

電源開発株式会社
大間原子力発電所

基準地震動 S_s の策定（検討要旨）

平成18年12月
原子力発電安全審査課

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.1 検討用地震の選定

敷地周辺の地震発生状況

敷地に影響を及ぼす地震の選定

検討用地震の選定

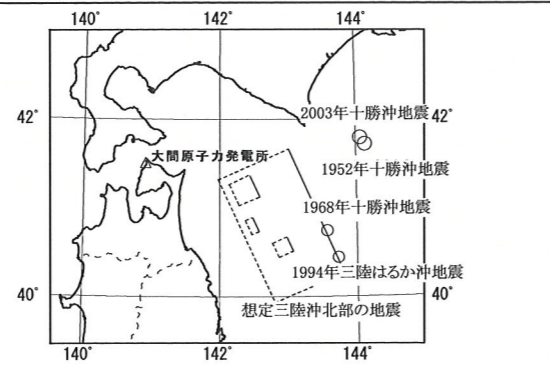
◆プレート間地震

・主な地震

- ①1952年 十勝沖地震(M8.2)
- ②1968年 十勝沖地震(M7.9)
- ③1994年 三陸はるか沖地震(M7.6)
- ④2003年 十勝沖地震(M8.0)

・地震調査研究推進本部、中央防災会議による三陸沖北部の地震を想定した強震動評価

- ①三陸沖北部の地震(Mw8.3)



プレート間の固有地震の発生領域としては、三陸沖北部が敷地に最も近いと考えられることから、

・**想定三陸沖北部の地震**
を選定

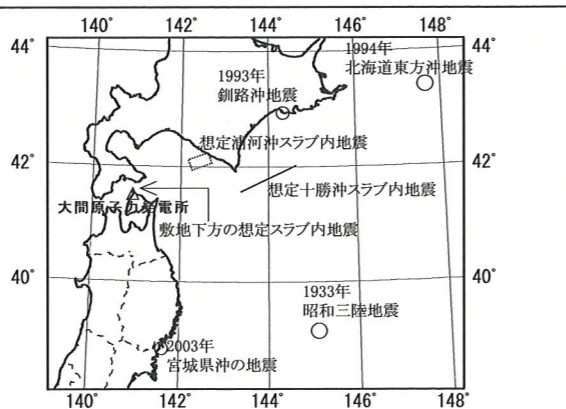
◆海洋プレート内地震

・主な地震

- ①1933年 昭和三陸地震(M8.1)
- ②1993年 釧路沖地震(M7.5)
- ③1994年 北海道東方沖地震(M8.2)
- ④2003年 宮城県沖の地震(M7.1)

・地震調査研究推進本部による千島海溝沿いの地震活動の長期評価

- ①「沈み込んだプレート内のやや浅い地震」(深さ50km程度, M8程度)
- ②「沈み込んだプレート内のやや深い地震」(深さ100km程度, M7.5程度)



スラブ内地震の発生様式を踏まえ、スラブ内地震が敷地の近くで起こり得るものと仮定し、

・**想定蒲河沖スラブ内地震**
・**敷地下方の想定スラブ内地震**
・**想定十勝沖スラブ内地震**
を選定

◆内陸地殻内地震

・主な地震

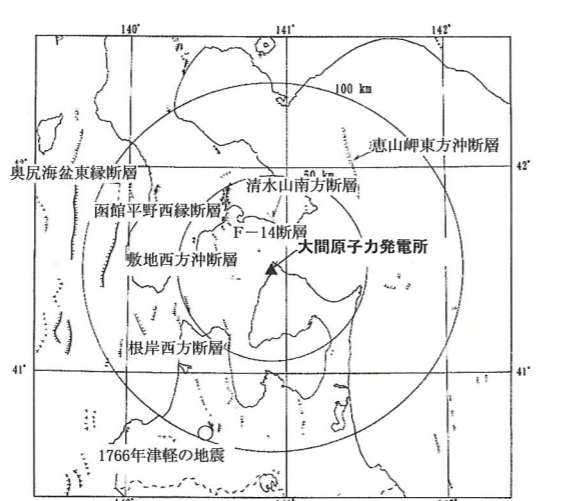
- ①1766年 津軽の地震(M7 1/4)

・活断層

- ①-(1)「海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」による地震(M7.2)
- ①-(2)「海城南西延長部を含む函館平野西縁断層帯」による地震(M7.2)
- ②根岸西方沖断層による地震(M7.1)
- ③奥尻海盆東縁断層による地震(M7.7)
- ④恵山岬東方沖断層(M7.5)
- ⑤清水山南方断層(M6.6)

・孤立した短い活断層

- ①F-14断層(評価長さ:3.4km)
- ②敷地西方沖断層(評価長さ:7.2km)



地震規模と震央距離の関係から、
・「**海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯**」による地震
・「**海城南西延長部を含む函館平野西縁断層帯**」による地震
を選定

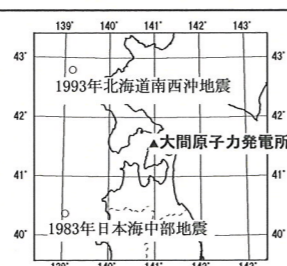
「**孤立した短い活断層による地震**」として震源断層を仮定し、敷地に及ぼす影響を検討

・**F-14断層**

◆日本海東縁部の地震

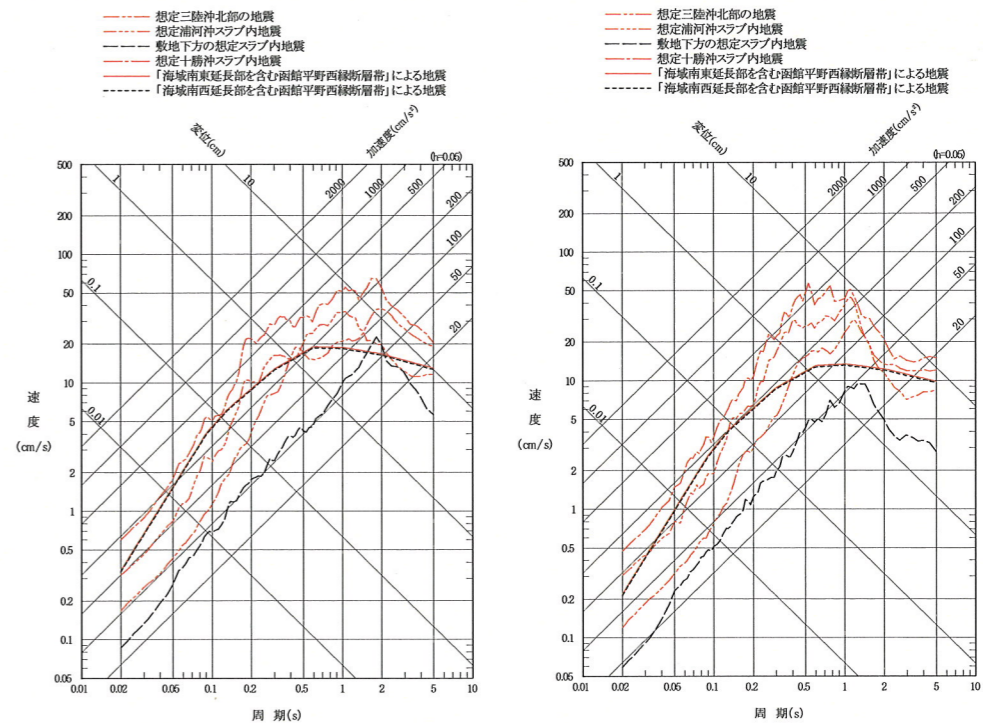
・主な地震

- ①1983年 日本海中部地震(M7.7)
- ②1993年 北海道南西沖地震(M7.8)



日本海東縁部の地震で敷地に影響を及ぼす地震は無かったため、選定しない

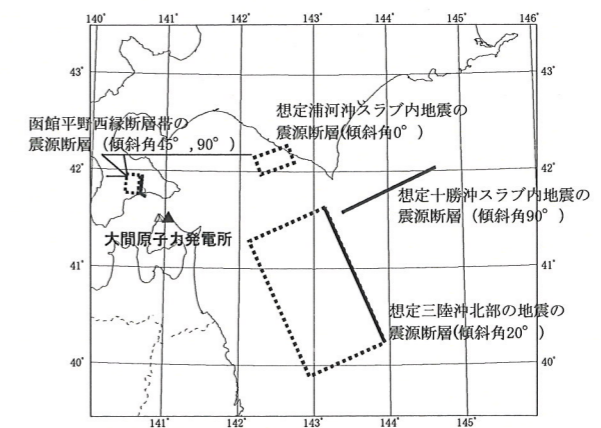
大間原子力発電所敷地に大きな影響を及ぼすと考えられる地震について、Noda et al.(2002)による手法に基づき応答スペクトルを評価し、その影響の相対比較により敷地における検討用地震を選定



選定した検討用地震

分類	検討用地震	マグニチュード ^a M	震央距離 Δ (km)	震源深さ H (km)	等価震源距離 (km)
プレート間地震	想定三陸沖北部の地震	8.3	197	26	174
海洋プレート内地震	想定蒲河沖スラブ内地震	7.5	140	100	184
	想定十勝沖スラブ内地震	8.2	260	55	253
内陸地殻内地震	函館平野西縁断層帯による地震*	7.2	39	11	44

*: 「海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯」による地震



1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.2 検討用地震の地震動評価

1.2.1 想定三陸沖北部の地震

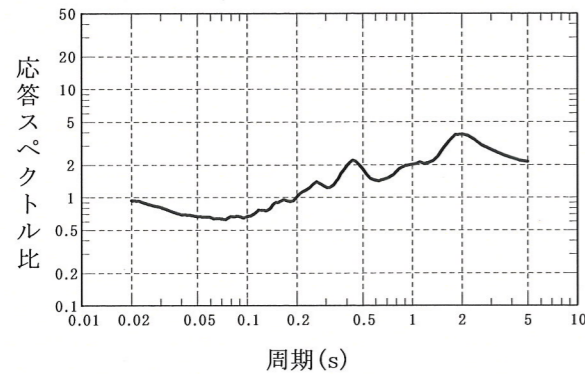
◆応答スペクトルに基づく評価

- 解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを予測し、敷地における地震観測記録に基づいた補正を行うことができるNoda et al.(2002)の方法を用いる
- プレート間地震の観測記録に基づく補正係数を用いる

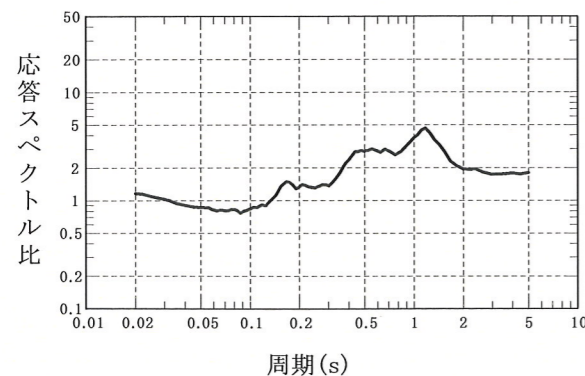
⇒震源特性及び伝播経路を考慮して、火山フロント以東の地震で、かつ逆断層型のプレート間地震(震源深さ60km以浅)の17地震に対する水平地震動、及び13地震^{*1}に対する鉛直地震動を対象に補正係数を評価
 (*1:選定した17地震のうち、4地震については地震計の鉛直成分の感度劣化のため、記録が得られていない)

◆断層モデルを用いた方法

- 想定する地震の震源域で発生したプレート間地震である2001年8月14日の地震を要素地震とし、Irikura(1986)に基づく経験的グリーン関数法により評価
- 震源モデル及び断層パラメータは、地震調査研究推進本部(2004)に基づいて設定

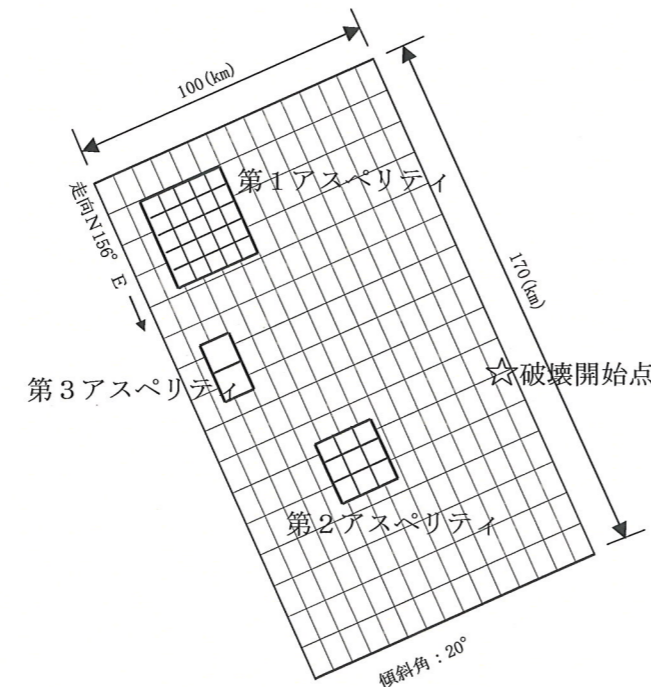
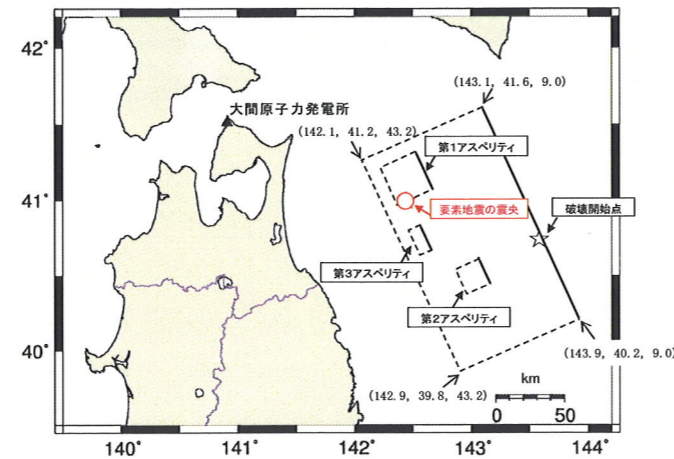


(1)水平動の補正係数

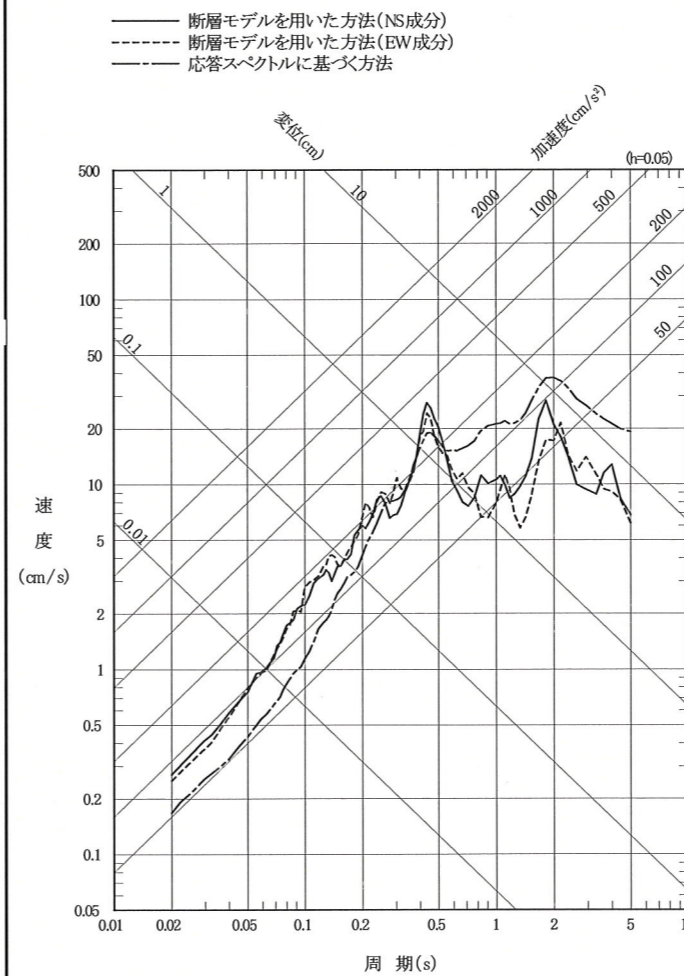


(2)鉛直動の補正係数

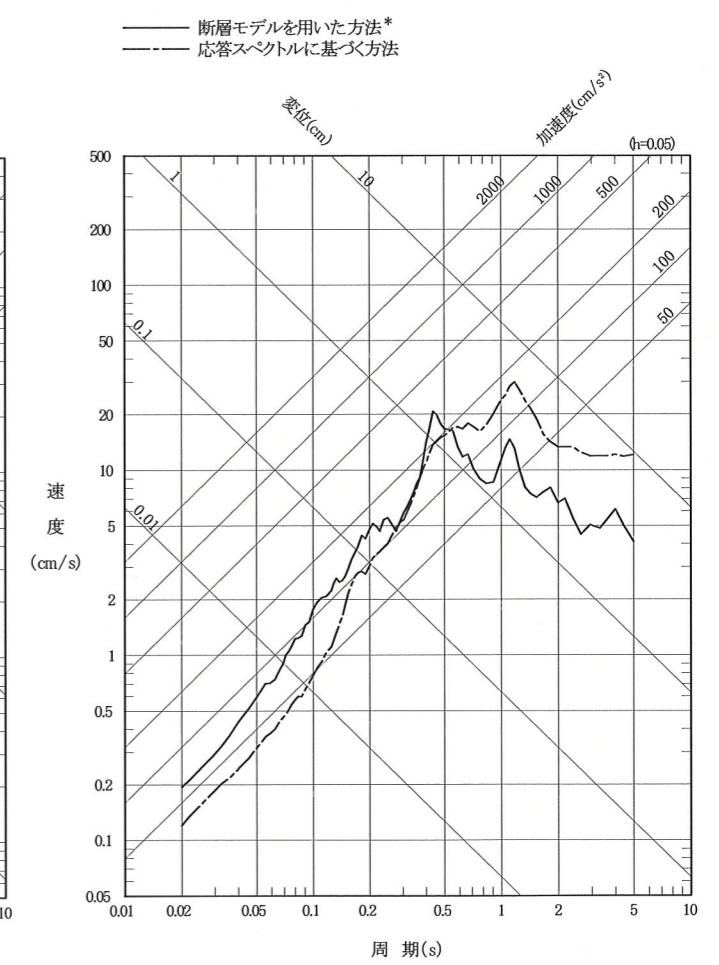
プレート間地震の観測記録に基づく補正係数



想定三陸沖北部の地震の震源モデル



水平動



鉛直動

*:地震計の鉛直成分の感度劣化のため適切な記録が得られていないことから、解放基盤表面における水平動の波形合成結果に、敷地で得られた観測記録の水平動に対する鉛直動の応答スペクトル比を乗じて算出

