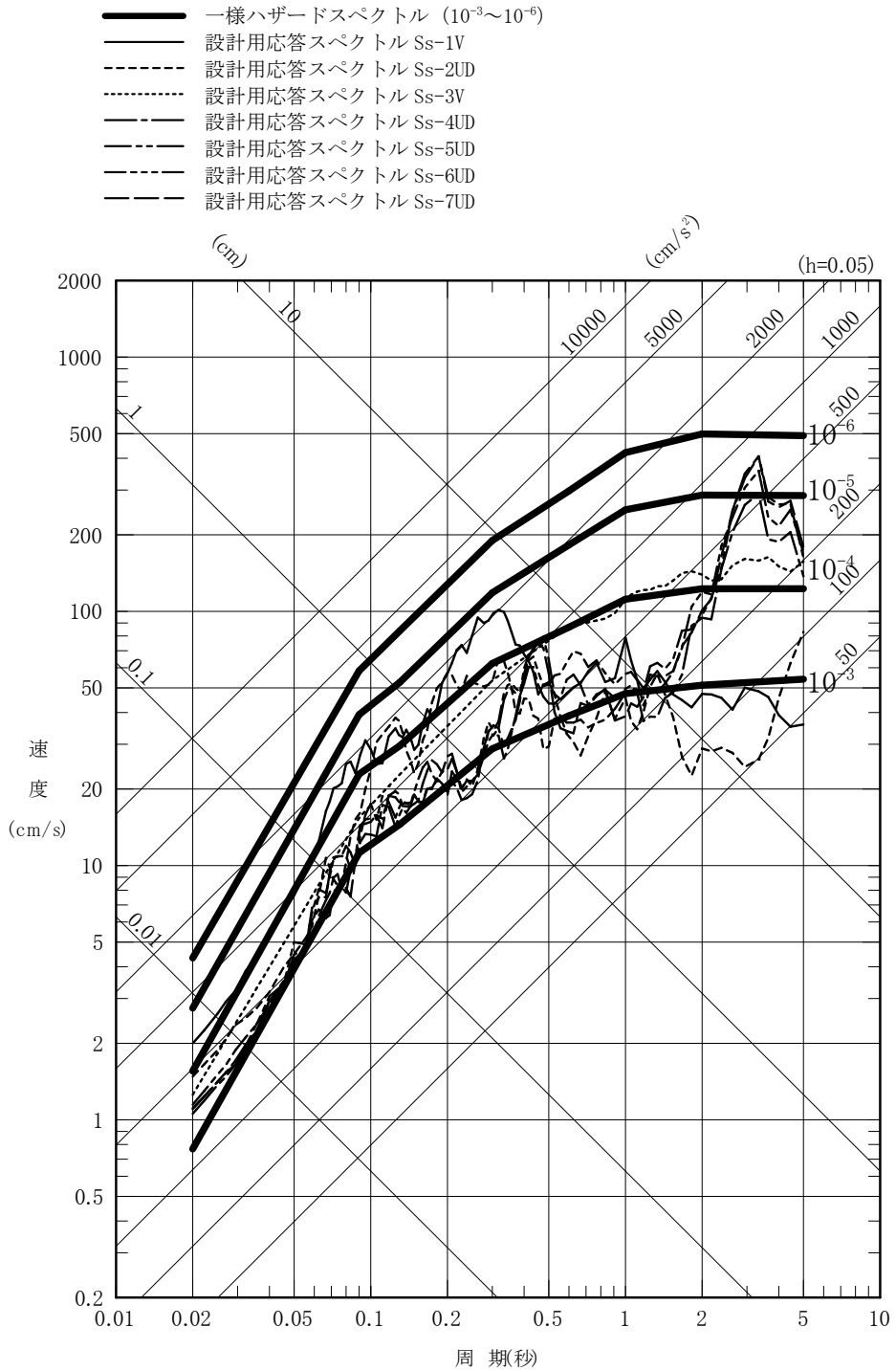


図 7-43 (4) 平均ハザードに基づく一様ハザードスペクトルと大湊側の基準地震動 Ss-1～Ss-7 の設計用応答スペクトルの比較 (鉛直方向)

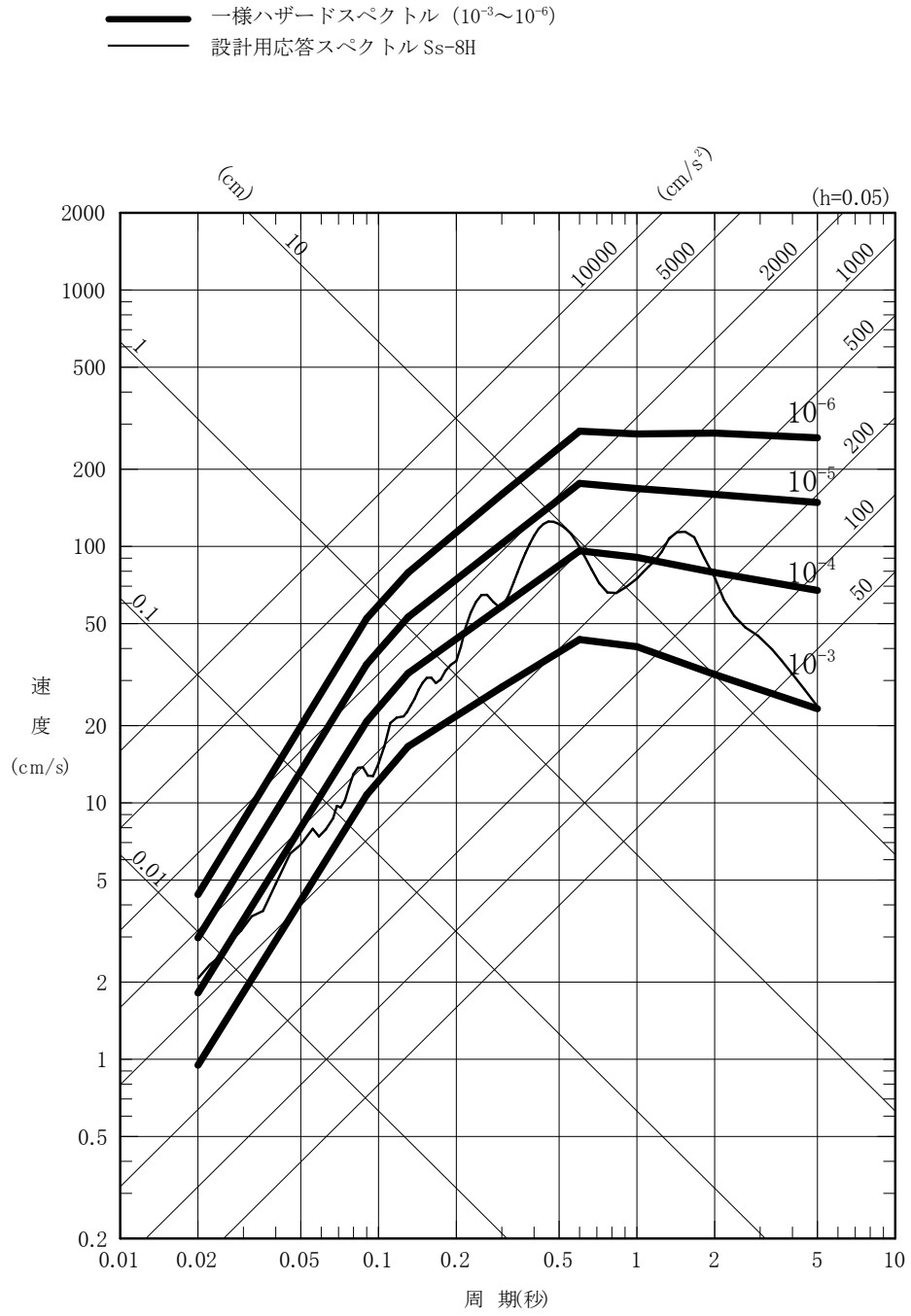


図 7-44(1) 領域震源による一様ハザードスペクトルと大湊側の基準地震動 Ss-8 の比較 (水平方向)

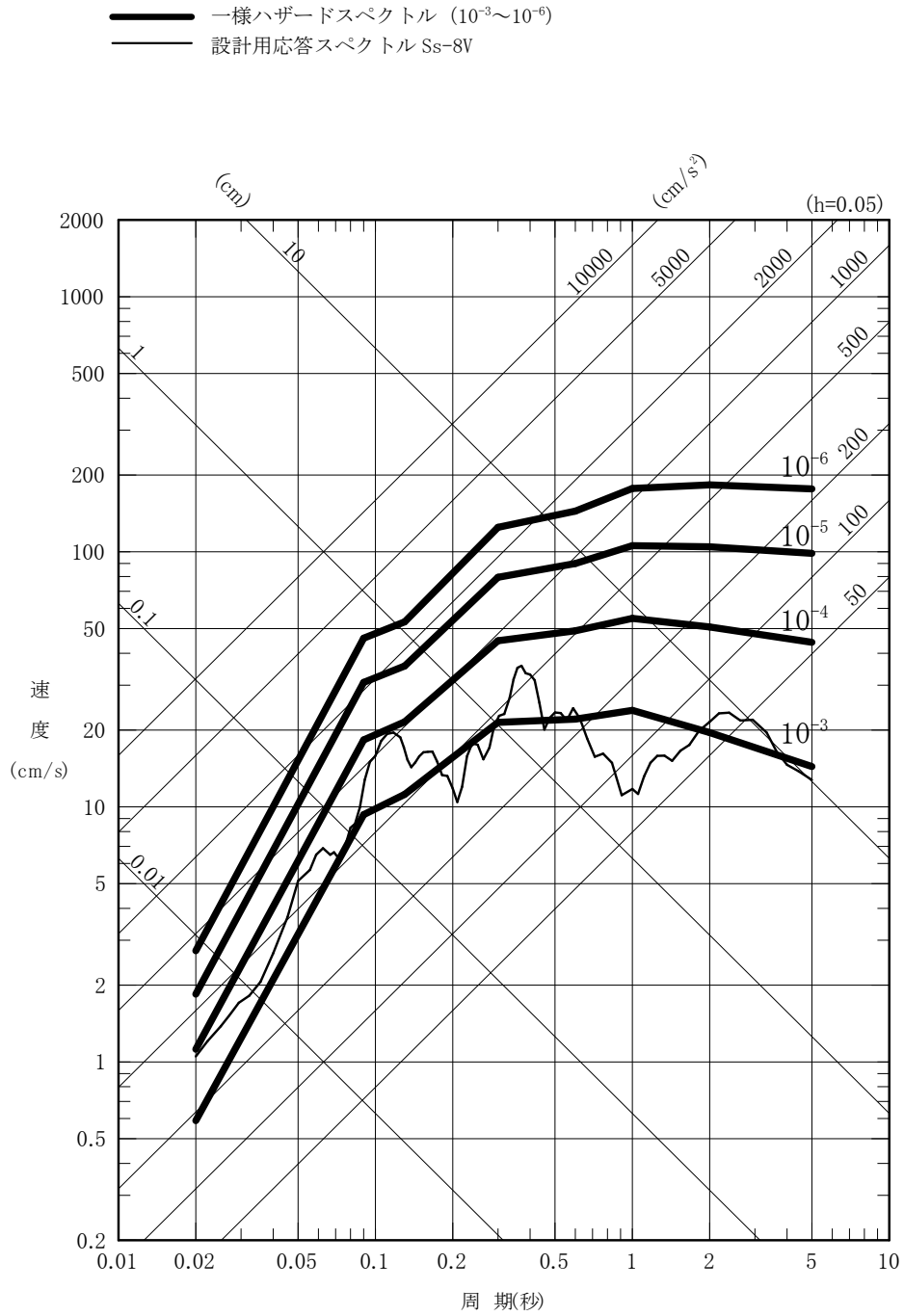
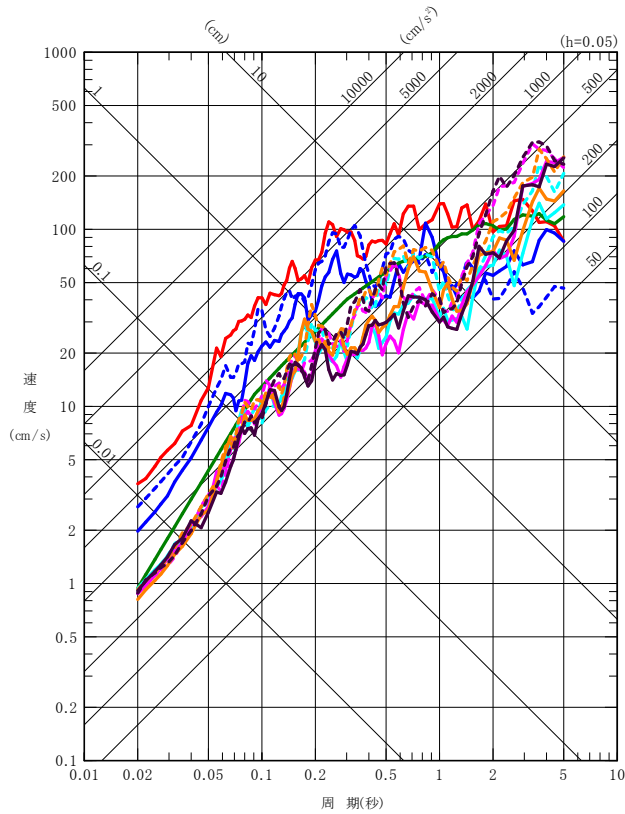