想定三陸沖北部の地震の応答スペクトル

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.2 検討用地震の地震動評価

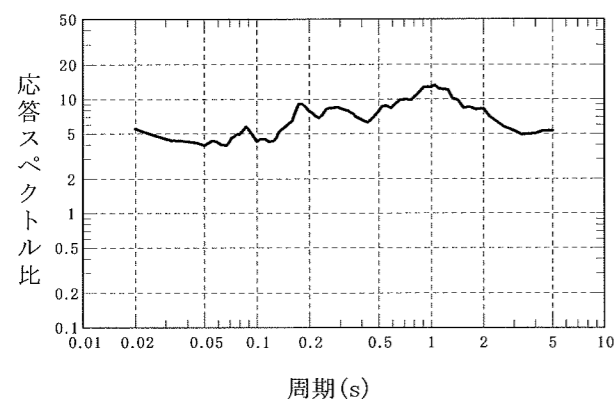
1.2.2 想定浦河沖スラブ内地震

◆応答スペクトルに基づく評価

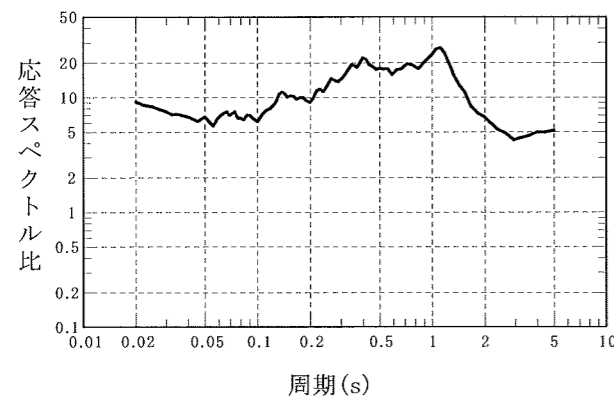
- ・解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを予測し、敷地における地震観測記録に基づいた補正を行うことができるNoda et al.(2002)の方法を用いる
 - ・スラブ内地震の観測記録に基づく補正係数を用いる
- ⇒DE型の地震(2地震)を対象に補正係数を評価

◆断層モデルを用いた方法

- ・DE型の地震である1987年日高山脈北部の地震を要素地震として、巨視的断層モデルを用いてTakemura and Ikeura(1988)に基づく経験的グリーン関数法により評価
- ・震源モデル及び断層パラメータは、Takeo et al.(1993)の1993年釧路沖地震に基づいて設定

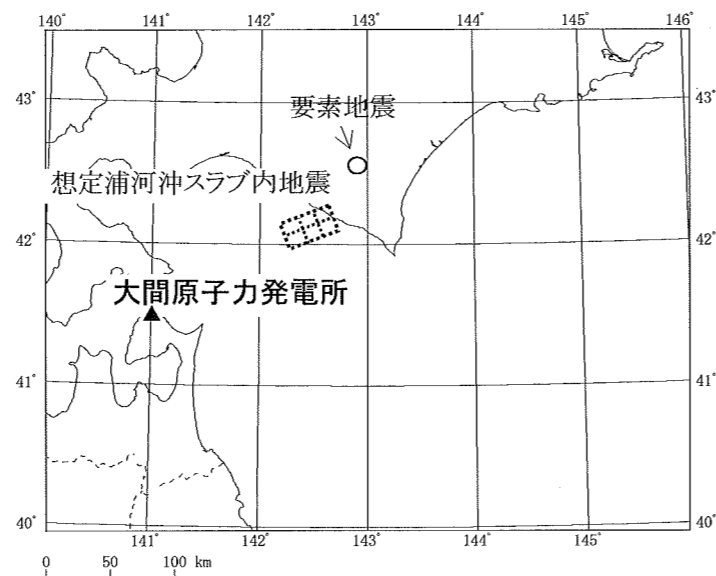


(1)水平動の補正係数

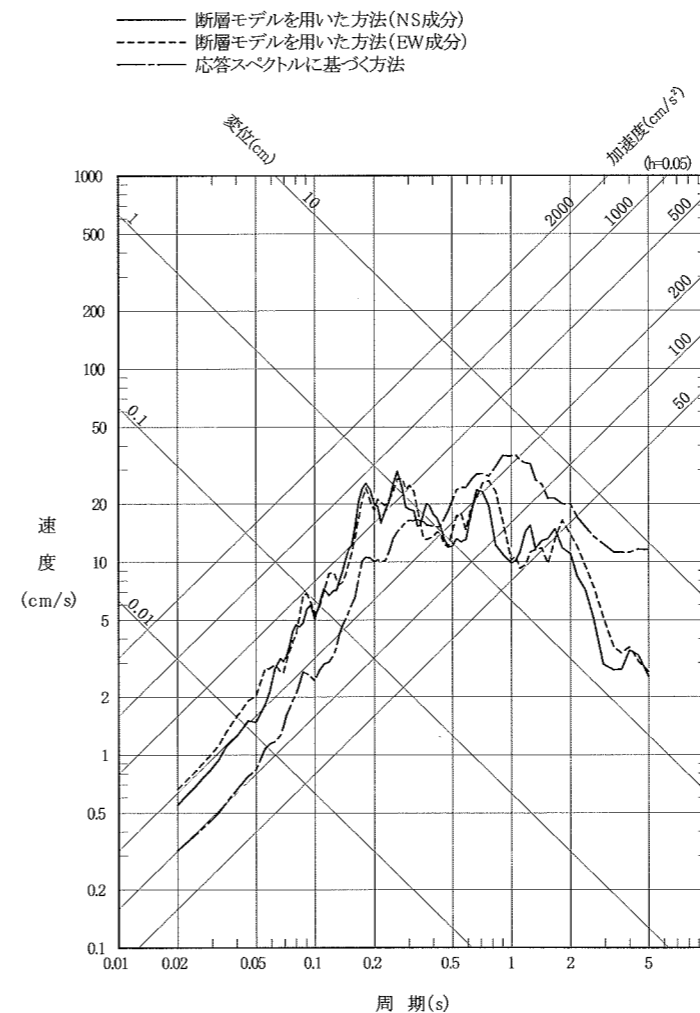


(2)鉛直動の補正係数

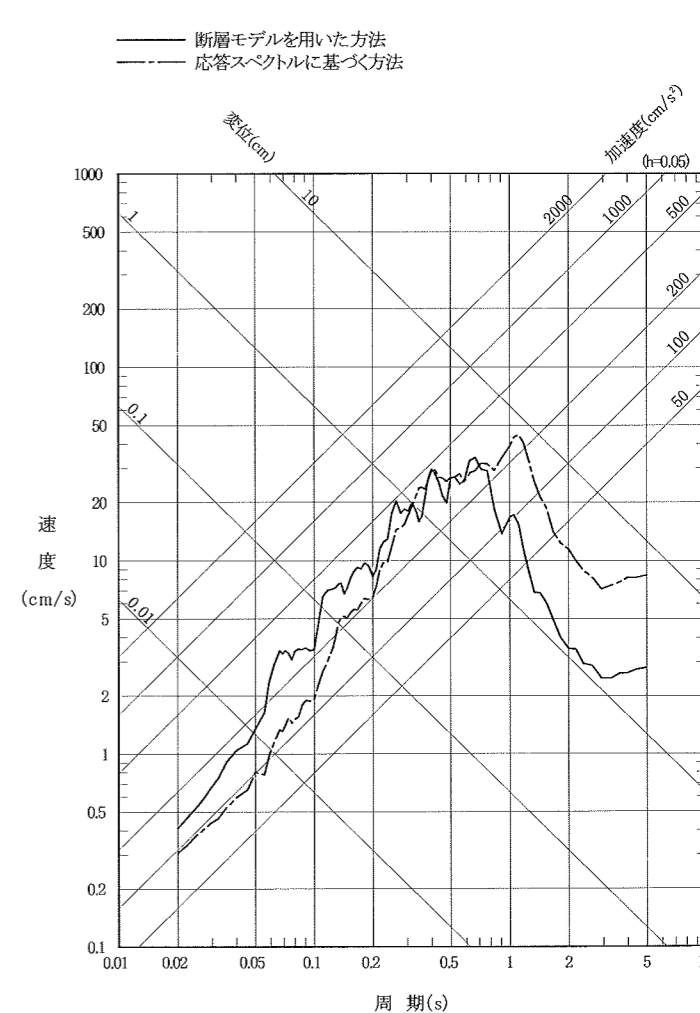
観測記録に基づく補正係数



想定浦河沖スラブ内地震の震源モデル



水平動



鉛直動

想定浦河沖スラブ内地震の応答スペクトル

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.2 検討用地震の地震動評価

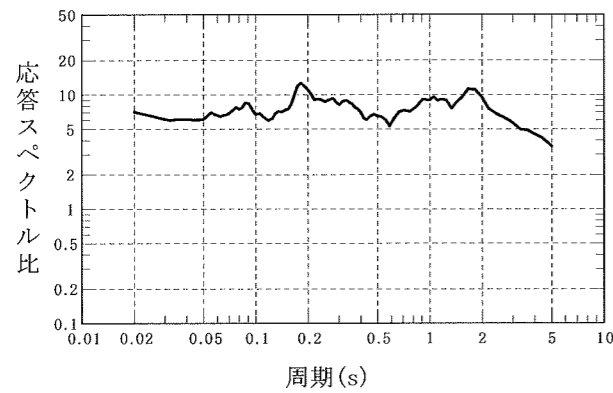
1.2.3 想定十勝沖スラブ内地震

◆応答スペクトルに基づく評価

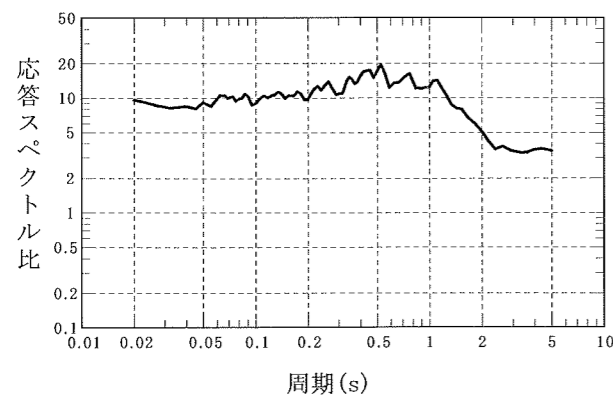
- ・解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを予測し、敷地における地震観測記録に基づいた補正を行うことができるNoda et al.(2002)の方法を用いる
 - ・スラブ内地震の観測記録に基づく補正係数を用いる
- ⇒1994年北海道東方沖地震と同じメカニズムの地震観測記録がないことから、DE型の地震とDC型の地震の各々1地震(いずれもM6.6の地震)を対象に補正係数を評価

◆断層モデルを用いた方法

- ・想定する地震の震源域で発生したプレート内地震と推定される2003年9月26日5時57分の地震を要素地震として、Irikura(1986)に基づく経験的グリーン関数法により評価
- ・震源モデル及び断層パラメータは、森川ほか(2002)の1994年北海道東方沖地震に基づいて設定

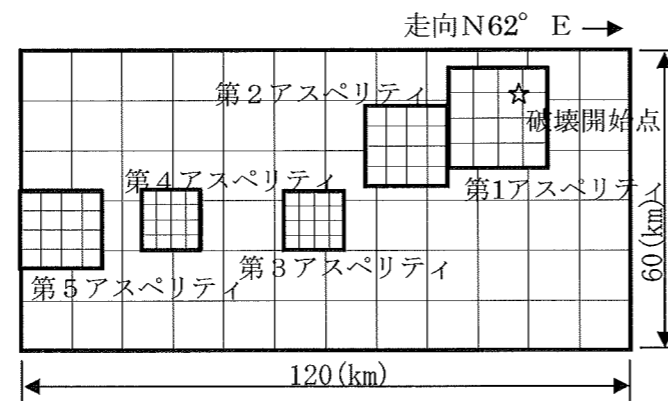
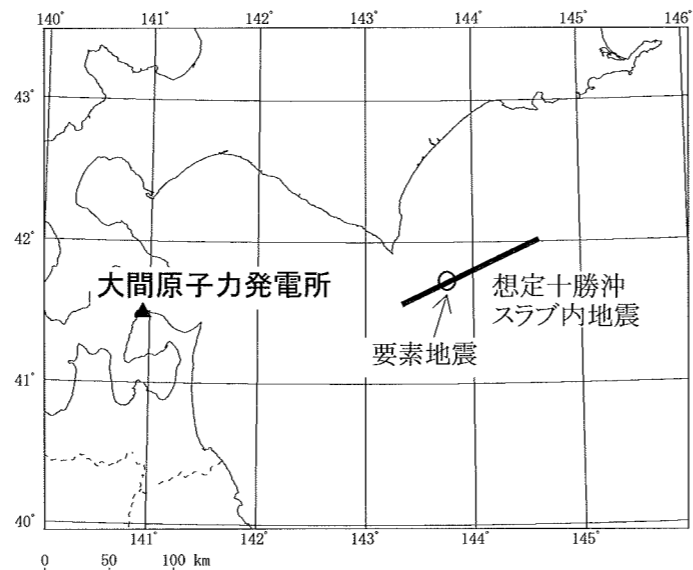


(1)水平動の補正係数

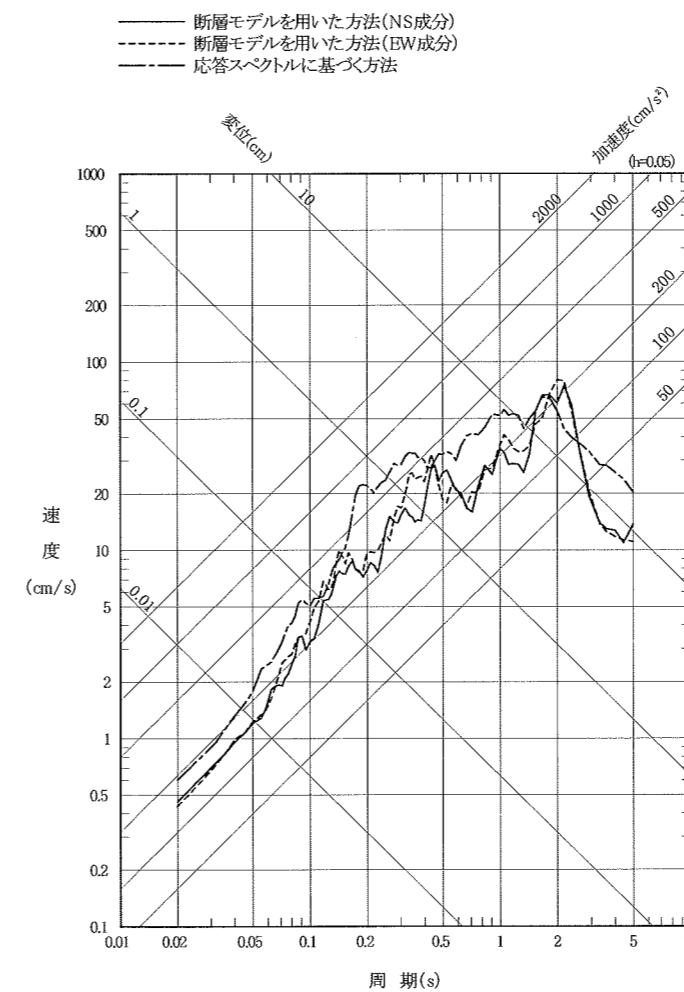


(2)鉛直動の補正係数

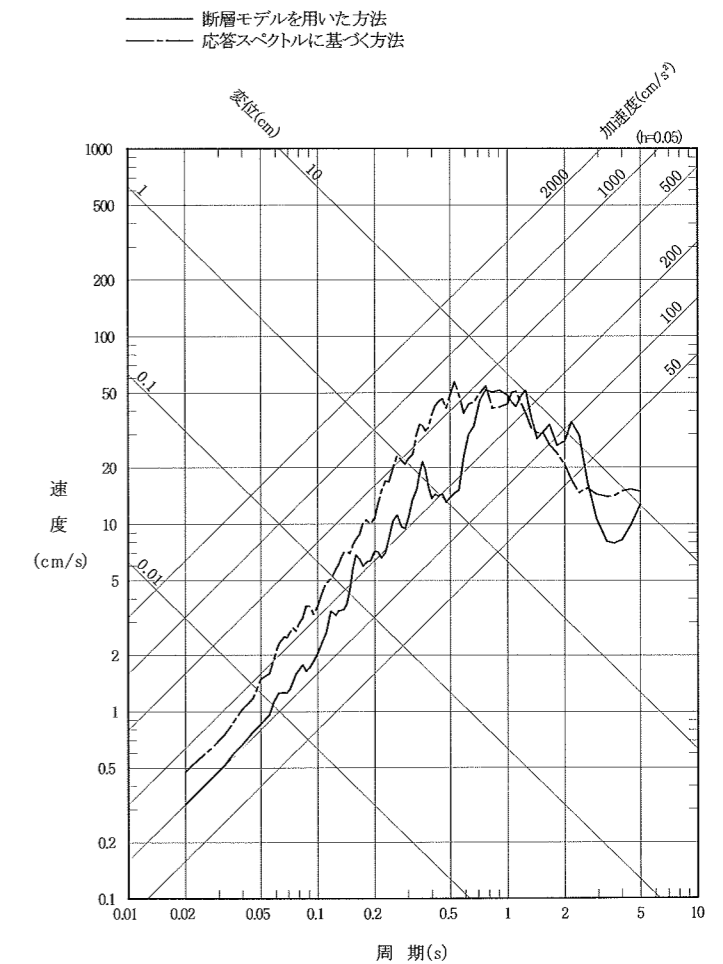
観測記録に基づく補正係数



想定十勝沖スラブ内地震の震源モデル



水平動



鉛直動

想定十勝沖スラブ内地震の応答スペクトル

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.2 検討用地震の地震動評価

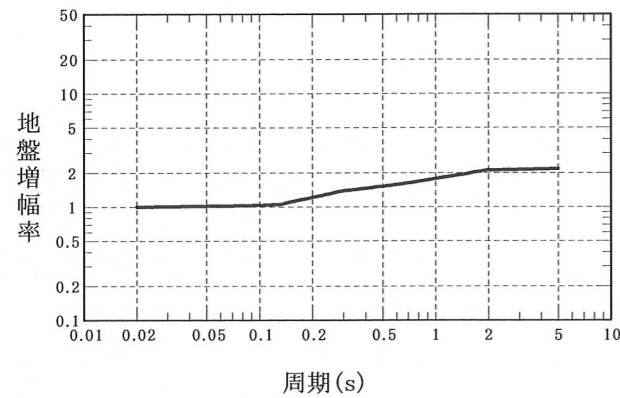
1.2.4 函館平野西縁断層帯による地震

◆ 応答スペクトルに基づく評価

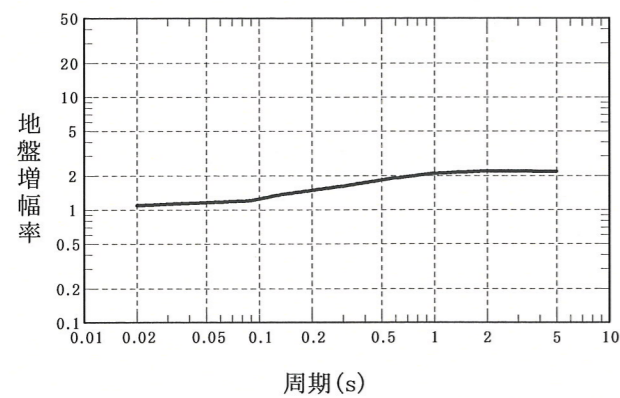
- 解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを予測するNoda et al.(2002)の方法を用いる
- 敷地において観測記録が得られていないことから、Noda et al.(2002)による地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅率を用いる。なお、Noda et al.(2002)による内陸地殻内地震の補正は考慮しない

◆ 断層モデルを用いた方法

- 要素地震として用いることができる観測記録が敷地で得られていないことから、統計的グリーン関数法を用いて評価
- 断層パラメータは、入倉ほか(2002)及び壇ほか(2002)に基づき設定
- 要素地震波は、Boore(1983)の方法に基づき作成、振幅包絡線の経時変化はNoda et al.(2002)に基づく
- 統計的グリーン関数法による評価結果の妥当性を確認するために、ハイブリッド法により評価

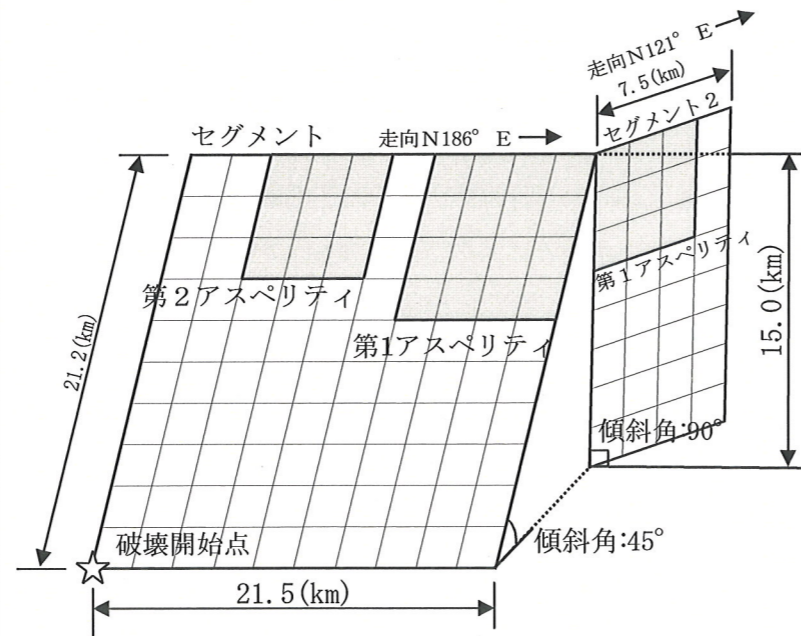
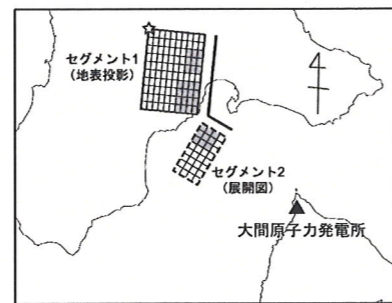


(1) 水平動の地盤増幅率

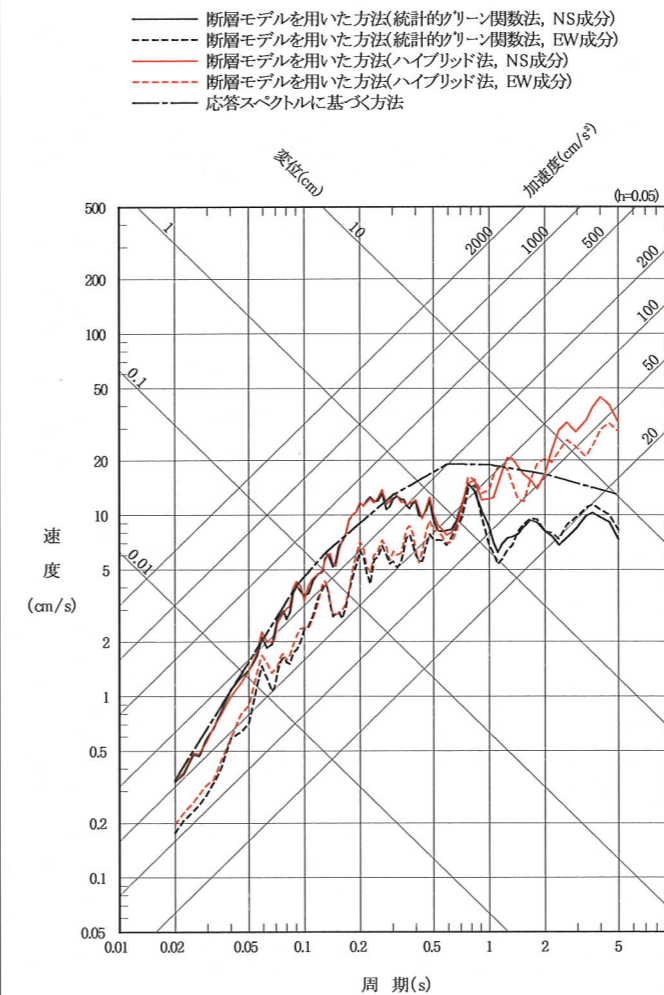


(2) 鉛直動の地盤増幅率

内陸地殻内地震に対する地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅率

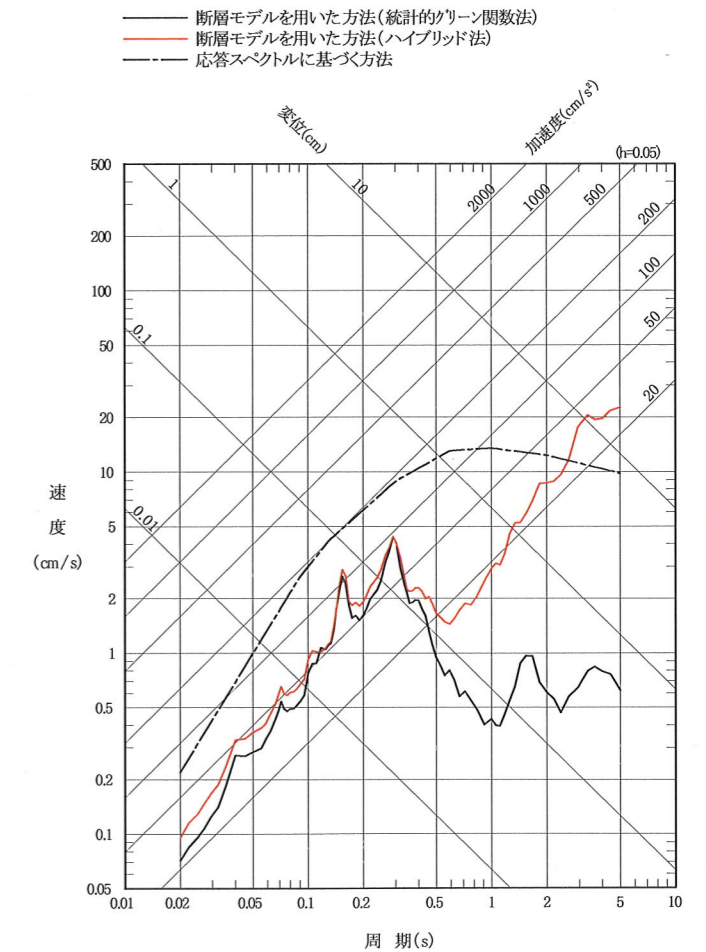


函館平野西縁断層帯による地震の震源モデル



水平動

函館平野西縁断層帯による地震の応答スペクトル



鉛直動

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.3 検討用地震の地震動評価

1.3.5 不確かさの考慮 (1/2)