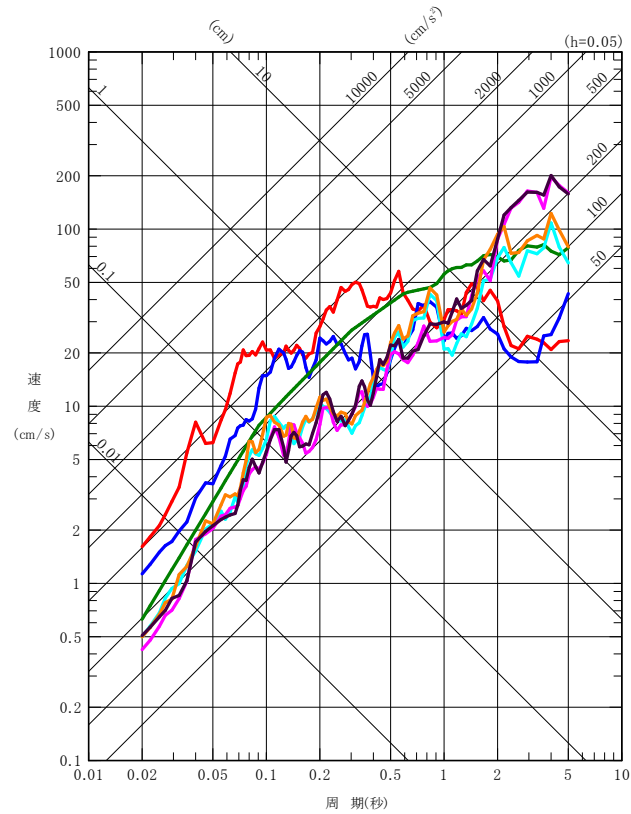
図 7-44 (2) 領域震源による一様ハザードスペクトルと大湊側の基準地震動 Ss-8 の比較 (鉛直方向)

- 弾性設計用地震動 Sd-1H
- 弾性設計用地震動 Sd-2NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-2EW
- 弾性設計用地震動 Sd-3H
- 弾性設計用地震動 Sd-4NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-4EW
- 弾性設計用地震動 Sd-5NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-5EW
- 弾性設計用地震動 Sd-6NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-6EW
- 弾性設計用地震動 Sd-7NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-7EW

- 弾性設計用地震動 Sd-1V
- 弾性設計用地震動 Sd-2UD
- 弾性設計用地震動 Sd-3V
- 弾性設計用地震動 Sd-4UD
- 弾性設計用地震動 Sd-5UD
- 弾性設計用地震動 Sd-6UD
- 弾性設計用地震動 Sd-7UD



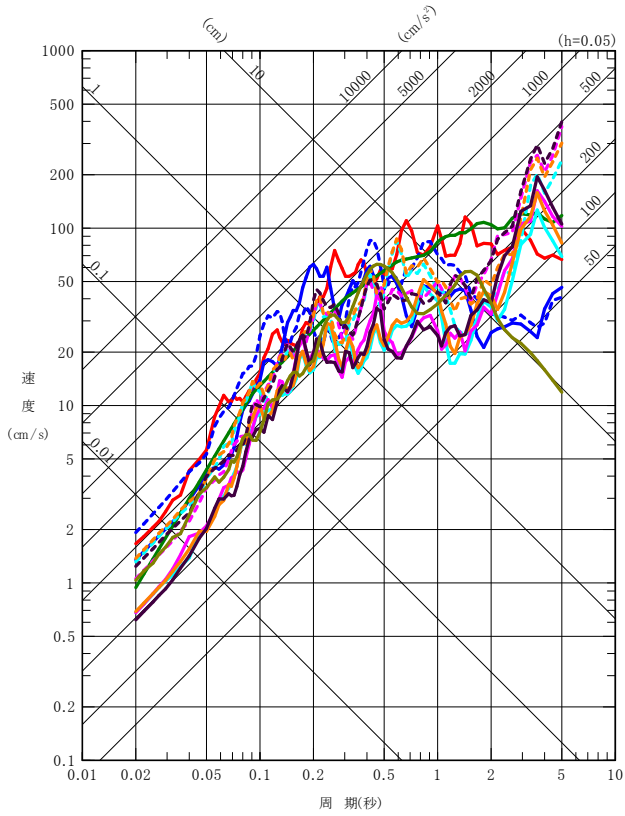
(a) 水平方向



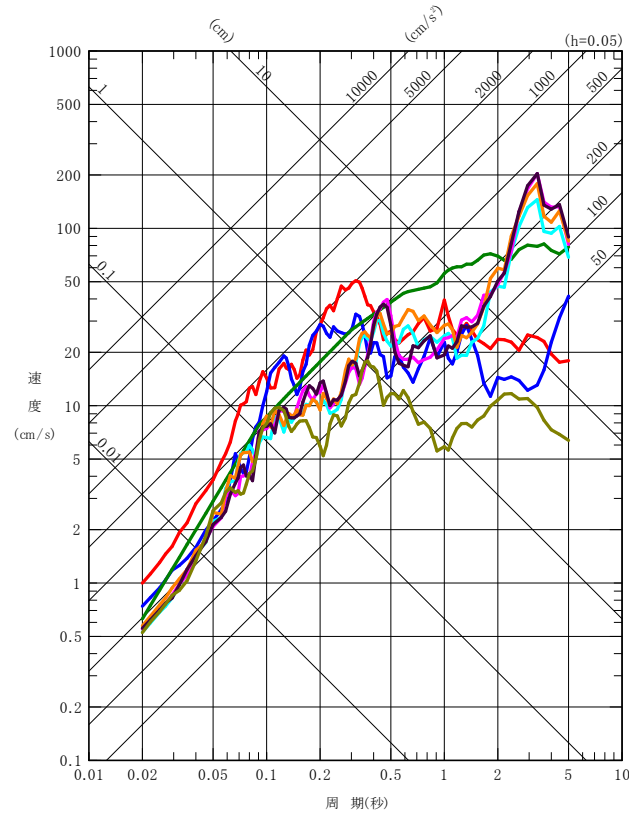
(b) 鉛直方向

図 8-1(1) 弾性設計用地震動 Sd-1~Sd-7 の応答スペクトル (荒浜側)

- | | | | | |
|---------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| — 弾性設計用地震動 Sd-1H | — 弾性設計用地震動 Sd-5NS | — 弾性設計用地震動 Sd-8H | — 弾性設計用地震動 Sd-1V | — 弾性設計用地震動 Sd-5UD |
| — 弾性設計用地震動 Sd-2NS | - - 弾性設計用地震動 Sd-5EW | | — 弾性設計用地震動 Sd-2UD | — 弾性設計用地震動 Sd-6UD |
| - - 弾性設計用地震動 Sd-2EW | — 弾性設計用地震動 Sd-6NS | | — 弾性設計用地震動 Sd-3V | — 弾性設計用地震動 Sd-7UD |
| — 弾性設計用地震動 Sd-3H | - - 弾性設計用地震動 Sd-6EW | | — 弾性設計用地震動 Sd-4UD | — 弾性設計用地震動 Sd-8V |
| — 弾性設計用地震動 Sd-4NS | — 弾性設計用地震動 Sd-7NS | | | |
| - - 弾性設計用地震動 Sd-4EW | - - 弾性設計用地震動 Sd-7EW | | | |

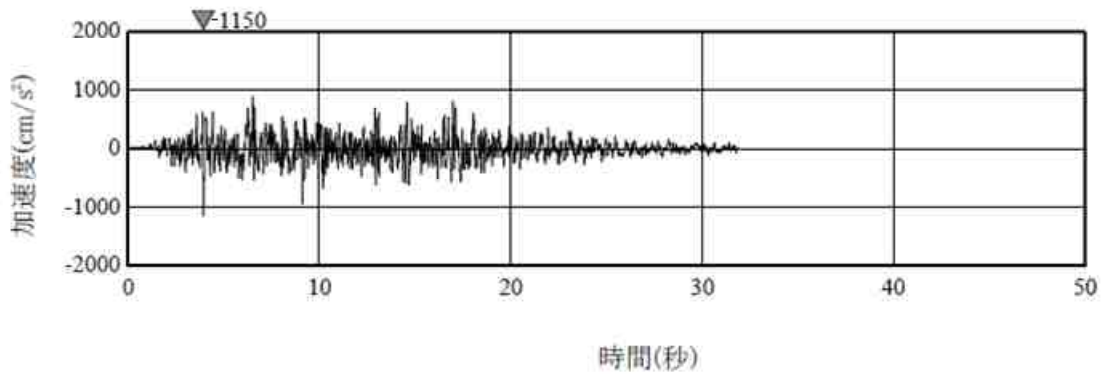


(a) 水平方向

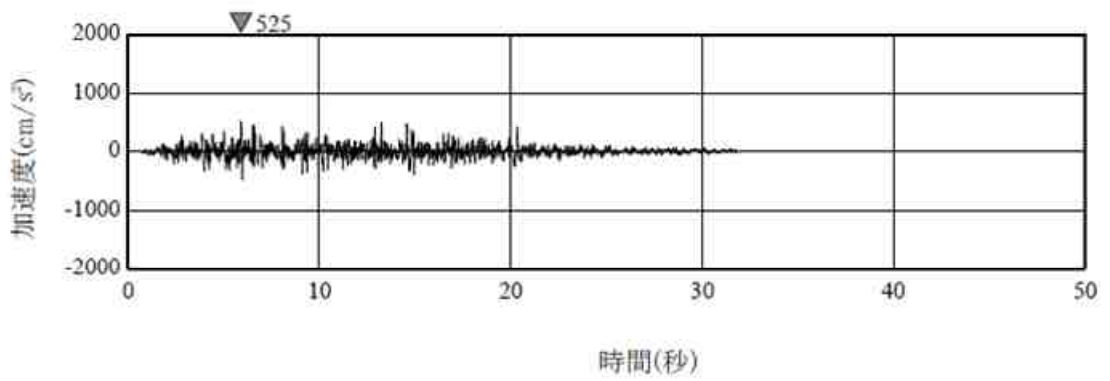


(b) 鉛直方向

図 8-1(2) 弾性設計用地震動 Sd-1~Sd-8 の応答スペクトル (大湊側)