検討用地震	敷地周辺において地震タイプごとに考慮すべき不確かさ	考慮すべき不確かさの取扱い																	
	震源要素	震源要素の基本的な設定																	
		考慮する不確かさ																	
想定三陸沖北部の地震	プレート間地震																		
<p>◆断層モデルを用いた方法及び応答スペクトルに基づく方法に共通の震源要素</p> <table border="1"> <tr> <td>地震規模</td> <td>地震規模(M7.4~7.9, Mw8.3)</td> <td>地震調査研究推進本部(2004)に基づく</td> <td rowspan="3">過去に1677年(M7.9), 1763年(M7.4), 1856年(M7.5), 1968年(M7.9)の地震が繰り返し発生しており、固有地震と考えられ、地震調査研究推進本部(2004)により、1968年十勝沖地震の震度分布と調和的になることが検証されており、信頼性は高いと考えられる。</td> </tr> <tr> <td>発生位置</td> <td>発生位置(三陸沖北部)</td> <td>地震調査研究推進本部(2004)に基づく</td> </tr> <tr> <td>アスペリティ位置</td> <td>アスペリティ位置</td> <td>地震調査研究推進本部(2004)に基づく</td> </tr> </table> <p>第1アスペリティを震源断層ごと敷地に近づけて設定 永井ほか(2001)によるすべりの大きい領域に合わせて近づける。</p>			地震規模	地震規模(M7.4~7.9, Mw8.3)	地震調査研究推進本部(2004)に基づく	過去に1677年(M7.9), 1763年(M7.4), 1856年(M7.5), 1968年(M7.9)の地震が繰り返し発生しており、固有地震と考えられ、地震調査研究推進本部(2004)により、1968年十勝沖地震の震度分布と調和的になることが検証されており、信頼性は高いと考えられる。	発生位置	発生位置(三陸沖北部)	地震調査研究推進本部(2004)に基づく	アスペリティ位置	アスペリティ位置	地震調査研究推進本部(2004)に基づく							
地震規模	地震規模(M7.4~7.9, Mw8.3)	地震調査研究推進本部(2004)に基づく	過去に1677年(M7.9), 1763年(M7.4), 1856年(M7.5), 1968年(M7.9)の地震が繰り返し発生しており、固有地震と考えられ、地震調査研究推進本部(2004)により、1968年十勝沖地震の震度分布と調和的になることが検証されており、信頼性は高いと考えられる。																
発生位置	発生位置(三陸沖北部)	地震調査研究推進本部(2004)に基づく																	
アスペリティ位置	アスペリティ位置	地震調査研究推進本部(2004)に基づく																	
<p>◆断層モデルを用いた方法に関する震源要素</p> <table border="1"> <tr> <td>アスペリティ面積・応力降下量・すべり量</td> <td>アスペリティ面積・応力降下量・すべり量</td> <td>地震調査研究推進本部(2004)に基づく</td> <td rowspan="2">観測記録と調和的になることが検証されていることを踏まえると、震源位置を近づけた場合の影響の方が大きいと考えられる。</td> </tr> <tr> <td>破壊開始点</td> <td>破壊開始点</td> <td>地震調査研究推進本部(2004)に基づく(敷地へ破壊が向かう位置)</td> </tr> <tr> <td>破壊伝播速度</td> <td colspan="2">奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。</td> <td rowspan="3">敷地に対して厳しい条件になっている。</td> </tr> <tr> <td>要素地震</td> <td>要素地震</td> <td>2001年8月14日の地震(M6.4)</td> </tr> <tr> <td>地下構造</td> <td>地下構造</td> <td>要素地震として考慮</td> </tr> </table> <p>敷地への影響に支配的な第1アスペリティで発生した地震であるため、最も適切な要素地震であり、グリーン関数は適切に評価されていると考えられる。</p>			アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	地震調査研究推進本部(2004)に基づく	観測記録と調和的になることが検証されていることを踏まえると、震源位置を近づけた場合の影響の方が大きいと考えられる。	破壊開始点	破壊開始点	地震調査研究推進本部(2004)に基づく(敷地へ破壊が向かう位置)	破壊伝播速度	奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。		敷地に対して厳しい条件になっている。	要素地震	要素地震	2001年8月14日の地震(M6.4)	地下構造	地下構造	要素地震として考慮
アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	地震調査研究推進本部(2004)に基づく	観測記録と調和的になることが検証されていることを踏まえると、震源位置を近づけた場合の影響の方が大きいと考えられる。																
破壊開始点	破壊開始点	地震調査研究推進本部(2004)に基づく(敷地へ破壊が向かう位置)																	
破壊伝播速度	奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。		敷地に対して厳しい条件になっている。																
要素地震	要素地震	2001年8月14日の地震(M6.4)																	
地下構造	地下構造	要素地震として考慮																	
<p>◆応答スペクトルに基づく方法に関する震源要素</p> <table border="1"> <tr> <td>地下構造(サイト特性・伝播特性)</td> <td>地下構造(サイト特性・伝播特性)</td> <td>観測記録に基づく補正</td> <td>観測記録による補正により距離減衰式のパラメータは小さくなっていると考えられる。</td> </tr> </table>			地下構造(サイト特性・伝播特性)	地下構造(サイト特性・伝播特性)	観測記録に基づく補正	観測記録による補正により距離減衰式のパラメータは小さくなっていると考えられる。													
地下構造(サイト特性・伝播特性)	地下構造(サイト特性・伝播特性)	観測記録に基づく補正	観測記録による補正により距離減衰式のパラメータは小さくなっていると考えられる。																
想定浦河沖スラブ内地震	海洋プレート内地震																		
<p>◆断層モデルを用いた方法及び応答スペクトルに基づく方法に共通の震源要素</p> <table border="1"> <tr> <td>地震規模</td> <td>地震規模(M7.5程度)</td> <td>M7.5</td> <td>1993年釧路沖地震相当の地震規模を想定。</td> </tr> <tr> <td>発生位置</td> <td>発生位置(十勝沖~択捉島沖)</td> <td>千島弧で敷地に最も近い浦河沖の位置</td> <td>敷地に対して厳しい条件設定である。</td> </tr> <tr> <td>アスペリティ位置</td> <td>アスペリティ位置</td> <td></td> <td>Takeo et al.(1993)による1993年釧路沖地震の震源モデルは巨視的断層モデルであるが、Takemura and Ikeura(1988)の手法を用いて、断層面の不均質を考慮しており、地震動の短周期成分は、適切に評価されていると考えられ、地震規模、発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。</td> </tr> </table>			地震規模	地震規模(M7.5程度)	M7.5	1993年釧路沖地震相当の地震規模を想定。	発生位置	発生位置(十勝沖~択捉島沖)	千島弧で敷地に最も近い浦河沖の位置	敷地に対して厳しい条件設定である。	アスペリティ位置	アスペリティ位置		Takeo et al.(1993)による1993年釧路沖地震の震源モデルは巨視的断層モデルであるが、Takemura and Ikeura(1988)の手法を用いて、断層面の不均質を考慮しており、地震動の短周期成分は、適切に評価されていると考えられ、地震規模、発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。					
地震規模	地震規模(M7.5程度)	M7.5	1993年釧路沖地震相当の地震規模を想定。																
発生位置	発生位置(十勝沖~択捉島沖)	千島弧で敷地に最も近い浦河沖の位置	敷地に対して厳しい条件設定である。																
アスペリティ位置	アスペリティ位置		Takeo et al.(1993)による1993年釧路沖地震の震源モデルは巨視的断層モデルであるが、Takemura and Ikeura(1988)の手法を用いて、断層面の不均質を考慮しており、地震動の短周期成分は、適切に評価されていると考えられ、地震規模、発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。																
<p>◆断層モデルを用いた方法に関する震源要素</p> <table border="1"> <tr> <td>アスペリティ面積・応力降下量・すべり量</td> <td>アスペリティ面積・応力降下量・すべり量</td> <td>敷地へ破壊が向かう位置</td> <td rowspan="2">敷地に対して厳しい条件設定であるが、震源規模及び発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。</td> </tr> <tr> <td>破壊開始点</td> <td>破壊開始点</td> <td></td> </tr> <tr> <td>破壊伝播速度</td> <td colspan="2">奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。</td> <td rowspan="3">1993年釧路沖地震と同様に1Hz付近にピークを有する記録であることから、スペクトル特性の不確かさとして考慮する。</td> </tr> <tr> <td>要素地震</td> <td>要素地震</td> <td>1987年日高山脈北部の地震(M6.6)</td> </tr> <tr> <td>地下構造</td> <td>地下構造</td> <td>要素地震として考慮</td> </tr> </table> <p>1984年6月22日の地震(M5.3) 要素地震の不確かさに含まれていると考えられる。</p>			アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	敷地へ破壊が向かう位置	敷地に対して厳しい条件設定であるが、震源規模及び発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。	破壊開始点	破壊開始点		破壊伝播速度	奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。		1993年釧路沖地震と同様に1Hz付近にピークを有する記録であることから、スペクトル特性の不確かさとして考慮する。	要素地震	要素地震	1987年日高山脈北部の地震(M6.6)	地下構造	地下構造	要素地震として考慮
アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	敷地へ破壊が向かう位置	敷地に対して厳しい条件設定であるが、震源規模及び発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。																
破壊開始点	破壊開始点																		
破壊伝播速度	奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。		1993年釧路沖地震と同様に1Hz付近にピークを有する記録であることから、スペクトル特性の不確かさとして考慮する。																
要素地震	要素地震	1987年日高山脈北部の地震(M6.6)																	
地下構造	地下構造	要素地震として考慮																	
<p>◆応答スペクトルに基づく方法に関する震源要素</p> <table border="1"> <tr> <td>地下構造(サイト特性・伝播特性)</td> <td>地下構造(サイト特性・伝播特性)</td> <td>観測記録に基づく補正</td> <td>プレート内を伝播する距離の効果で1993年釧路沖地震観測記録を補正 スラブ内地震の地震動はプレートの沈み込み形状の影響を受け、また、プレート内のHigh-Qゾーンを伝播する距離の影響を受ける。</td> </tr> </table>			地下構造(サイト特性・伝播特性)	地下構造(サイト特性・伝播特性)	観測記録に基づく補正	プレート内を伝播する距離の効果で1993年釧路沖地震観測記録を補正 スラブ内地震の地震動はプレートの沈み込み形状の影響を受け、また、プレート内のHigh-Qゾーンを伝播する距離の影響を受ける。													
地下構造(サイト特性・伝播特性)	地下構造(サイト特性・伝播特性)	観測記録に基づく補正	プレート内を伝播する距離の効果で1993年釧路沖地震観測記録を補正 スラブ内地震の地震動はプレートの沈み込み形状の影響を受け、また、プレート内のHigh-Qゾーンを伝播する距離の影響を受ける。																

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.3 検討用地震の地震動評価

1.3.5 不確かさの考慮 (2/2)

検討用地震	敷地周辺において地震タイプごとに考慮すべき不確かさ	考慮すべき不確かさの取扱い	
	震源要素	地震動への影響が大きい震源要素	考慮する不確かさ
想定十勝沖スラブ内地震	海洋プレート内地震	◆断層モデルを用いた方法及び応答スペクトルに基づく方法に共通の震源要素	
	地震規模	地震規模(M8.2前後)	M8.2 1994年北海道東方沖地震相当の地震規模を想定。
	発生位置	発生位置(十勝沖～択捉島沖)	千島弧で敷地に最も近い十勝沖の位置 敷地に対して厳しい条件設定である。
	アスペリティ位置	アスペリティ位置	森川ほか(2002)に基づく 観測記録をもとに設定されていることを踏まえると、震源規模、発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	◆断層モデルを用いた方法に関する震源要素		
	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	森川ほか(2002)に基づく 観測記録をもとに設定されていることを踏まえると、震源規模、発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	破壊開始点	破壊開始点	森川ほか(2002)に基づく 敷地に対して厳しい条件設定になっている。
	破壊伝播速度	奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。	
	要素地震	要素地震	2003年9月26日の地震(M5.6) 要素地震として用いることができる記録は1記録のみ
	地下構造	地下構造	要素地震として考慮 要素地震の不確かさの影響は、震源規模、発生位置の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	◆応答スペクトルに基づく方法に関する震源要素		
	地下構造(サイト特性・伝播特性)	地下構造(サイト特性・伝播特性)	観測記録に基づく補正 プレート内を伝播する距離の効果で1994年北海道東方沖地震観測記録を補正 スラブ内地震の地震動はプレートの沈み込み形状の影響を受け、また、プレート内のHigh-Qゾーンを伝播する距離の影響を受ける。
函館平野西縁断層帯による地震	内陸地殻内地震	◆断層モデルを用いた方法及び応答スペクトルに基づく方法に共通の震源要素	
	地震規模	地震規模(M7.0～7.5程度)	M7.2(申請者による調査結果に基づく) M7.5 地震調査研究推進本部(2001)による(単位変位量から規模を算定)。
	発生位置	発生位置(申請者による2つの評価)	敷地により近い海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯断層帯の位置 敷地に対して厳しい条件設定になっており、また、地震規模の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	アスペリティ位置	アスペリティ位置	平均変位速度が大きい位置に設定
	◆断層モデルを用いた方法に関する震源要素		
	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	アスペリティ面積・応力降下量・すべり量	巨視的パラメータから強震動予測レシビに基づいて設定 地震規模の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	破壊開始点	破壊開始点	敷地へ破壊が向かう位置 敷地に対して厳しい条件設定であるが、地震規模の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	破壊伝播速度	奥村ほか(2005)によれば、地震動への影響は小さいと考えられる。	
	要素地震	要素地震	Boore(1983), Noda et al.(2002)に基づく 地震規模の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	地下構造	地下構造	地震基盤以深:佐藤ほか(1989)に基づく 地震基盤以浅:H/Vスペクトル比の逆解析結果に基づく 地震規模の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。
	◆応答スペクトルに基づく方法に関する震源要素		
	地下構造(サイト特性・伝播特性)	地下構造(サイト特性・伝播特性)	Noda et al.(2002)によるVs, Vpに基づく補正 地震規模の不確かさの影響よりも小さいと考えられる。

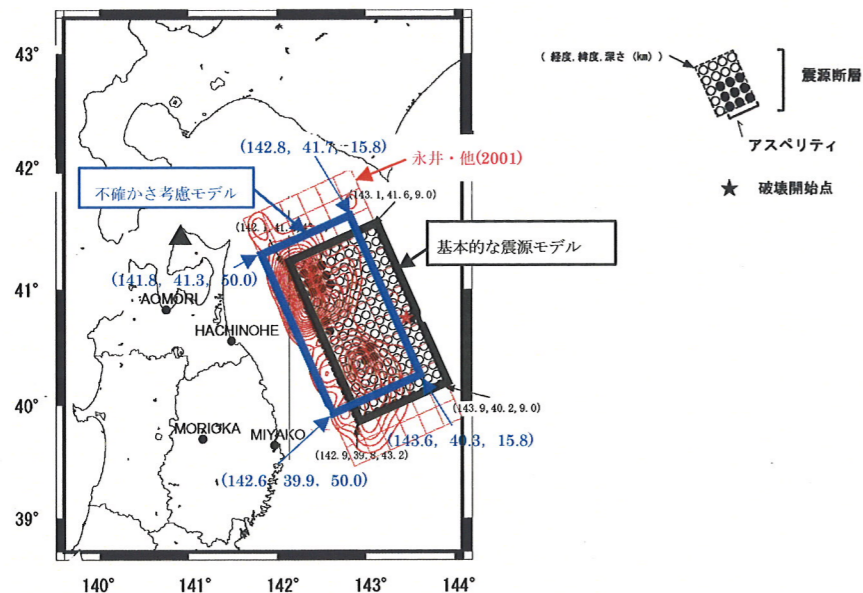
1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.3 不確かさの考慮

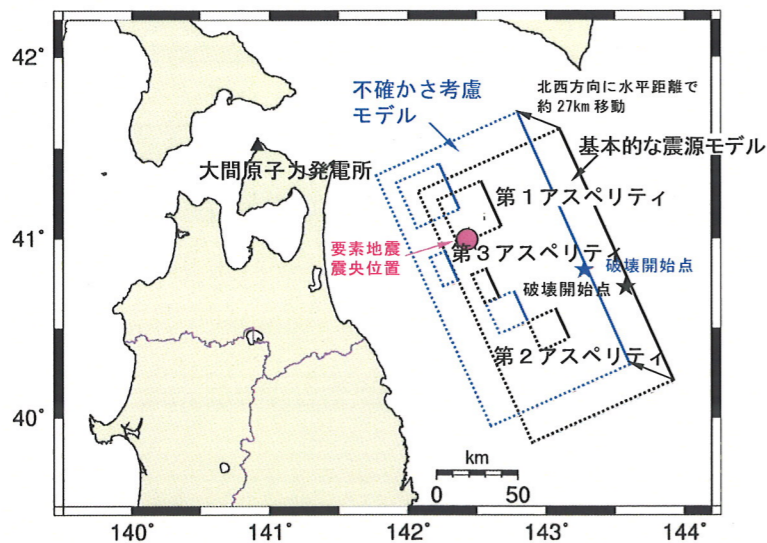
1.3.1 想定三陸沖北部の地震

○震源位置の不確かさ

・想定三陸沖北部の地震の震源位置の不確かさを考慮し、既往の知見を踏まえて、震源モデル全体を敷地に近づけたケースを設定して地震動を評価

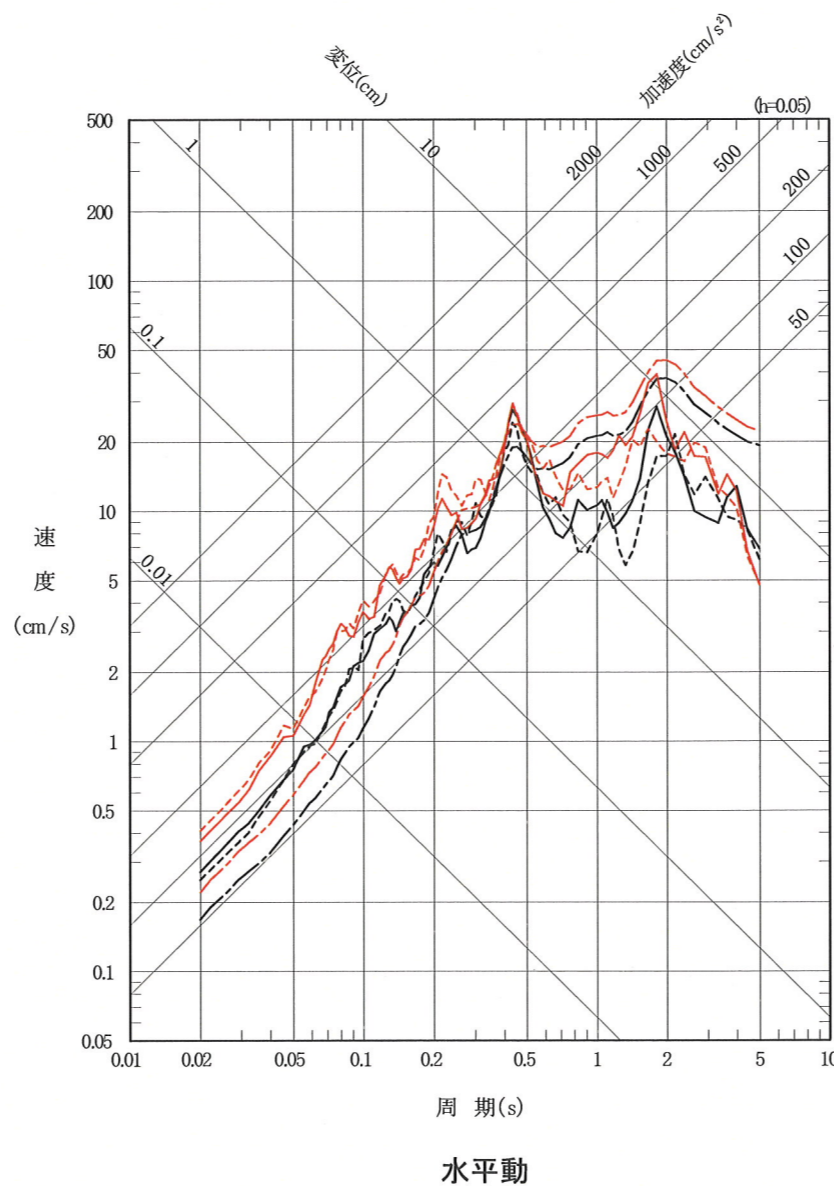


永井・他(2001)によるすべりの大きい領域と基本的な震源モデル及び不確かさ考慮モデルの比較



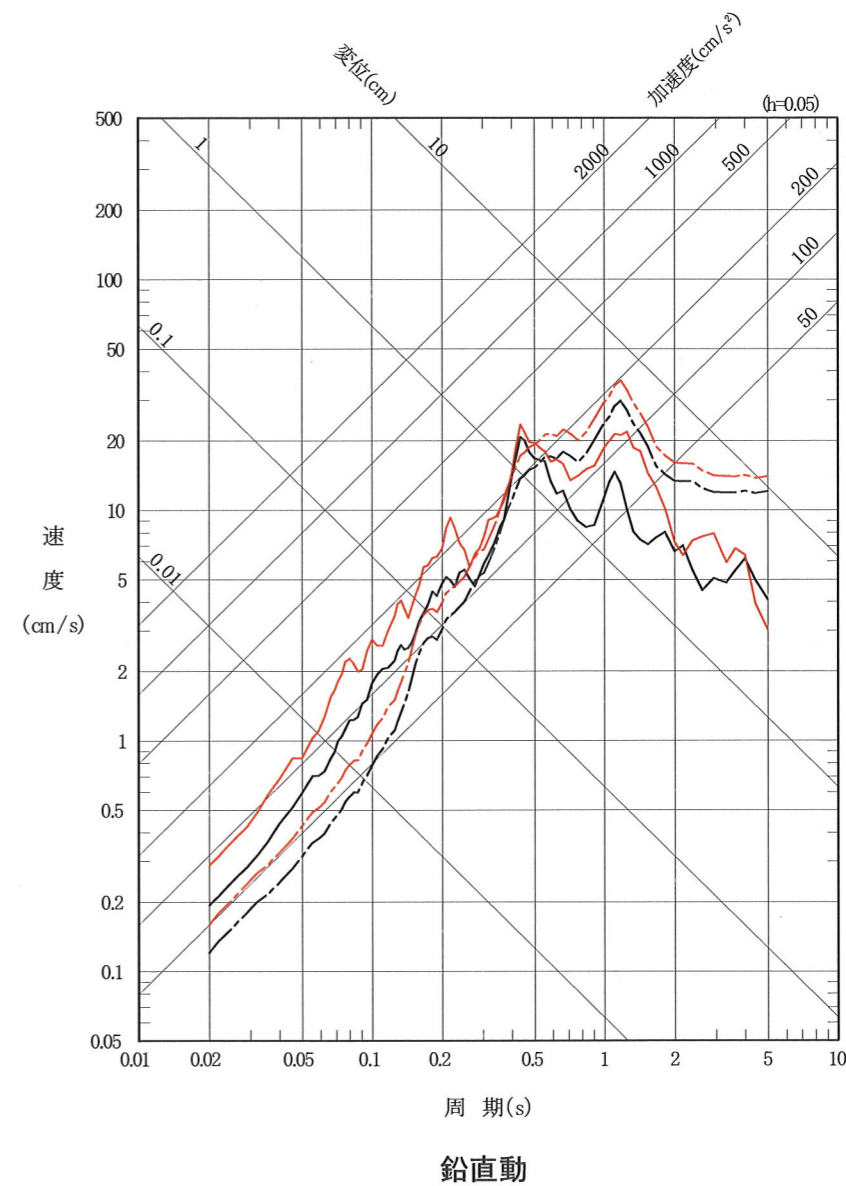
不確かさ考慮モデルと基本的な震源モデルの比較

- 断層モデル, 基本的な震源モデル (NS成分)
- - - 断層モデル, 基本的な震源モデル (EW成分)
- 応答スペクトル, 基本的な震源モデル
- 断層モデル, 不確かさ考慮モデル (NS成分)
- - - 断層モデル, 不確かさ考慮モデル (EW成分)
- 応答スペクトル, 不確かさ考慮モデル



水平動

- 断層モデル, 基本的な震源モデル
- - - 応答スペクトル, 基本的な震源モデル
- 断層モデル, 不確かさ考慮モデル
- - - 応答スペクトル, 不確かさ考慮モデル



鉛直動

不確かさを考慮した想定三陸沖北部の地震の応答スペクトル

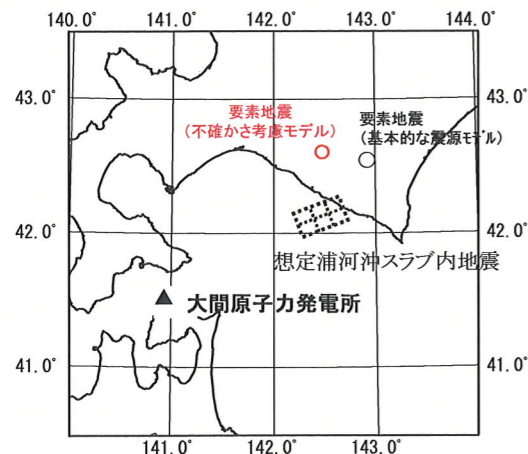
1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.3 不確かさの考慮

1.3.2 想定浦河沖スラブ内地震

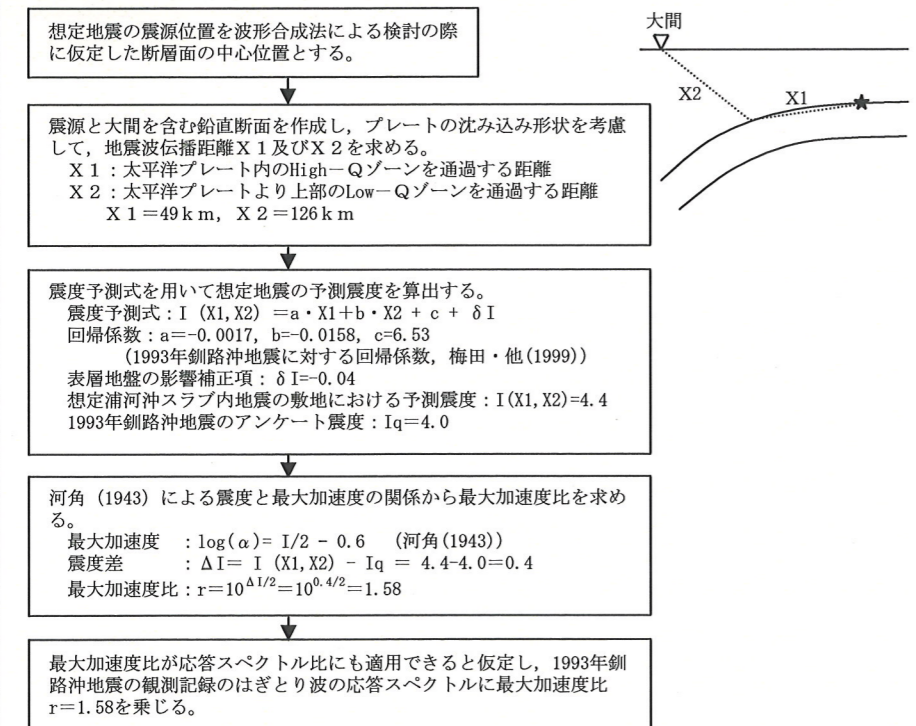
○要素地震の不確かさ

・断層モデル用いる要素地震のスペクトル特性の不確かさを考慮し、水平動の周期1秒付近において、1993年釧路沖地震観測記録のスペクトル特性と同様の傾向を示す1984年6月22日の地震の観測記録を要素地震に設定



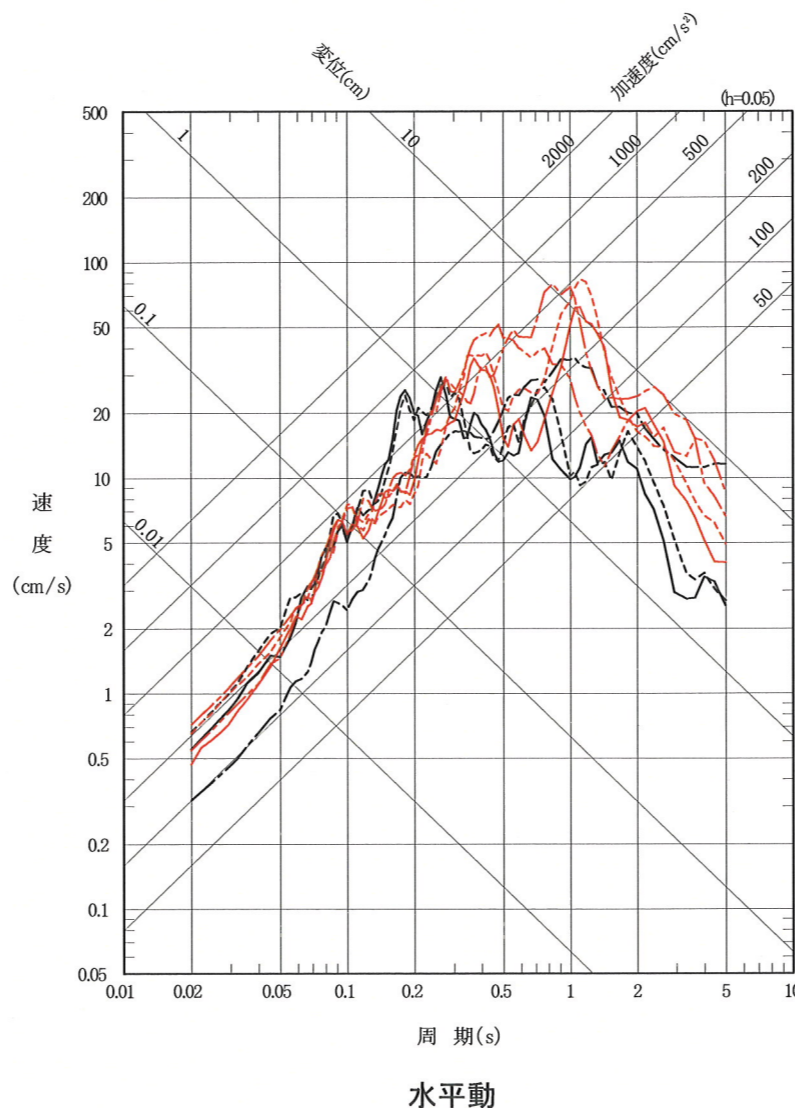
○地震動評価手法の不確かさ

・海洋プレート内地震の地震動評価手法の不確かさを考慮し、プレート内を伝播距離する距離の効果を考えて、敷地における1993年釧路沖地震観測記録を補正する方法により、地震動を評価

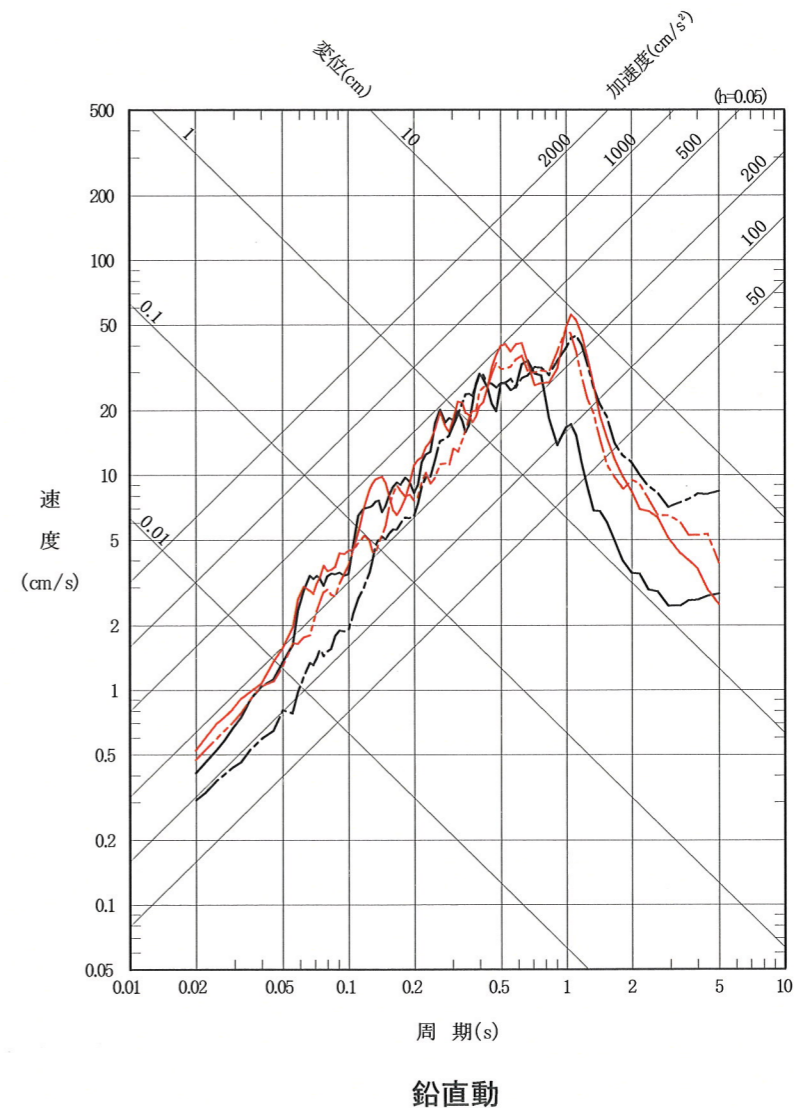


プレート内を伝播する距離の効果で補正する方法の検討フロー

- 断層モデル, 基本的な震源モデル(NS成分)
- - - 断層モデル, 基本的な震源モデル(EW成分)
- 応答スペクトル, 基本的な震源モデル
- 断層モデル, 要素地震の不確かさ(NS成分)
- - - 断層モデル, 要素地震の不確かさ(EW成分)
- 地震動評価の不確かさ(NS成分)
- - - 地震動評価の不確かさ(EW成分)



- 断層モデル, 基本的な震源モデル
- - - 応答スペクトル, 基本的な震源モデル
- 断層モデル, 要素地震の不確かさ
- - - 地震動評価の不確かさ



不確かさを考慮した検討用地震の応答スペクトル

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

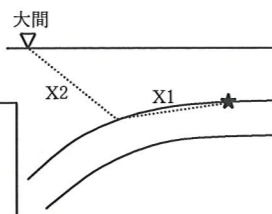
1.3 不確かさの考慮

1.3.3 想定十勝沖スラブ内地震

○地震動評価手法の不確かさ

・海洋プレート内地震の地震動評価手法の不確かさを考慮し、想定十勝沖スラブ内地震の震源に1994年北海道東方沖地震を仮定した場合のプレート内を伝播距離する距離の効果を考えて、敷地における1994年北海道東方沖地震観測記録を補正する方法により、地震動を評価

想定地震の震源位置を波形合成法による検討の際に仮定した断層面の中心位置とする。



震源と大間を含む鉛直断面を作成し、プレートの沈み込み形状を考慮して、地震波伝播距離X1及びX2を求める。
 X1: 太平洋プレート内のHigh-Qゾーンを通過する距離
 X2: 太平洋プレートより上部のLow-Qゾーンを通過する距離
 X1=103 km, X2=112 km

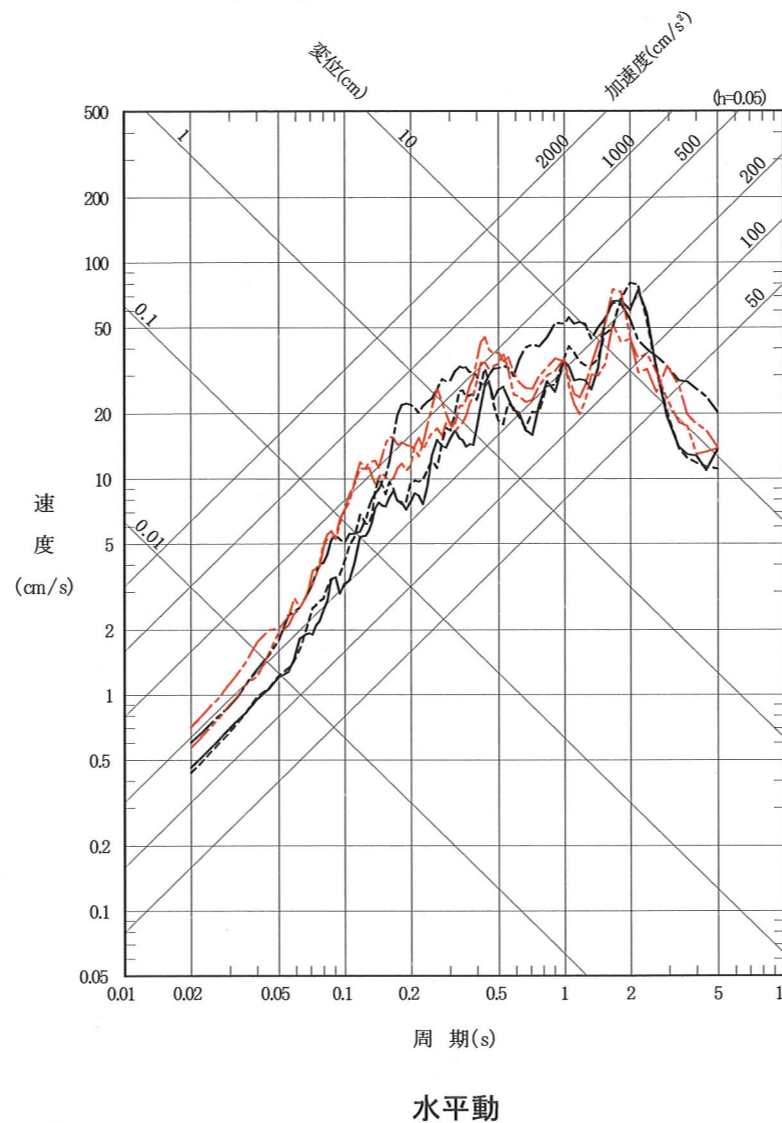
震度予測式を用いて想定地震の予測震度を算出する。
 震度予測式: $I(X1, X2) = a \cdot X1 + b \cdot X2 + c + \delta I$
 回帰係数: $a = -0.0026, b = -0.0098, c = 6.3$
 (1994年北海道東方沖地震に対する回帰係数, 梅田・他(1999))
 表層地盤の影響補正項: $\delta I = -0.04$
 想定十勝沖スラブ内地震の敷地における予測震度: $I(X1, X2) = 4.9$
 1994年北海道東方沖地震のアンケート震度: $I_q = 3.9$