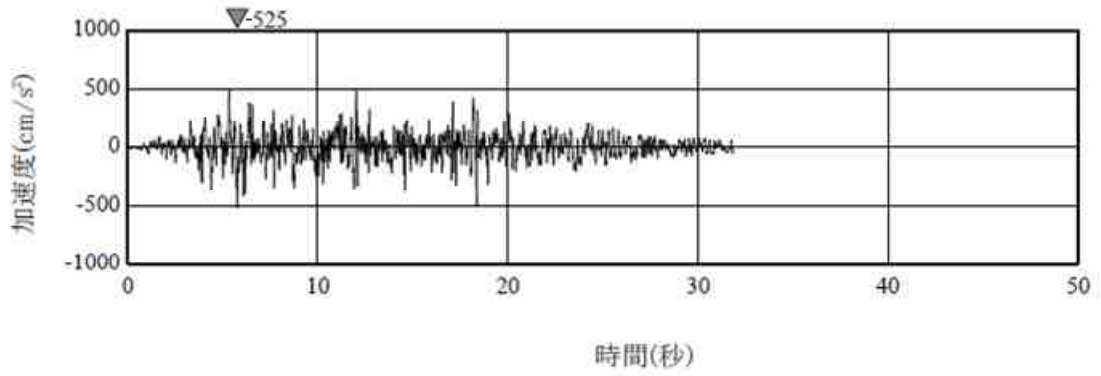


(a) Sd-1H

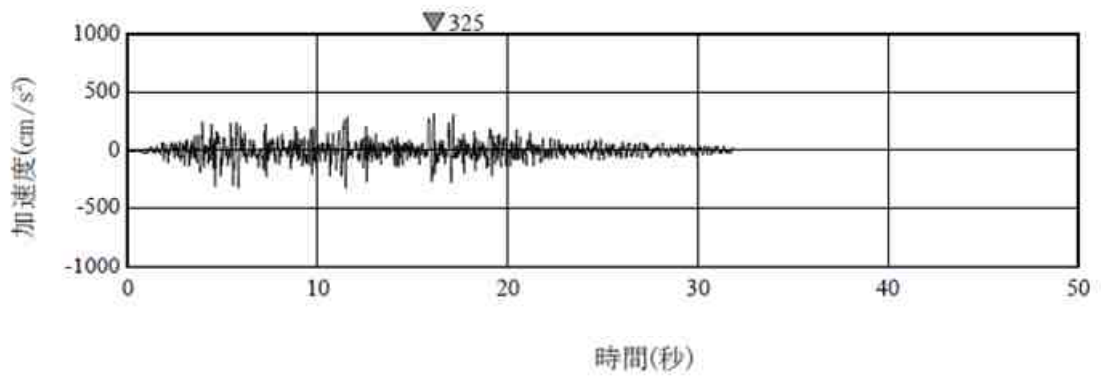


(b) Sd-1V

図 8-2(1) 弾性設計用地震動 Sd-1 の加速度時刻歴波形 (荒浜側)

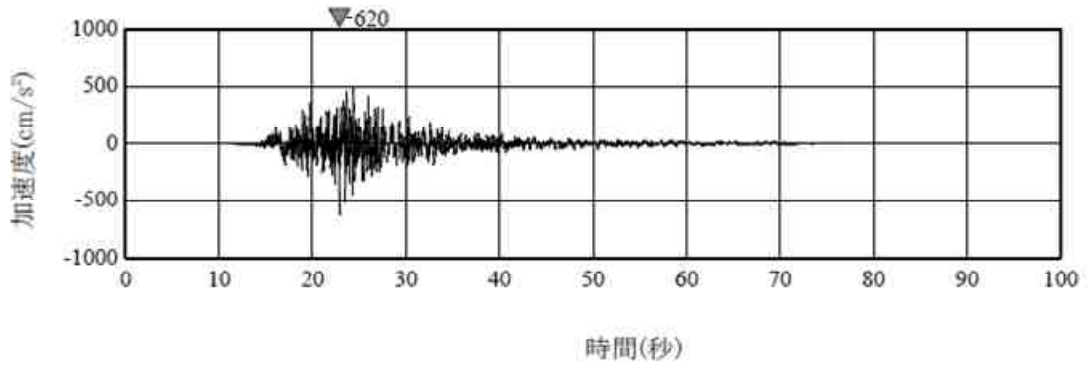


(a) Sd-1H

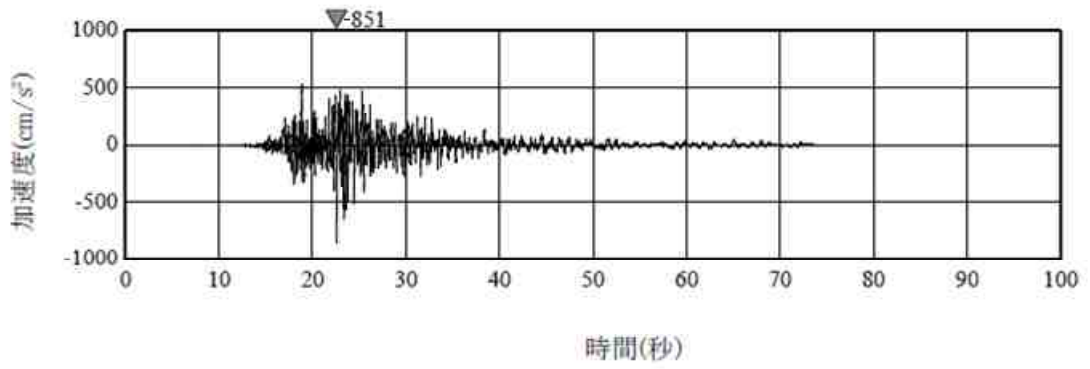


(b) Sd-1V

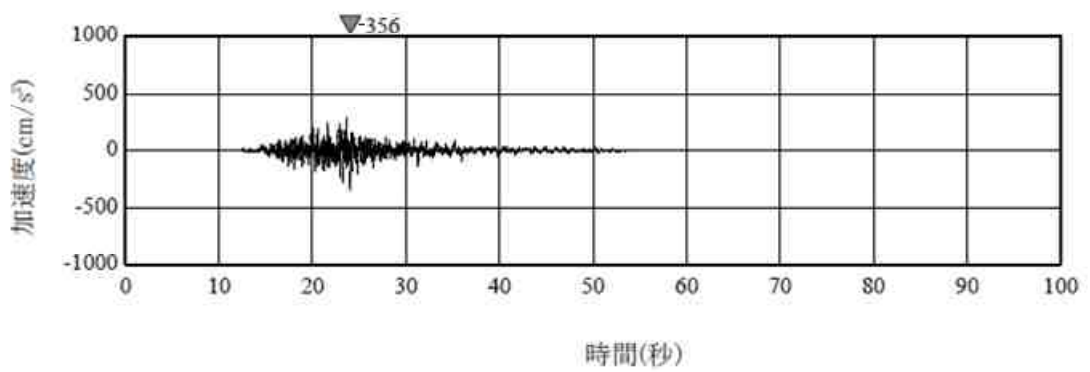
図 8-2(2) 弾性設計用地震動 Sd-1 の加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Sd-2NS

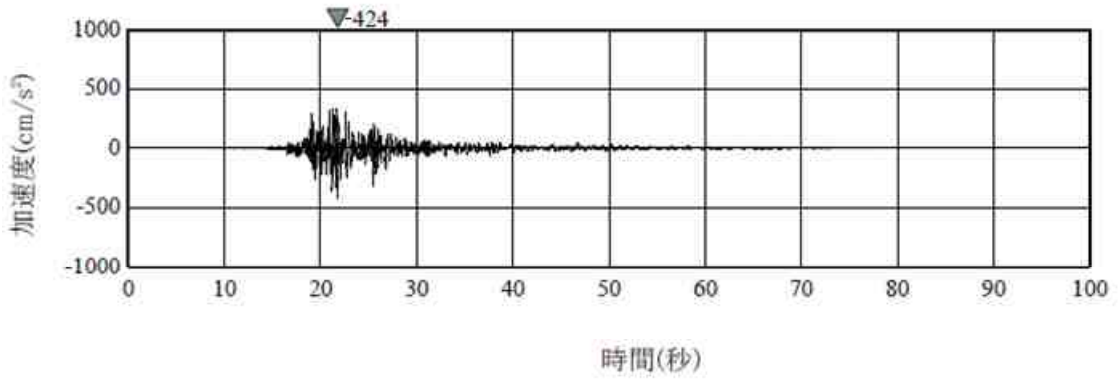


(b) Sd-2EW

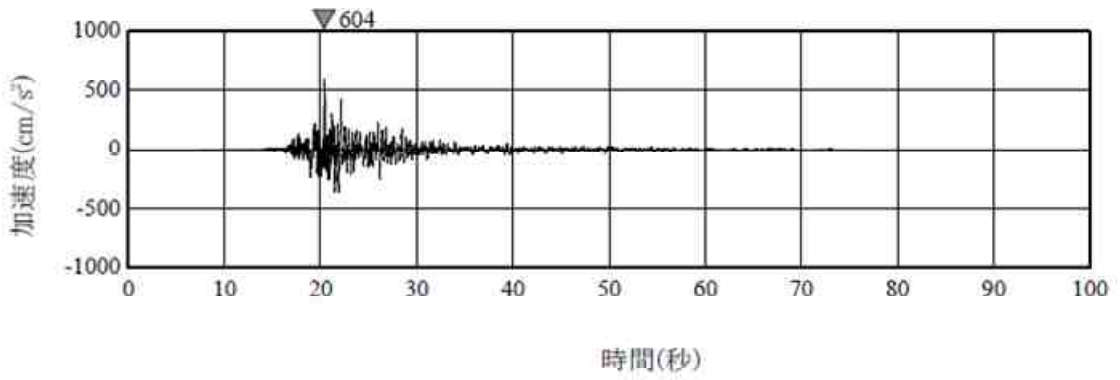


(c) Sd-2UD

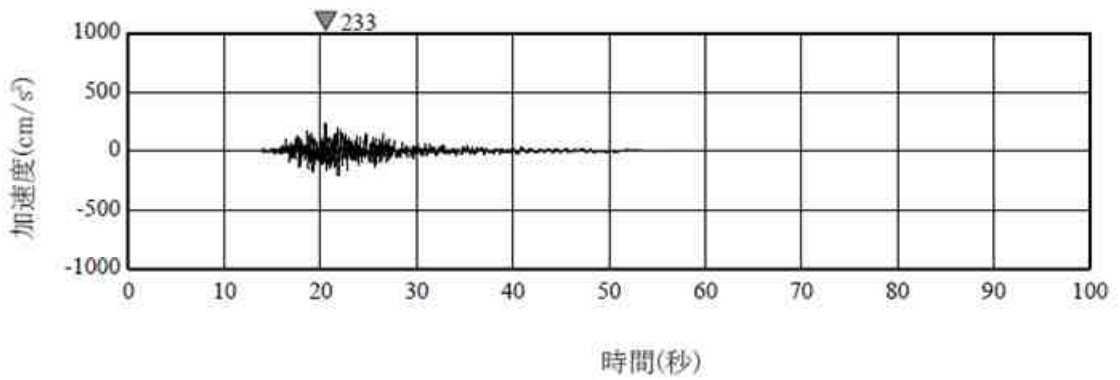
図 8-2(3) 弾性設計用地震動 Sd-2 の加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Sd-2NS