河角(1943)による震度と最大加速度の関係から最大加速度比を求める。
 最大加速度: $\log(\alpha) = I/2 - 0.6$ (河角(1943))
 震度差: $\Delta I = I(X1, X2) - I_q = 4.9 - 3.9 = 1.0$
 最大加速度比: $r = 10^{\Delta I/2} = 10^{1.0/2} = 3.16$

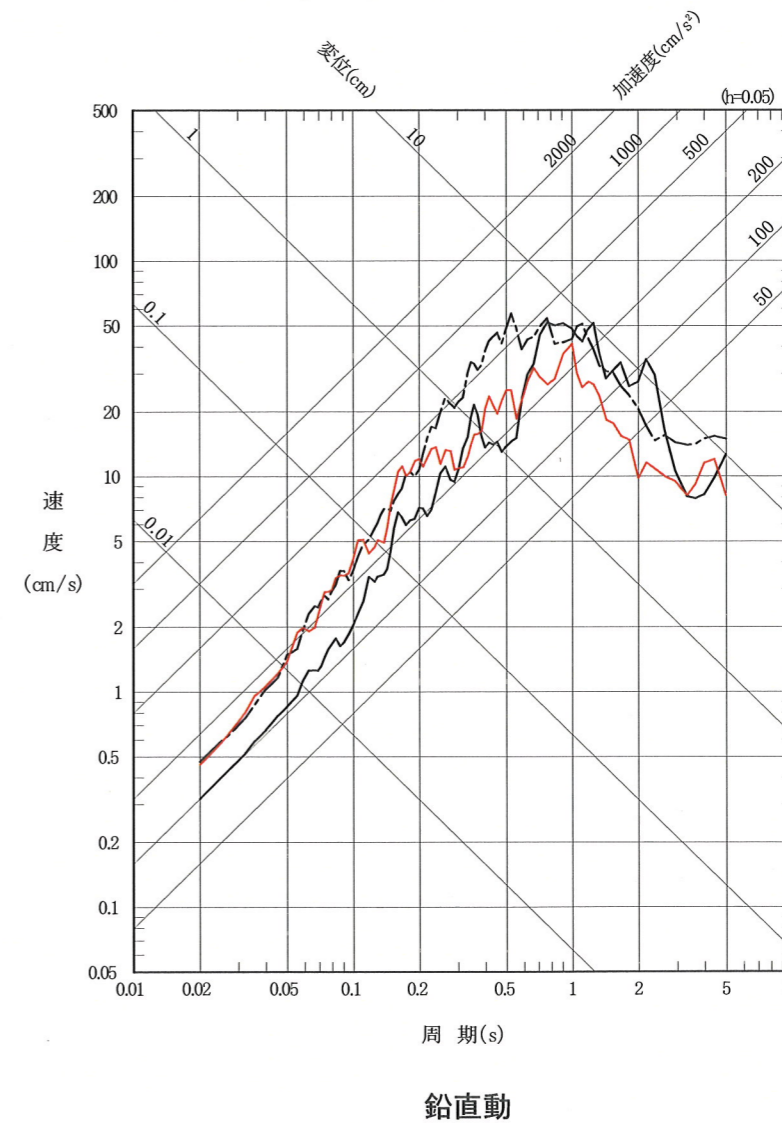
最大加速度比が応答スペクトル比にも適用できると仮定し、1994年北海道東方沖地震の観測記録のはざりと波の応答スペクトルに最大加速度比 $r=3.16$ を乗じる

プレート内を伝播する距離の効果で補正する方法の検討フロー

— 断層モデル, 基本的な震源モデル(NS成分)
 - - - 断層モデル, 基本的な震源モデル(EW成分)
 — 応答スペクトル, 基本的な震源モデル
 - - - 地震動評価の不確かさ(NS成分)
 - - - 地震動評価の不確かさ(EW成分)



— 断層モデル, 基本的な震源モデル
 - - - 応答スペクトル, 基本的な震源モデル
 - - - 地震動評価の不確かさ



不確かさを考慮した検討用地震の応答スペクトル

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.3 不確かさの考慮

1.3.4 函館平野西縁断層帯による地震

○地震規模の不確かさ

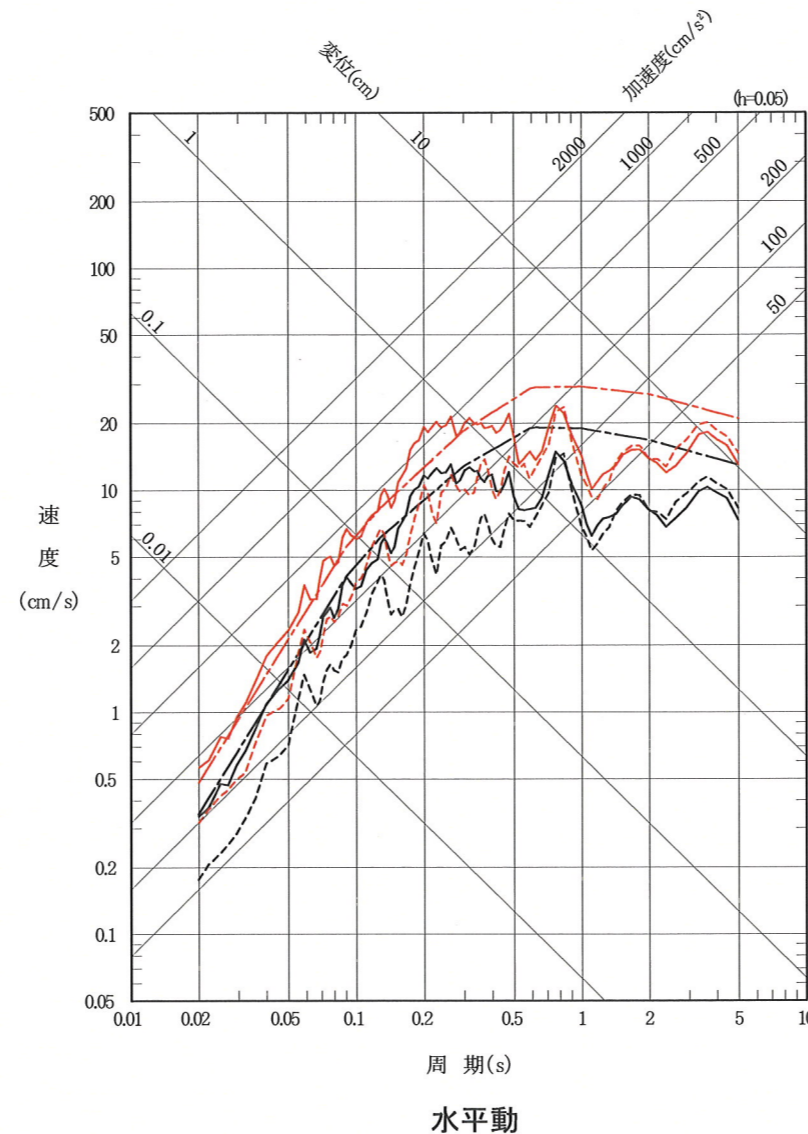
- 地震調査研究推進本部によると、この断層帯で発生する地震規模はM7.0~7.5程度とされていることから、地震規模の不確かさを考慮し、M7.5とした場合について地震動を評価

震源パラメータの比較

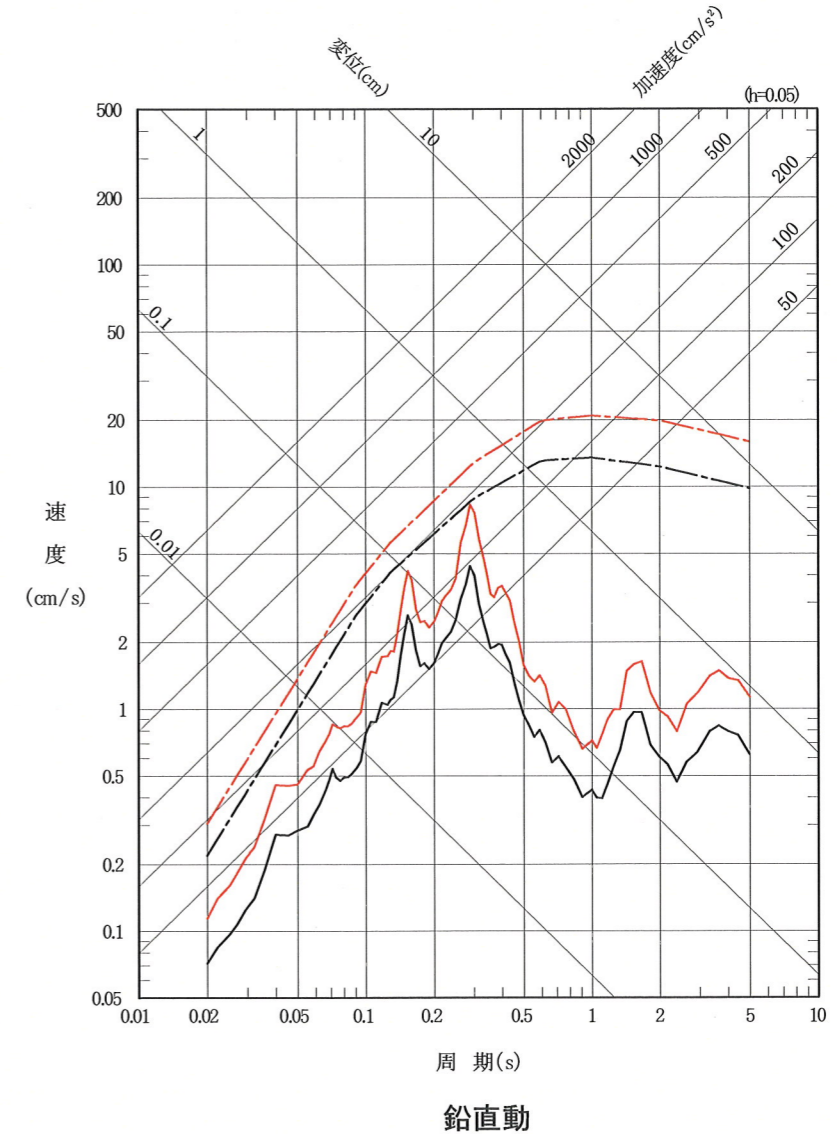
地震規模		基本的な震源		不確かさを考慮した震源				
		M7.2	M7.5	M7.2	M7.5			
		セグメント1	セグメント2	セグメント1	セグメント2			
巨視的パラメータ	断層全体	断層面積(km ²)	568	568	568	568		
		等価半径(km)	13.5	13.5	13.5	13.5		
		地震モーメント(N・m)	1.8E+19	3.1E+19	1.8E+19	3.1E+19		
		応力降下量(MPa)	3.2	5.6	3.2	5.6		
		平均すべり量(cm)	99	173	99	173		
		短周期レベル(N・m/s ²)	1.4E+19	2.4E+19	1.4E+19	2.4E+19		
		剛性率(N/m ²)	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10		
		S波速度(km/s)	3.5	3.5	3.5	3.5		
		破壊伝播速度(km/s)	2.5	2.5	2.5	2.5		
		巨視的パラメータ	セグメント	北端北緯(°)	41.9	41.7	41.9	41.7
北端東経(°)	140.6			140.6	140.6	140.6		
走向(°)	N186E			N121E	N186E	N121E		
傾斜角(°)	45			90	45	90		
すべり角(°)	90			0	90	0		
断層長さ(km)	21.5			7.5	21.5	7.5		
断層幅(km)	21.2			15.0	21.2	15.0		
断層上端深さ(km)	3			3	3	3		
セグメント面積(km ²)	456			112	456	112		
地震モーメント(N・m)	1.6E+19			2.0E+18	2.8E+19	3.4E+18		
巨視的パラメータ	セグメント	平均すべり量(cm)	110	55	192	95		
		Q値	100×f		100×f			
		f max(Hz)	8.3		8.3			
		微視的パラメータ	第1	面積(km ²)	71	26	71	26
				平均すべり量(cm)	244	109	425	190
				地震モーメント(N・m)	5.5E+18	9.1E+17	9.6E+18	1.6E+18
				実効応力(MPa)	13.9	13.9	24.2	24.2
			第2	短周期レベル(N・m/s ²)	1.0E+19	6.2E+18	1.8E+19	1.1E+19
				面積(km ²)	35		35	
				平均すべり量(cm)	173		300	
地震モーメント(N・m)	1.9E+18				3.4E+18			
実効応力(MPa)	13.9				24.2			
短周期レベル(N・m/s ²)	7.2E+18				1.3E+19			
背景領域	背景領域	面積(km ²)	350	86	350	86		
		平均すべり量(cm)	77	38	134	66		
		地震モーメント(N・m)	8.6E+18	1.1E+18	1.5E+19	1.8E+18		
		実効応力(MPa)	1.7	1.7	30.2	28.8		

■ : 不確かさの考慮により「基本的な震源」と異なる震源パラメータ

- 断層モデル(統計的グリーン関数法, 基本的な震源モデル(M7.2)(NS成分))
- 断層モデル(統計的グリーン関数法, 基本的な震源モデル(M7.2)(EW成分))
- 応答スペクトル, 基本的な震源モデル(M7.2)
- 断層モデル(統計的グリーン関数法, 地震規模の不確かさ(M7.5)(NS成分))
- 断層モデル(統計的グリーン関数法, 地震規模の不確かさ(M7.5)(EW成分))
- 応答スペクトル, 地震規模の不確かさ(M7.5)



- 断層モデル(統計的グリーン関数法, 基本的な震源モデル(M7.2))
- 応答スペクトル, 基本的な震源モデル(M7.2)
- 断層モデル(統計的グリーン関数法, 地震規模の不確かさ(M7.5))
- 応答スペクトル, 地震規模の不確かさ(M7.5)