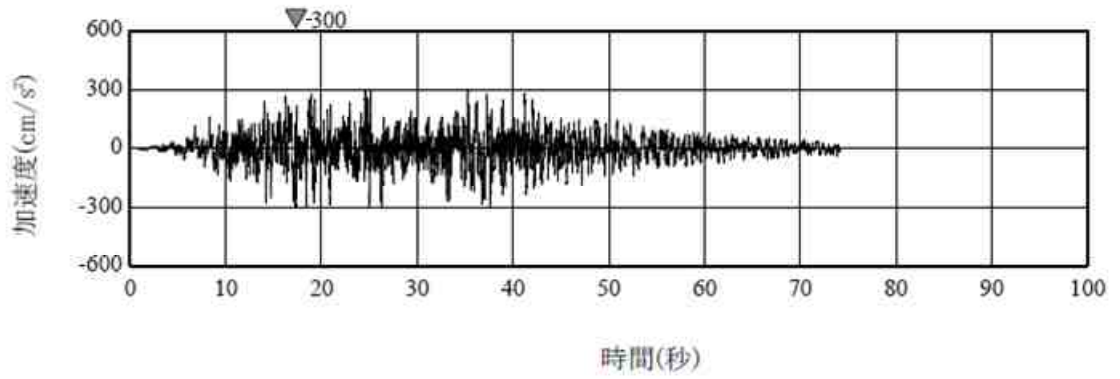


(b) Sd-2EW

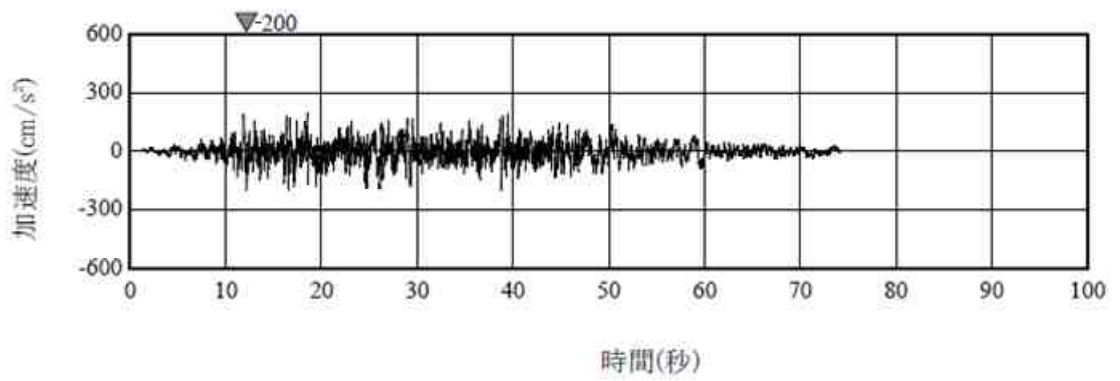


(c) Sd-2UD

図 8-2(4) 弾性設計用地震動 Sd-2 の加速度時刻歴波形 (大湊側)

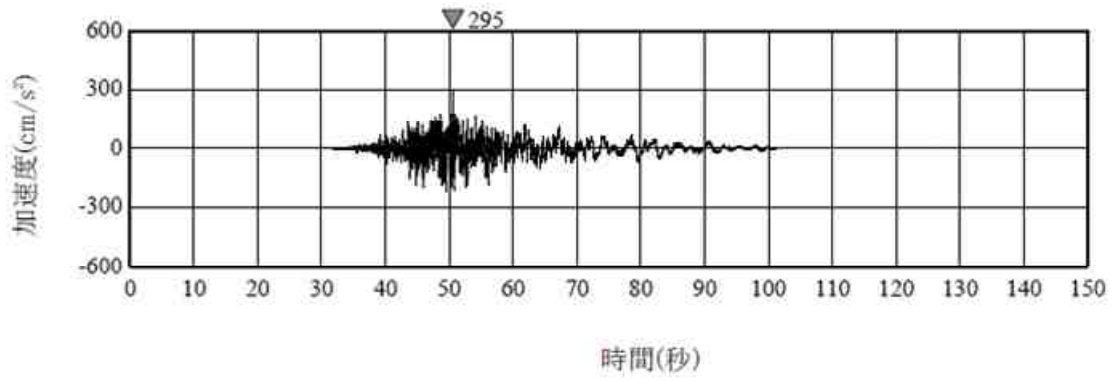


(a) Sd-3H

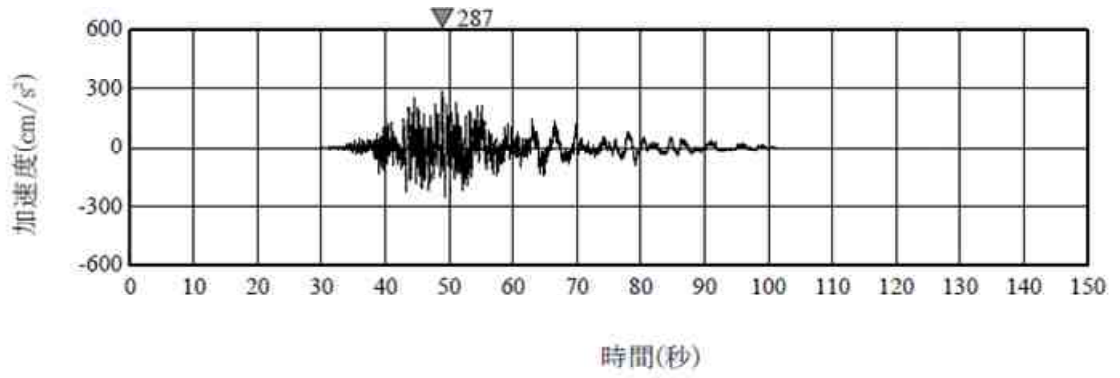


(b) Sd-3V

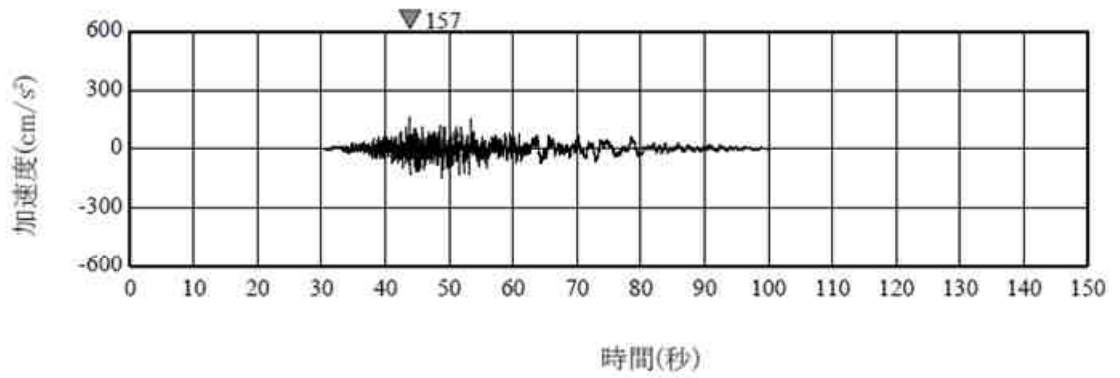
図 8-2(5) 弾性設計用地震動 Sd-3 の加速度時刻歴波形
(荒浜側と大湊側で共通)



(a) Sd-4NS

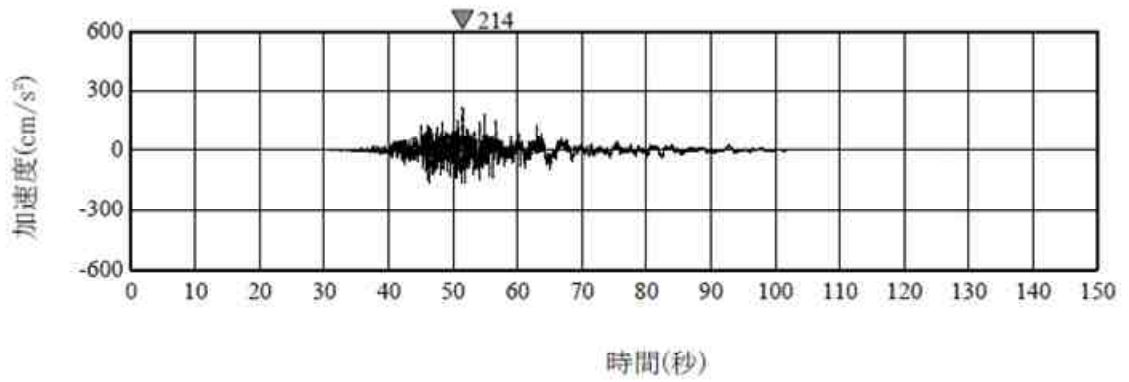


(b) Sd-4EW

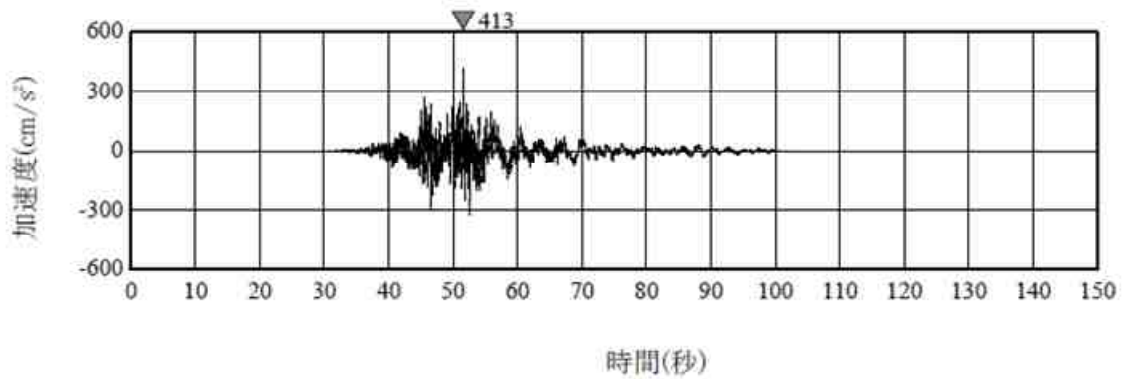


(c) Sd-4UD

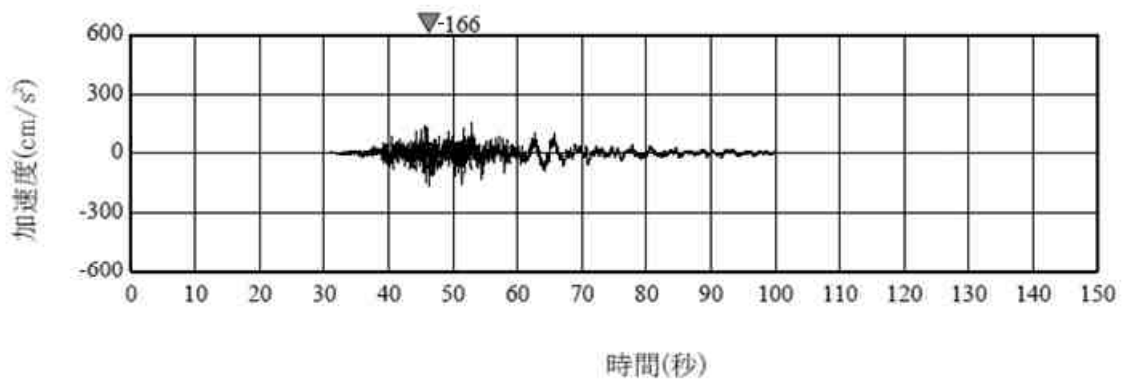
図 8-2(6) 弾性設計用地震動 Sd-4 の加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Sd-4NS

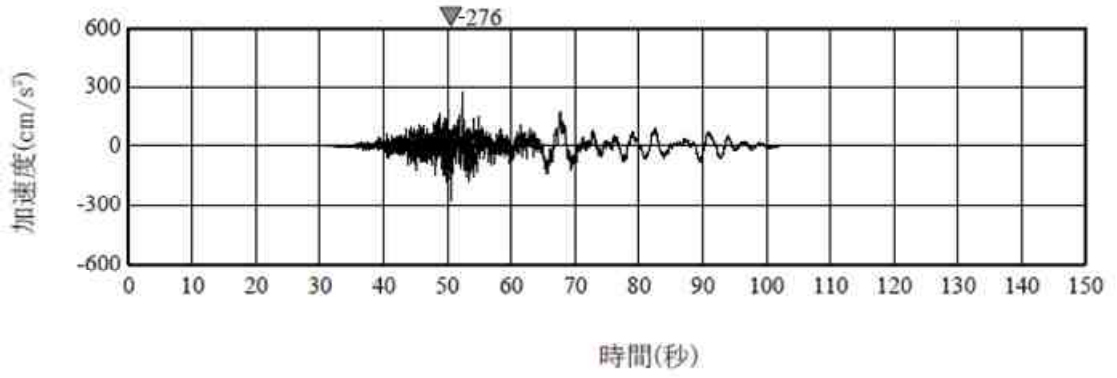


(b) Sd-4EW

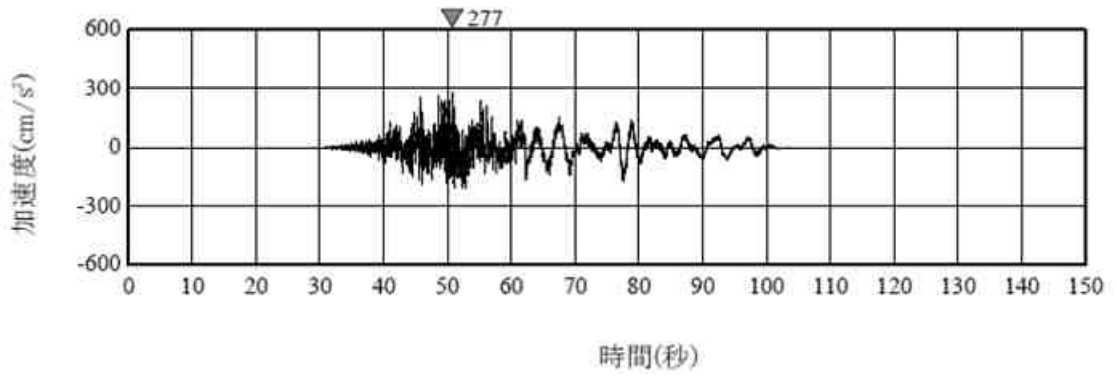


(c) Sd-4UD

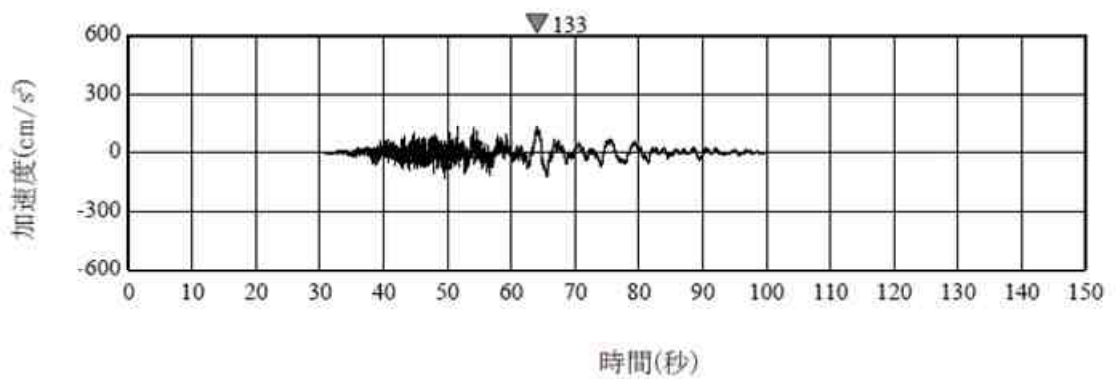
図 8-2(7) 弾性設計用地震動 Sd-4 の加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Sd-5NS

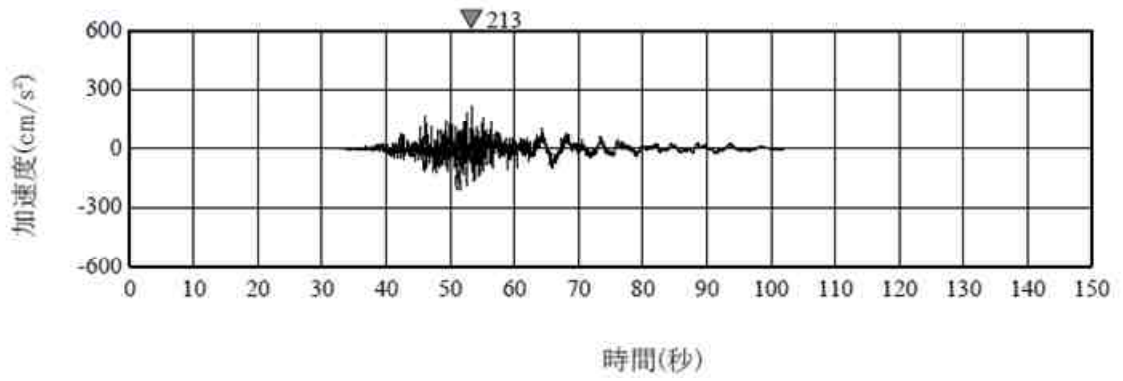


(b) Sd-5EW

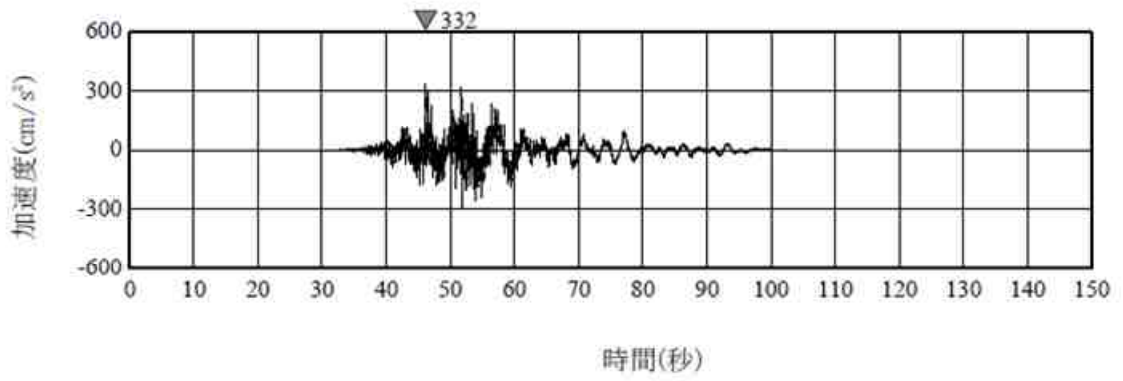


(c) Sd-5UD

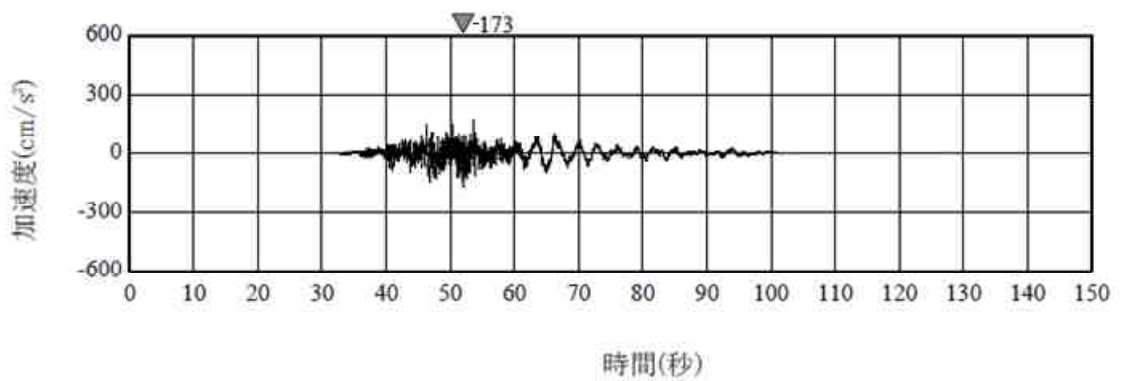
図 8-2(8) 弾性設計用地震動 Sd-5 の加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Sd-5NS