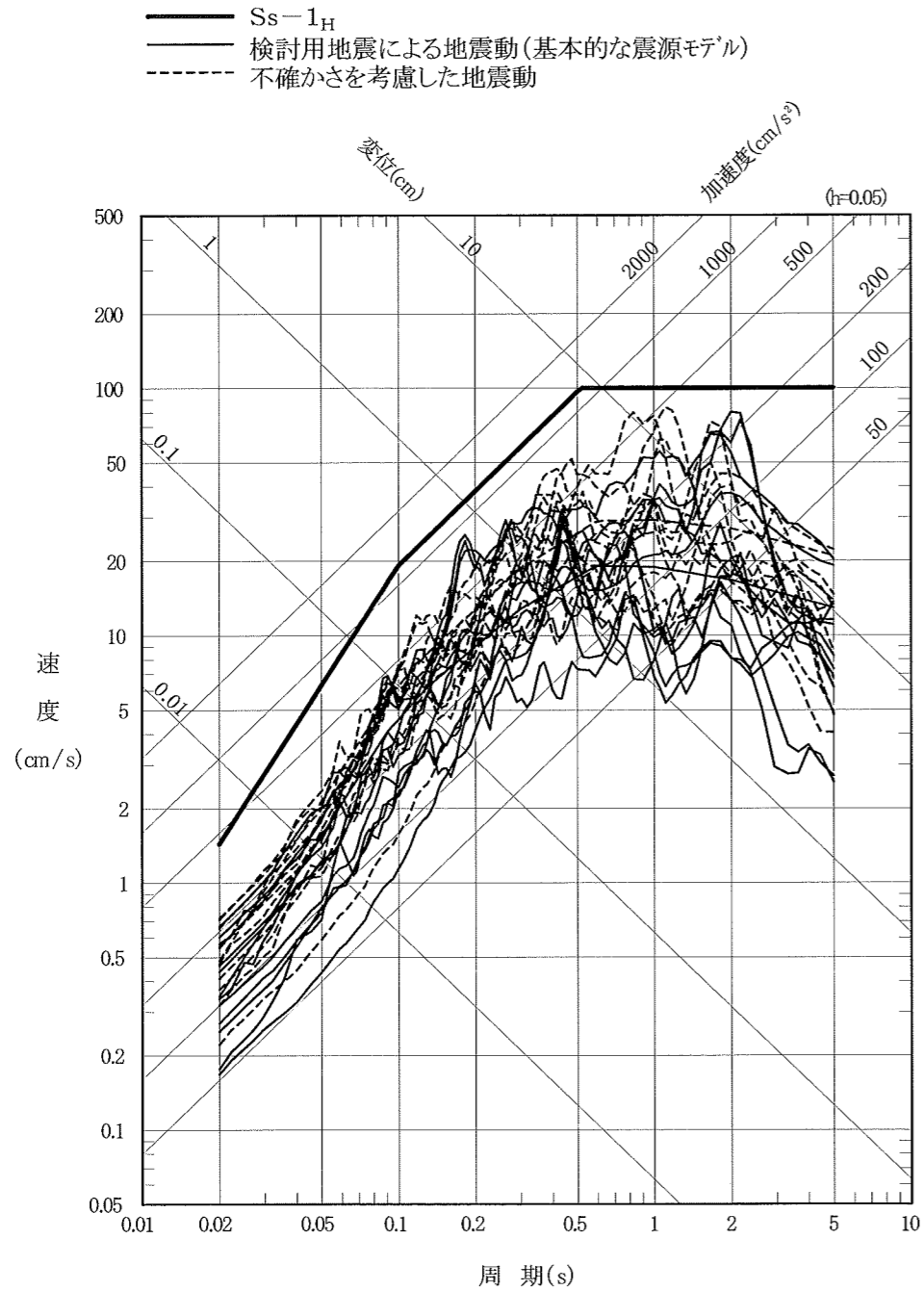
不確かさを考慮した検討用地震の応答スペクトル

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

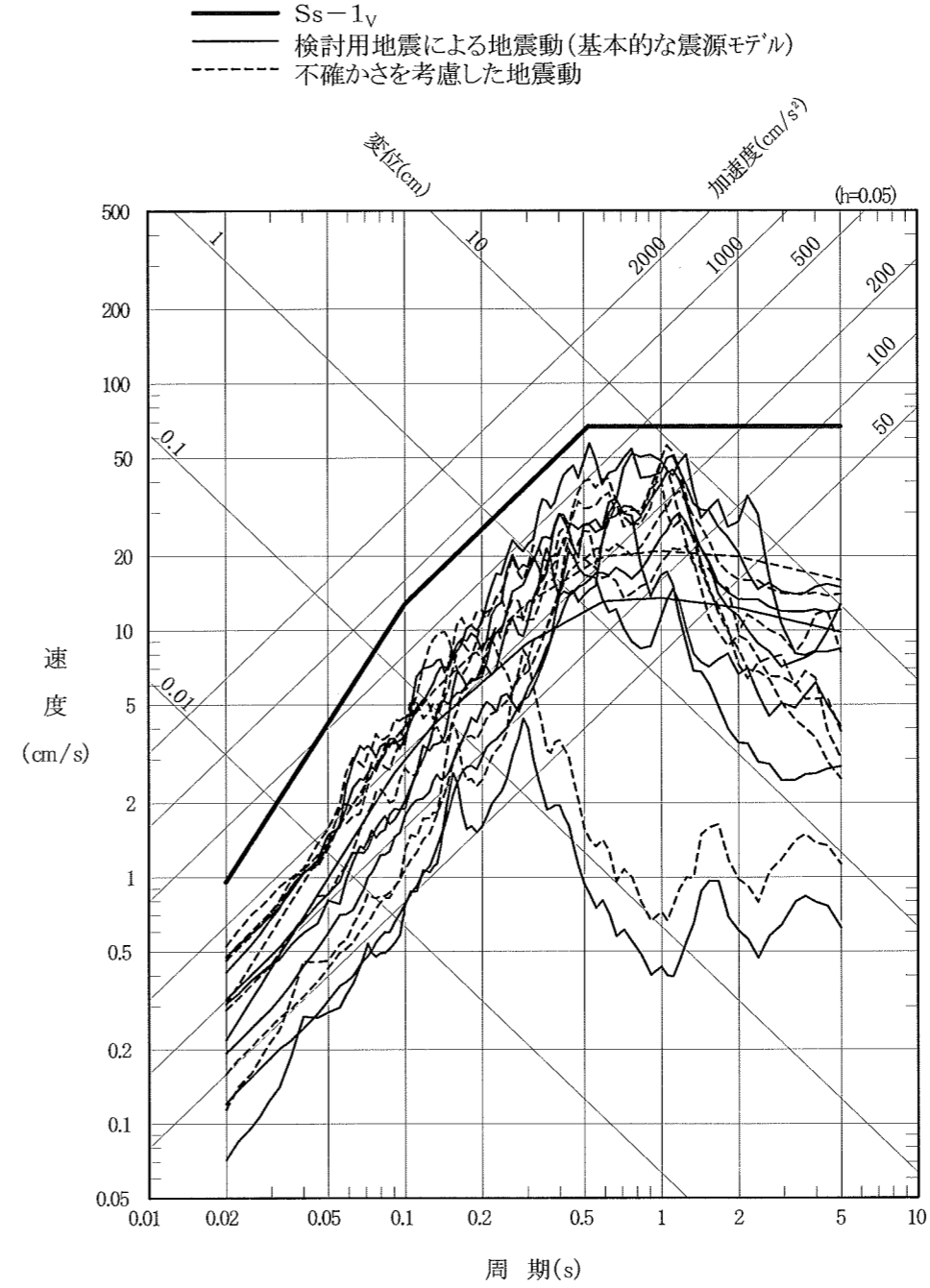
1.4 基準地震動Ssの応答スペクトル

◆基準地震動Ssの設定

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」について、不確かさを考慮した場合の応答スペクトルも含めて全て包絡する水平動の設計用応答スペクトル $Ss-1_H$ 及び鉛直動の設計用応答スペクトル $Ss-1_V$ を基準地震動Ssとして策定



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の
設計用応答スペクトル $Ss-1_H$ 及び
検討用地震の応答スペクトル(水平動)



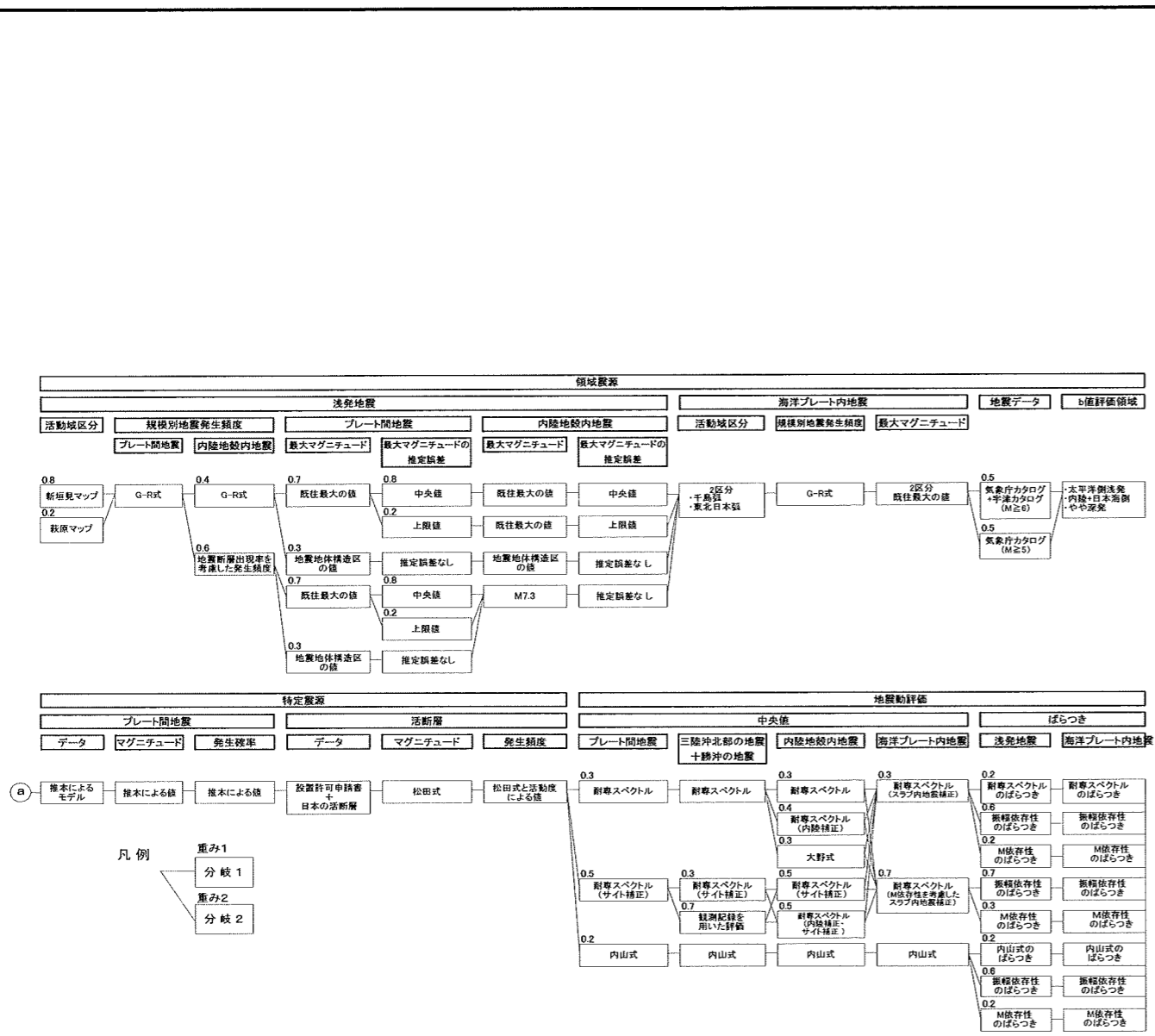
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の
設計用応答スペクトル $Ss-1_V$ 及び
検討用地震の応答スペクトル(鉛直動)

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

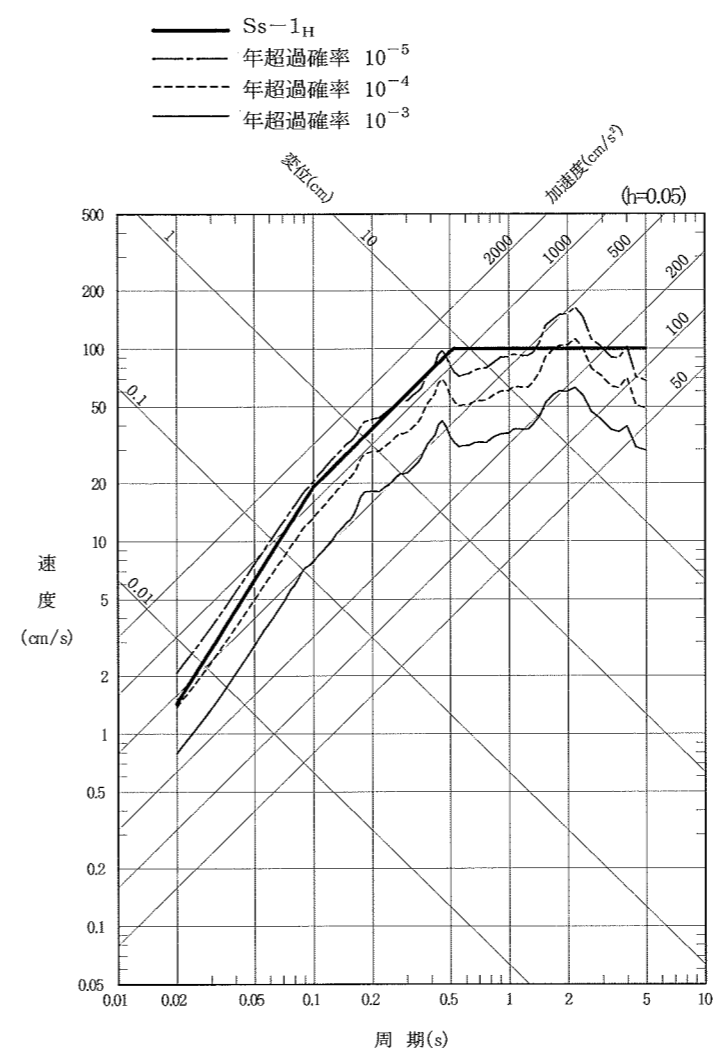
1.5 超過確率の参照

◆超過確率の参照

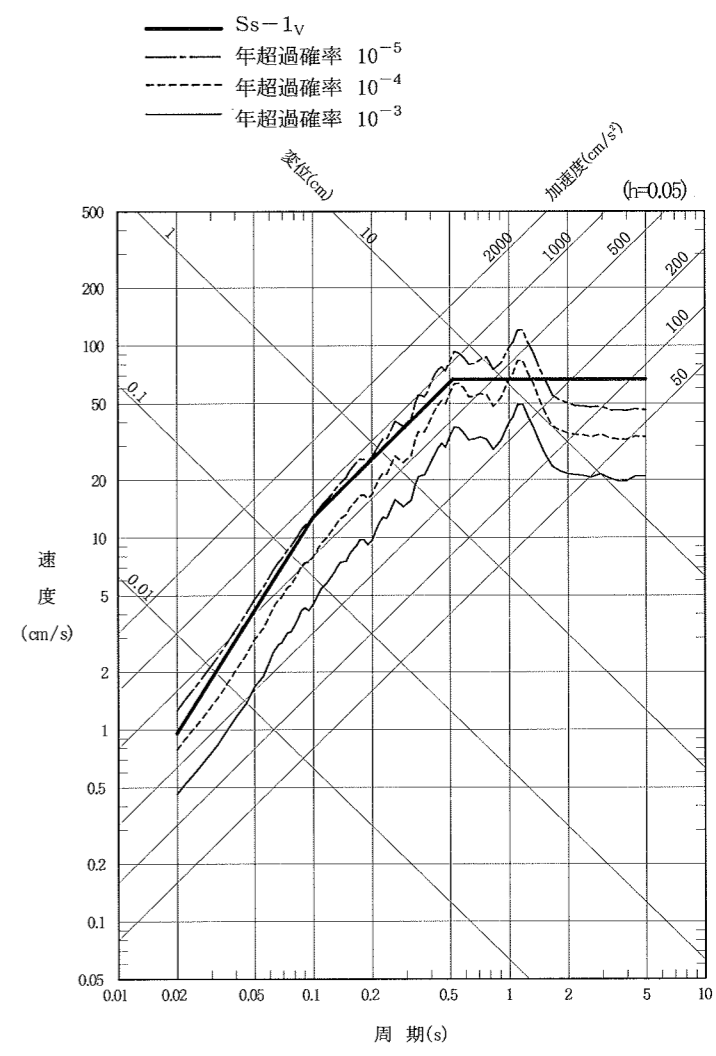
(社)日本原子力学会の方法に基づき、大間地点について実施した地震ハザード解析で得られた一様ハザードスペクトルと「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の設計用応答スペクトルの比較



専門家パネルにより構築した地震ハザード評価のためのロジックツリー



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の設計用応答スペクトルSs-1H及び敷地における地震動の一様ハザードスペクトル(水平動)



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の設計用応答スペクトルSs-1V及び敷地における地震動の一様ハザードスペクトル(鉛直動)

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

1.6 孤立した短い活断層

孤立した短い活断層(F-14断層)

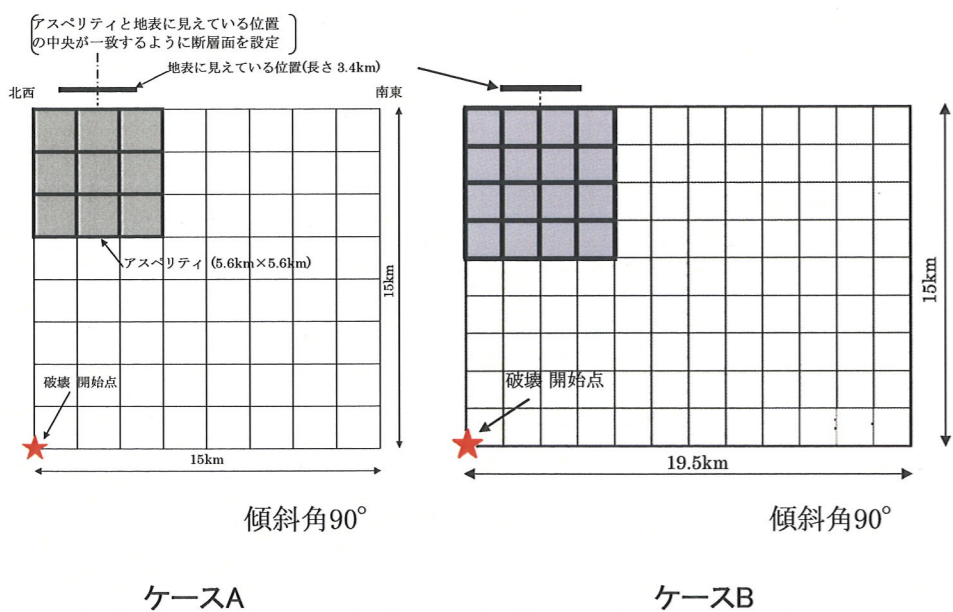
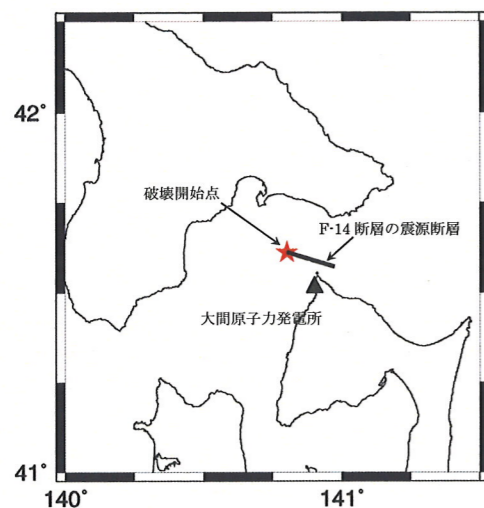
・震源断層が海底面付近の断層長さ以上に広がっている可能性も否定できないことから、仮に震源断層が地震発生層の上限から下限まで広がっているとした場合を考慮して、断層幅と同等の断層長さをもつ震源断層を仮定
 ・規模と敷地からの距離との関係から、敷地に与える影響が大きいと考えられるF-14断層について地震動評価を行う