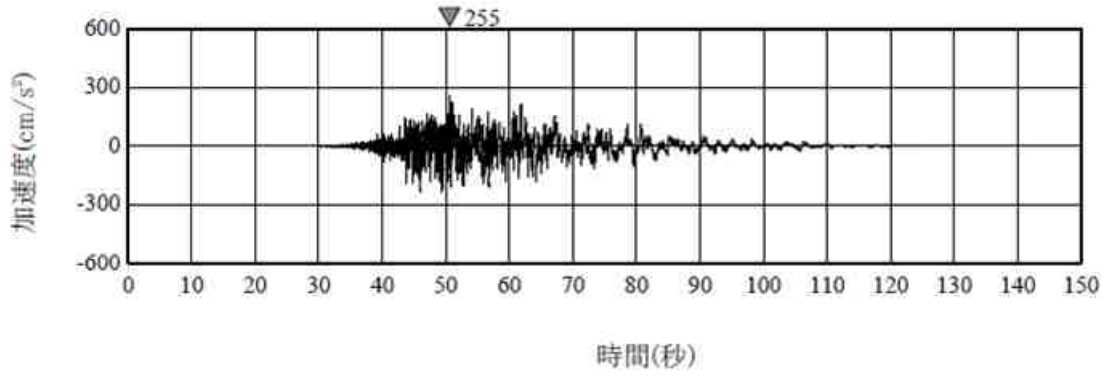


(b) Sd-5EW

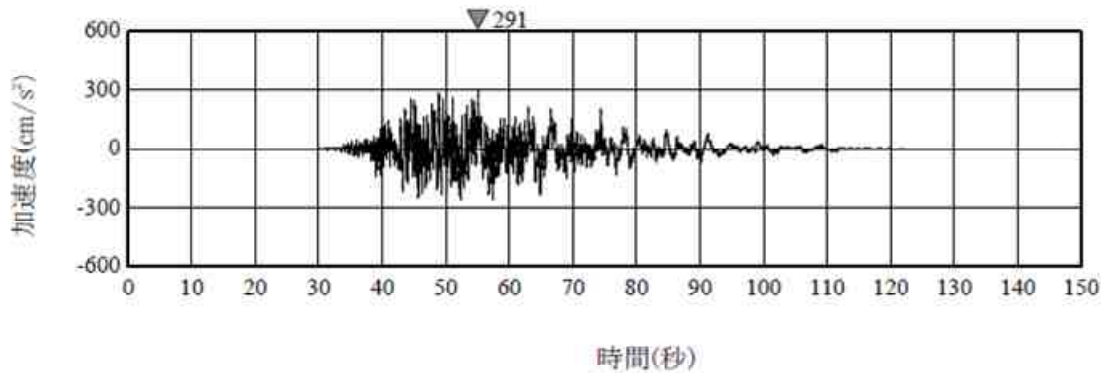


(c) Sd-5UD

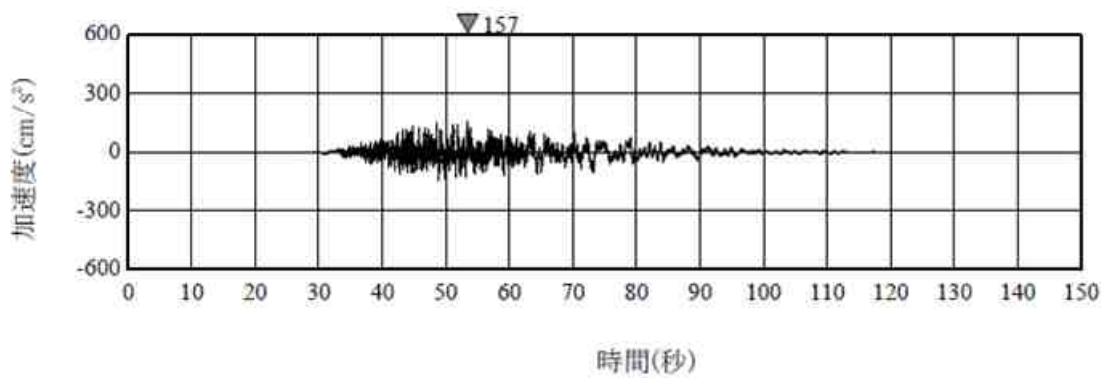
図 8-2(9) 弾性設計用地震動 Sd-5 の加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Sd-6NS

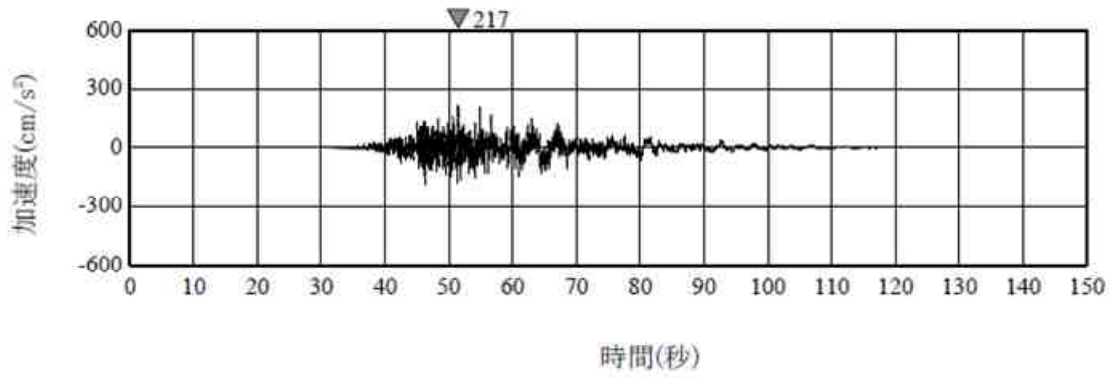


(b) Sd-6EW

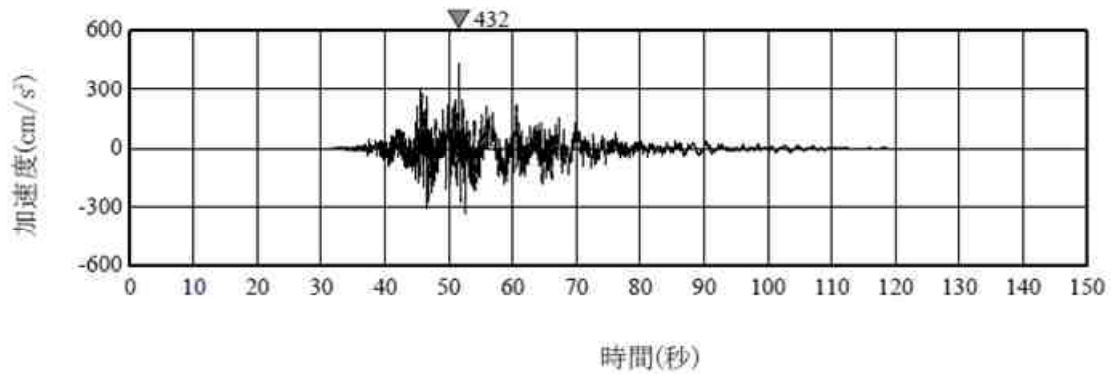


(c) Sd-6UD

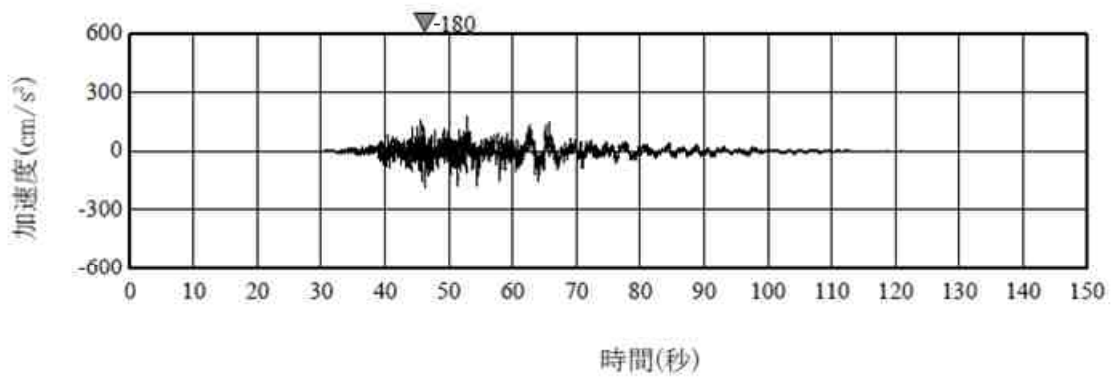
図 8-2(10) 弾性設計用地震動 Sd-6 の加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Sd-6NS

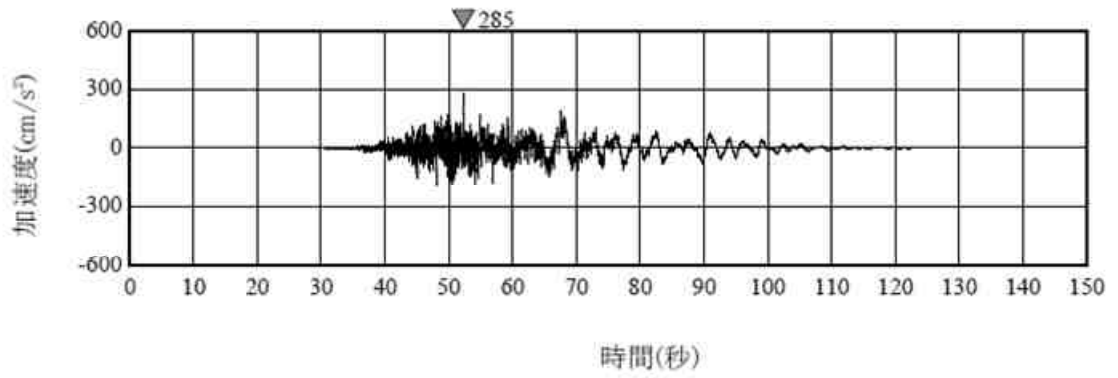


(b) Sd-6EW

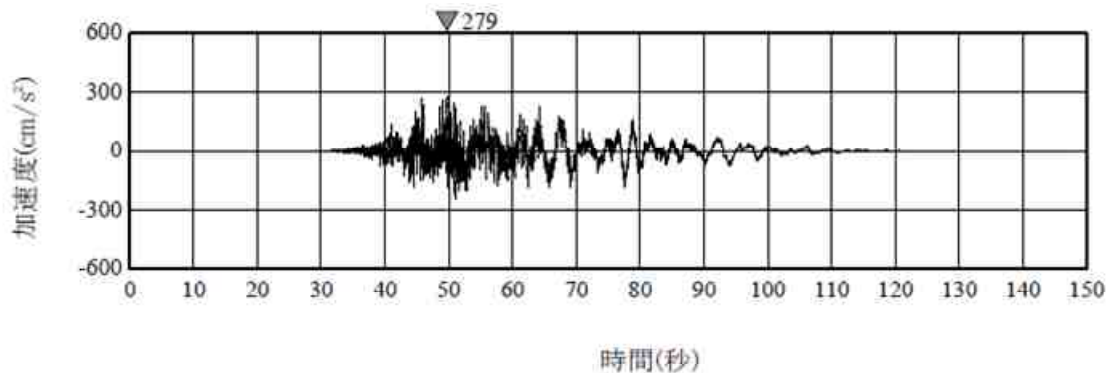


(c) Sd-6UD

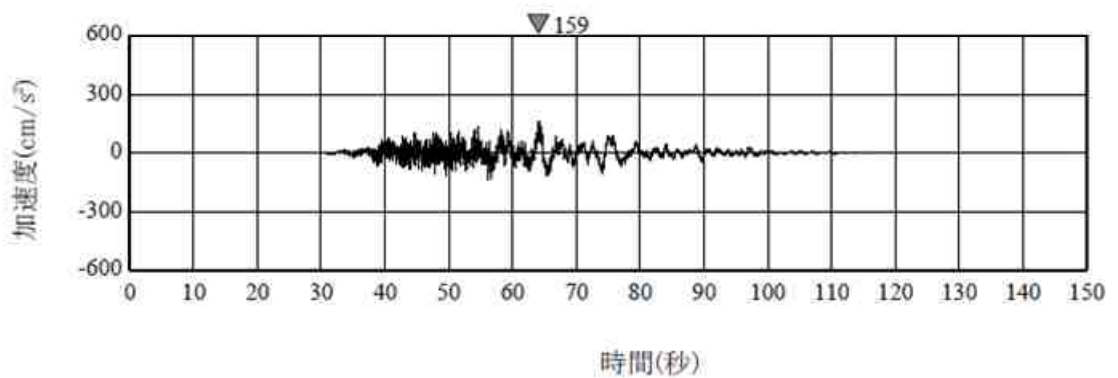
図 8-2(11) 弾性設計用地震動 Sd-6 の加速度時刻歴波形 (大湊側)



(a) Sd-7NS

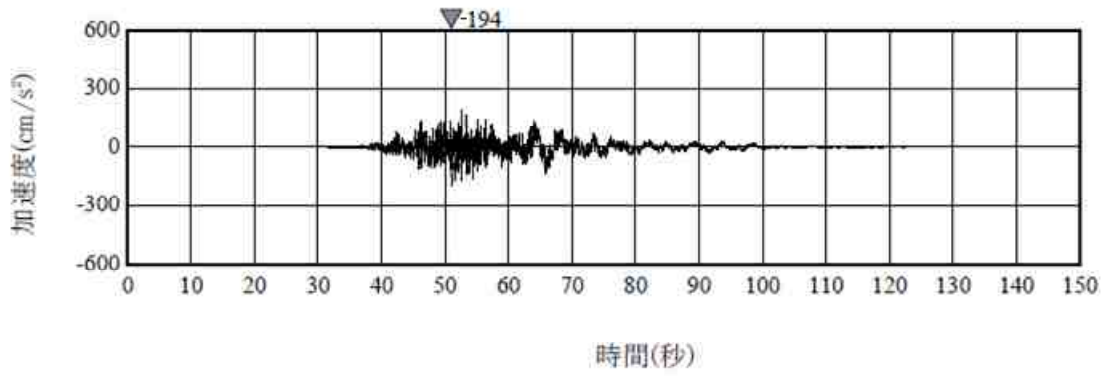


(b) Sd-7EW

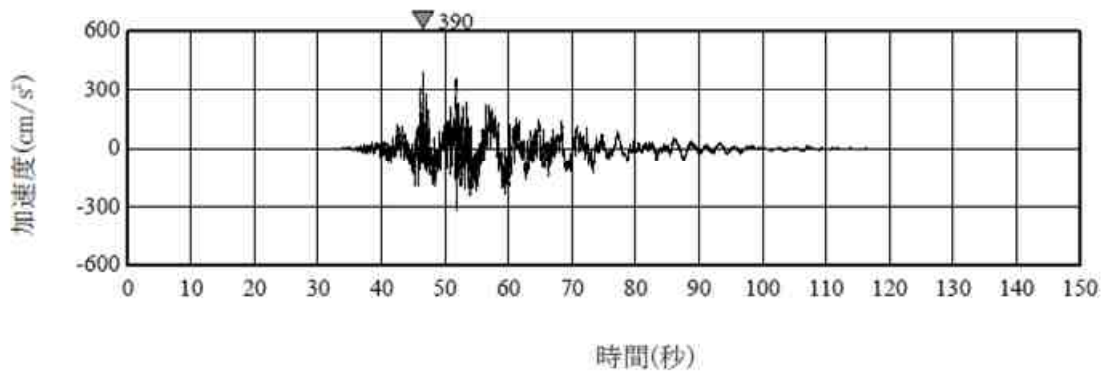


(c) Sd-7UD

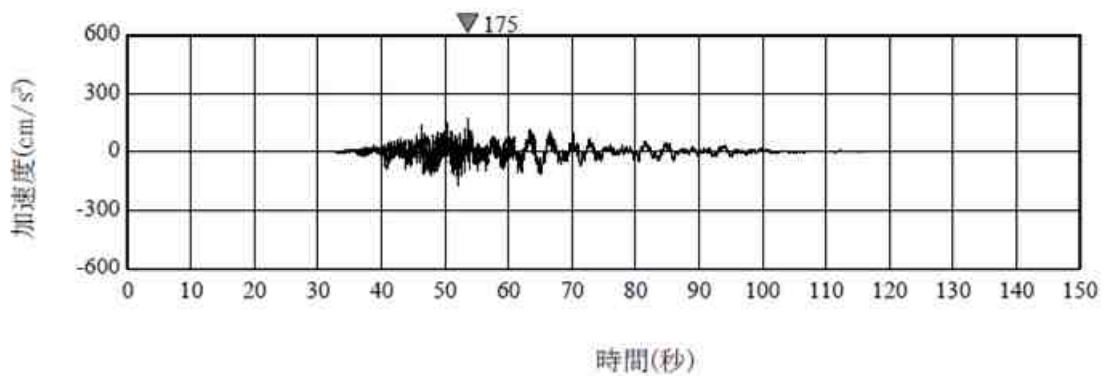
図 8-2(12) 弾性設計用地震動 Sd-7 の加速度時刻歴波形 (荒浜側)



(a) Sd-7NS

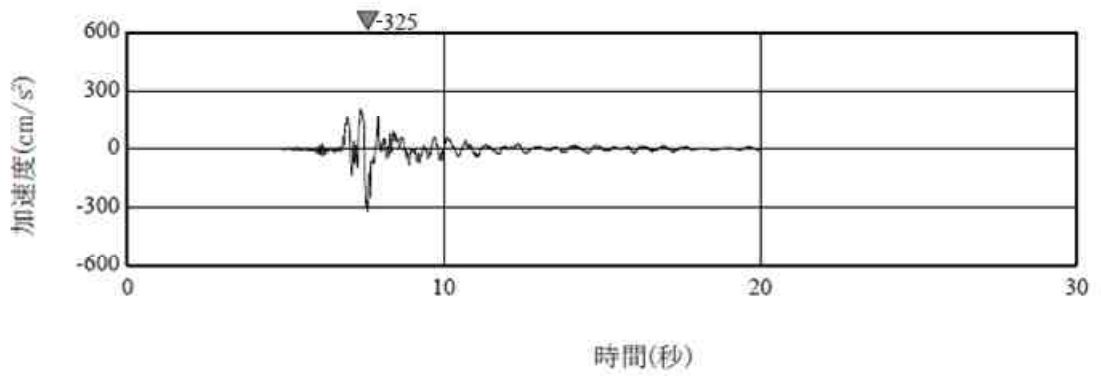


(b) Sd-7EW

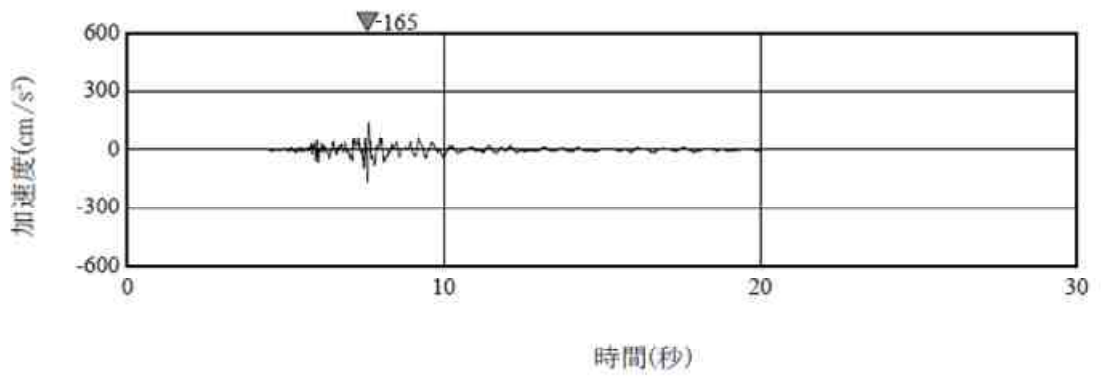


(c) Sd-7UD

図 8-2(13) 弾性設計用地震動 Sd-7 の加速度時刻歴波形 (大湊側)



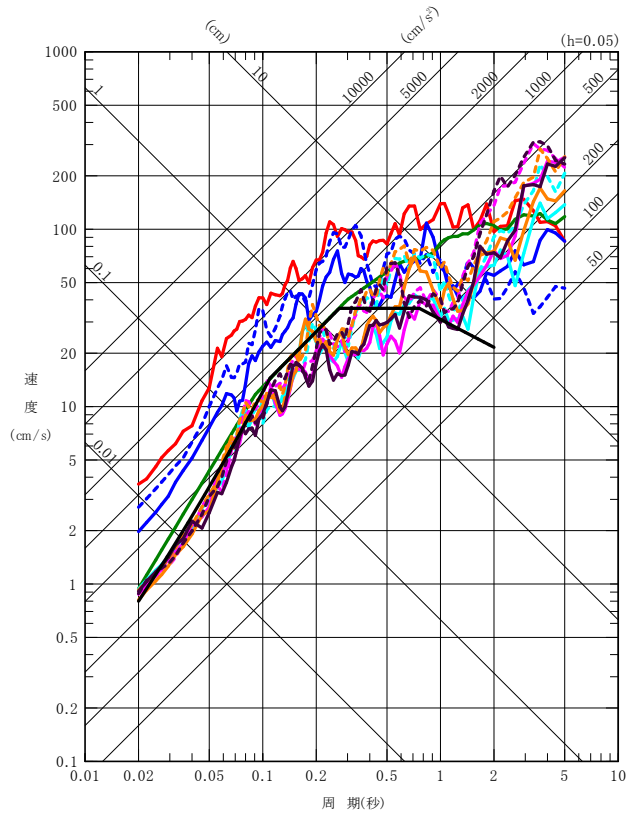
(a) Sd-8H



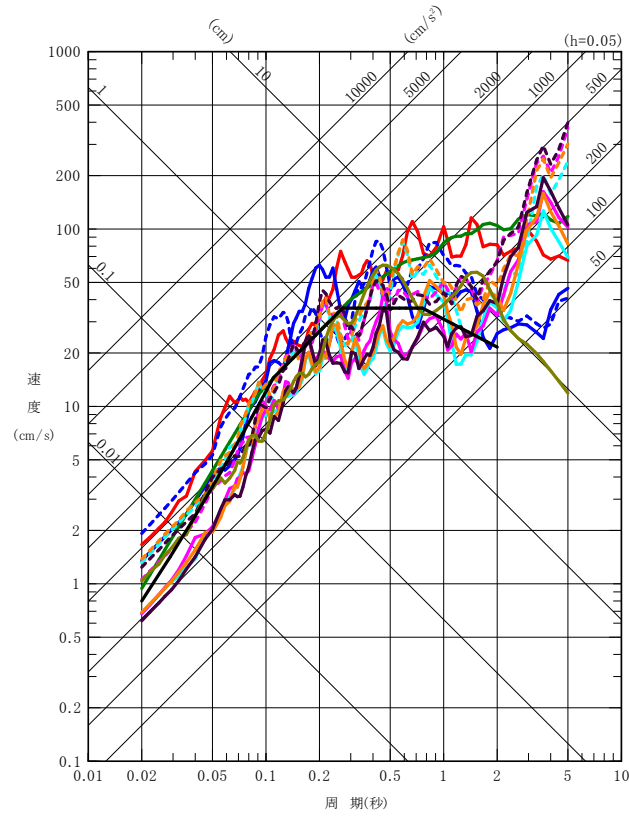
(b) Sd-8V

図 8-2(14) 弾性設計用地震動 Sd-8 の加速度時刻歴波形 (大湊側)

- 弾性設計用地震動 Sd-1H
- 弾性設計用地震動 Sd-2NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-2EW
- 弾性設計用地震動 Sd-3H
- 弾性設計用地震動 Sd-4NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-4EW
- 弾性設計用地震動 Sd-5NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-5EW
- 弾性設計用地震動 Sd-6NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-6EW
- 弾性設計用地震動 Sd-7NS
- - 弾性設計用地震動 Sd-7EW
- 弾性設計用地震動 Sd-8H(大湊側のみ)
- 基準地震動 S₁



(a) 荒浜側



(b) 大湊側

図 8-3 弾性設計用地震動 S d と基準地震動 S₁ の応答スペクトルの比較 (水平方向)

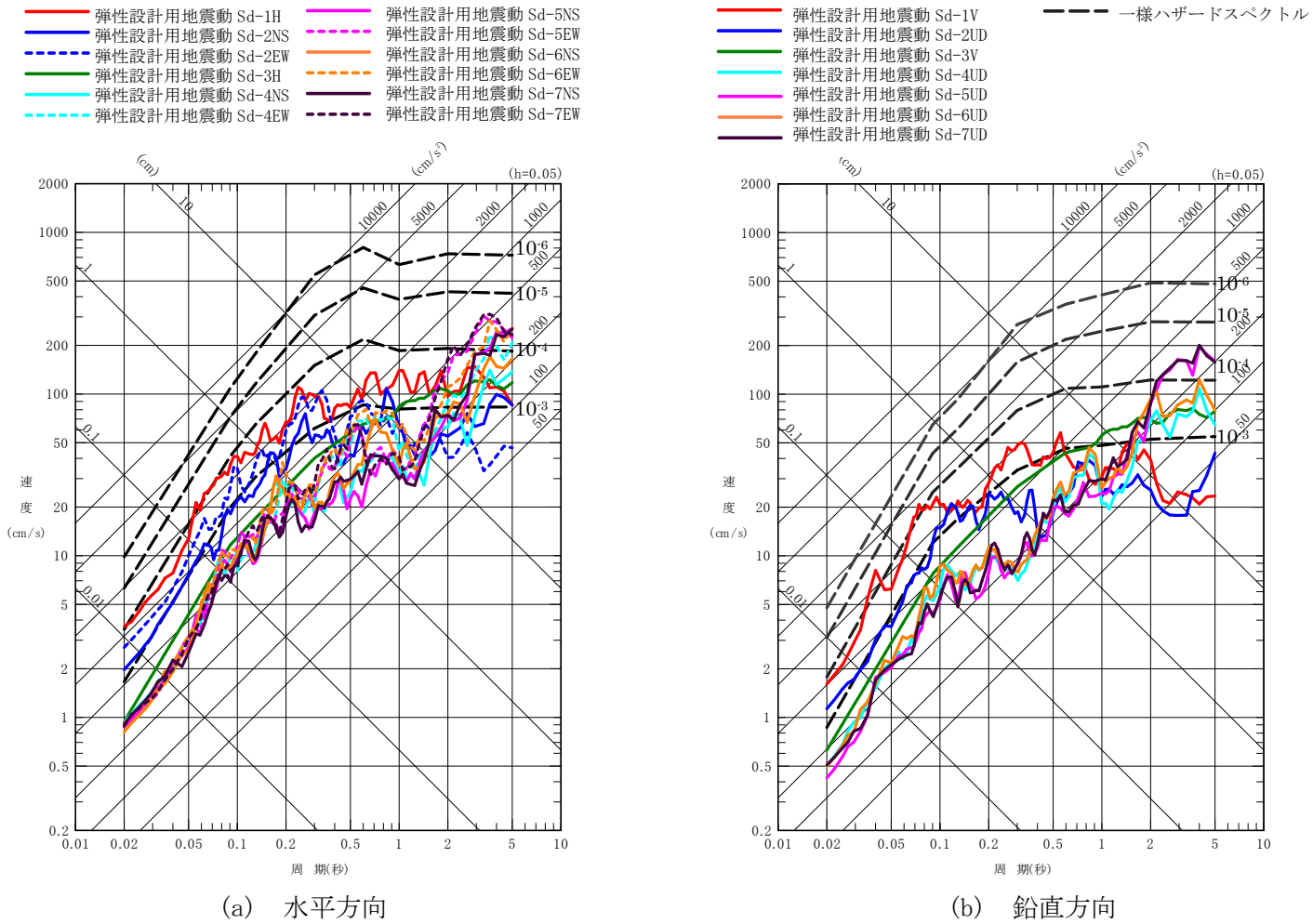


図 8-4(1) 弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトル (荒浜側)

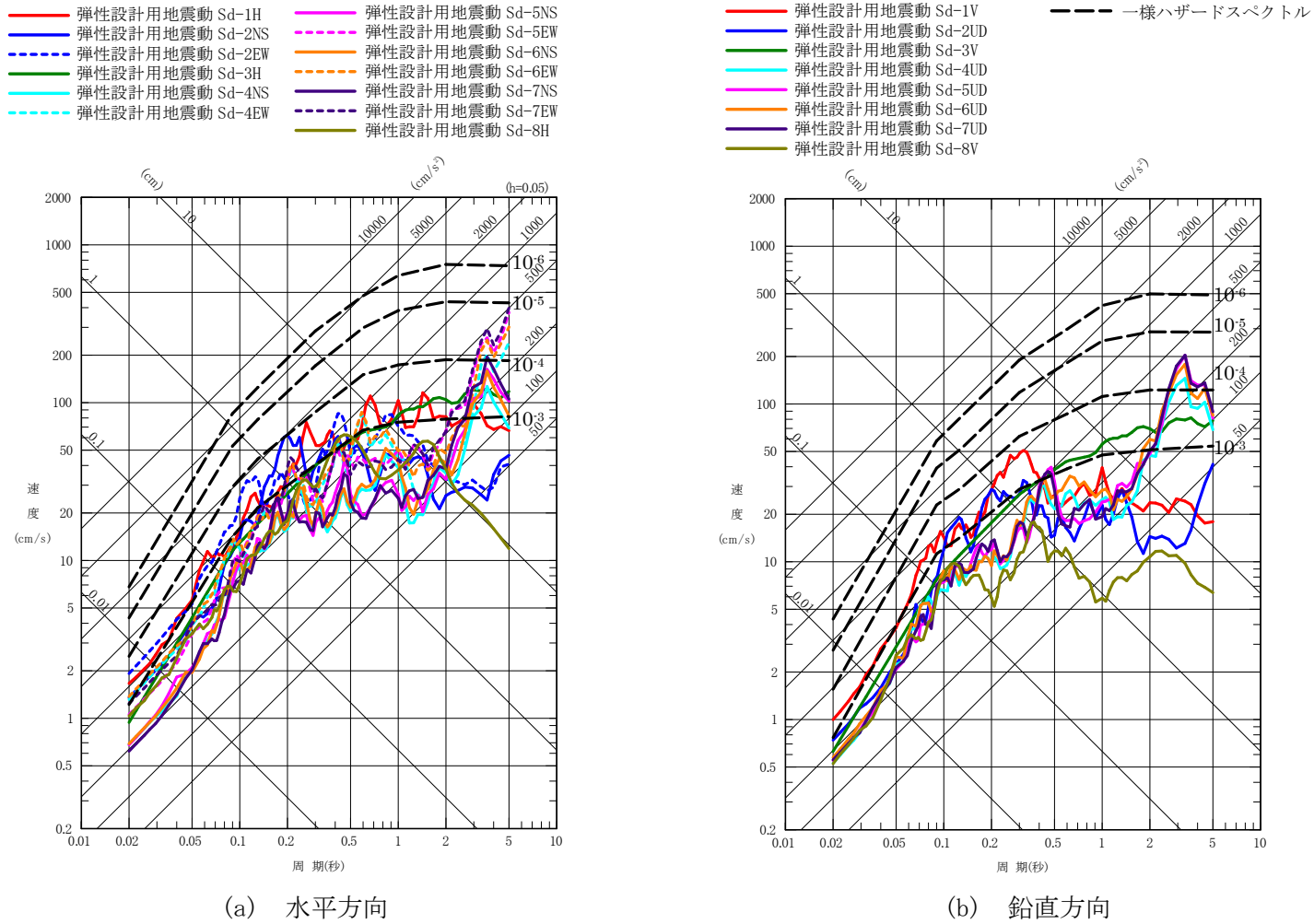


図 8-4(2) 弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトル (大湊側)

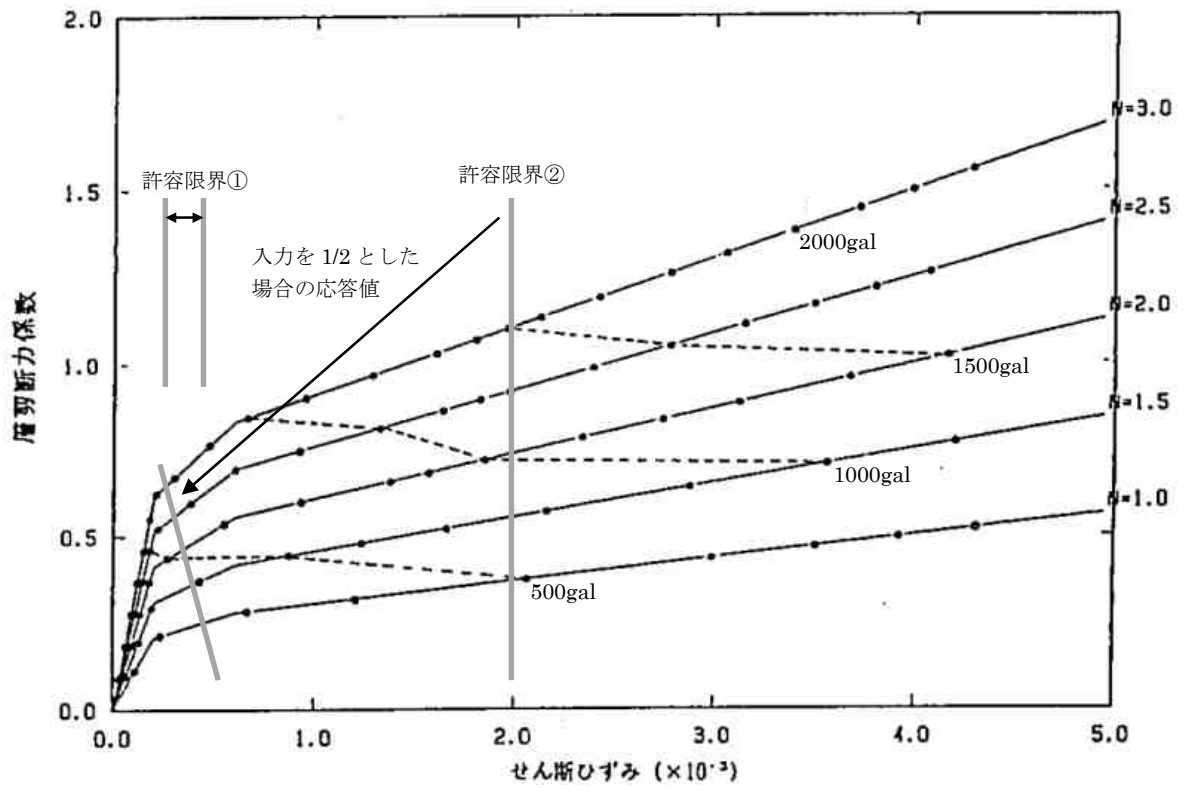


図 8-5 最大入力加速度とスケルトン上の最大応答