◆応答スペクトルに基づく評価

・Noda et al.(2002)の方法を用いる

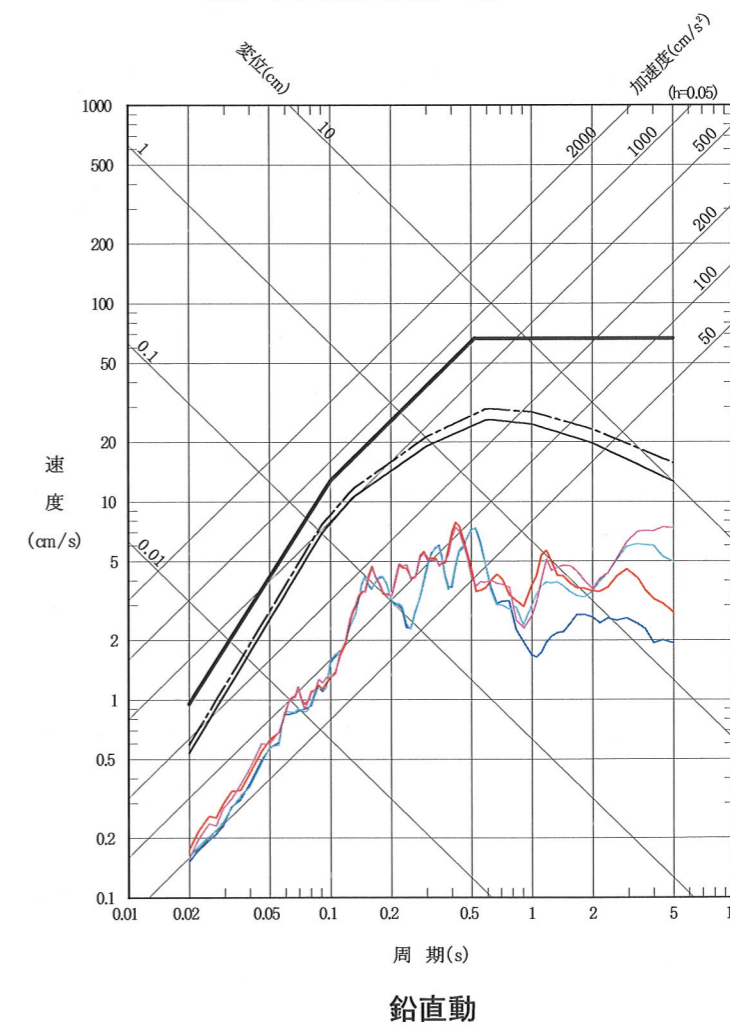
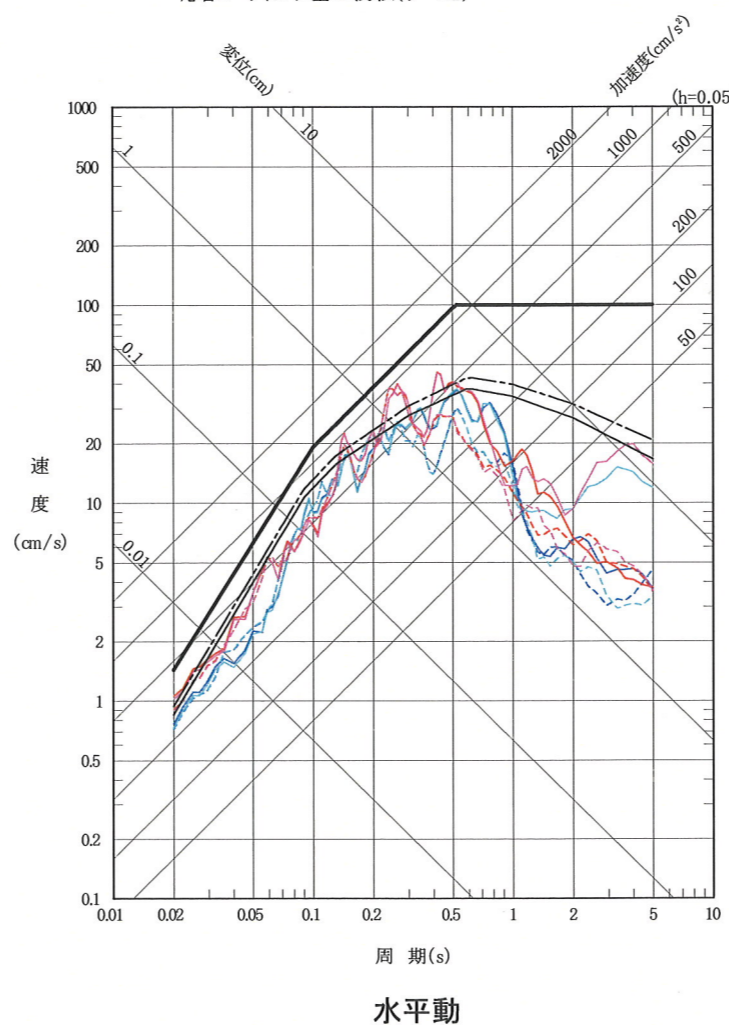
◆断層モデルを用いた方法

・断層パラメータは、入倉ほか(2002)及び壇ほか(2002)に基づき設定



- Ss-1_H
- 断層モデルを用いた方法(ケースA, 統計的グリーン関数法, NS成分)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースA, 統計的グリーン関数法, EW成分)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースA, ハイブリッド法, NS成分)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースA, ハイブリッド法, EW成分)
- 断層モデルを用いた方法(ケースB, 統計的グリーン関数法, NS成分)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースB, 統計的グリーン関数法, EW成分)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースB, ハイブリッド法, NS成分)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースB, ハイブリッド法, EW成分)
- 応答スペクトルに基づく方法(ケースA)
- - 応答スペクトルに基づく方法(ケースB)

- Ss-1_V
- 断層モデルを用いた方法(ケースA, 統計的グリーン関数法)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースA, ハイブリッド法)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースB, 統計的グリーン関数法)
- - 断層モデルを用いた方法(ケースB, ハイブリッド法)
- 応答スペクトルに基づく方法(ケースA)
- - 応答スペクトルに基づく方法(ケースB)



孤立した短い活断層(F-14断層)による地震の応答スペクトル

2. 震源を特定せず策定する地震動

◆震源を特定せず策定する地震動の設定

- 敷地近傍の詳細な地質調査の結果、敷地近傍には耐震設計上考慮すべき活断層は存在しない
- 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の地震の震源近傍における観測記録を基に設定する
- 地震計が密に設定されている日本国内と米国カリフォルニアについて、上述のような観測記録を収集した知見である加藤ほか(2004)の「震源を事前に特定できない地震による地震動」に基づく
- 解放基盤表面の地盤物性 ($V_s=870\text{m/s}$) を加味して設計用応答スペクトル (水平動 $Ss-2_H$ 、鉛直動 $Ss-2_V$) を策定

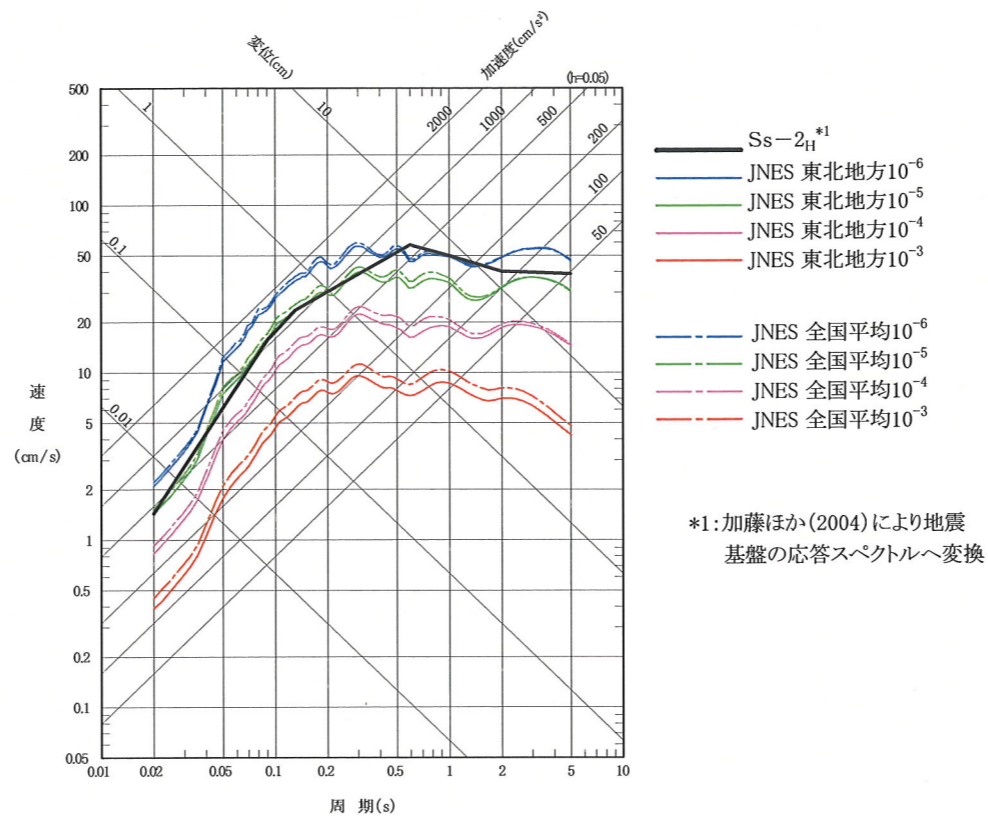
◆最新の知見に照らした妥当性確認

近年国内で発生した大規模な内陸地殻内地震は、震央域付近の地形・地質・地質構造等に関する文献によると、詳細な地質学的調査及び地震学的知見等を併せると、耐震設計上考慮すべき地震規模を事前に想定することが可能

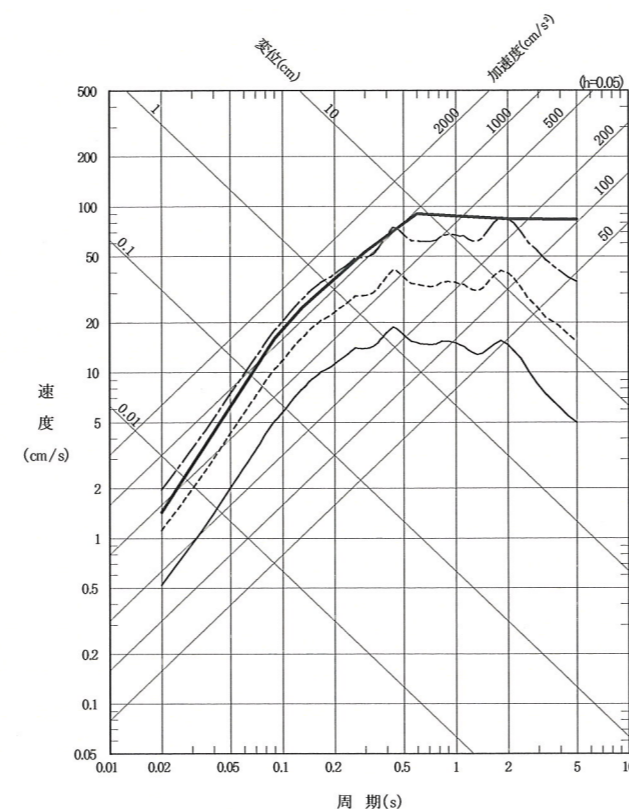
(2004年新潟県中越地震(M6.8)等)

◆超過確率の参照

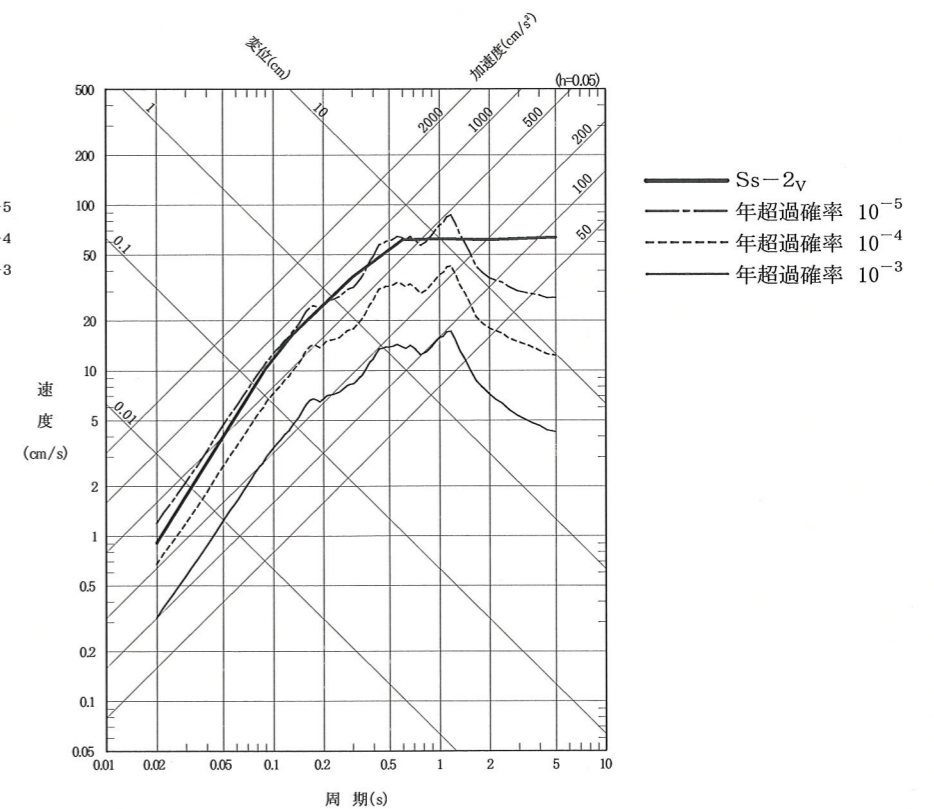
- (独)原子力安全基盤機構が求めた全国平均と東北地方の地震基盤における一様ハザードスペクトルと、大間地点で考慮する震源を特定せず策定する地震動 $Ss-2_H$ について加藤ほか(2004)の方法により地震基盤の地震動レベルへ変換した応答スペクトルとの比較
- (社)日本原子力学会の方法に基づき、大間地点について実施した地震ハザード評価で得られた敷地を含む領域震源による一様ハザードスペクトルとの比較



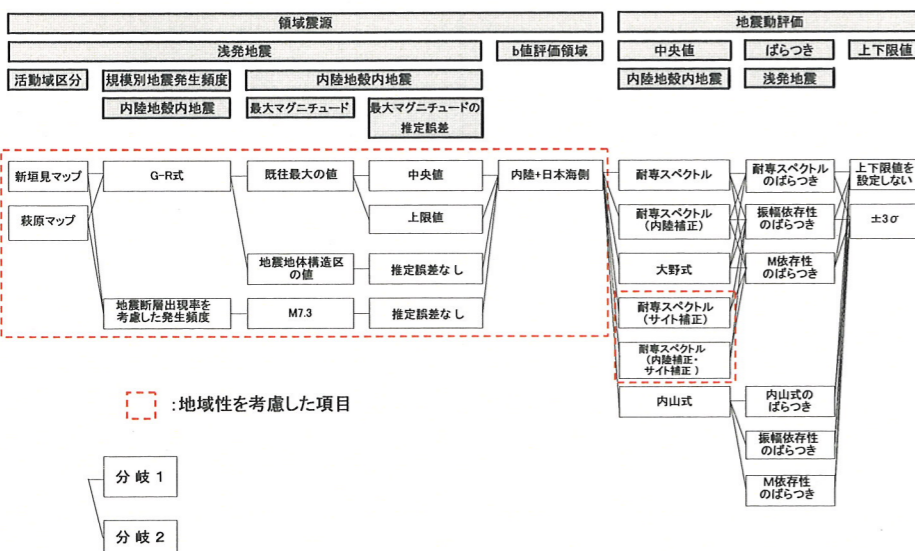
(独)原子力安全基盤機構(JNES)による超過確率(水平動)と震源を特定せず策定する地震動



震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル $Ss-2_H$ 及び領域震源による地震動の一様ハザードスペクトル(水平動)



震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル $Ss-2_V$ 及び領域震源による地震動の一様ハザードスペクトル(鉛直動)



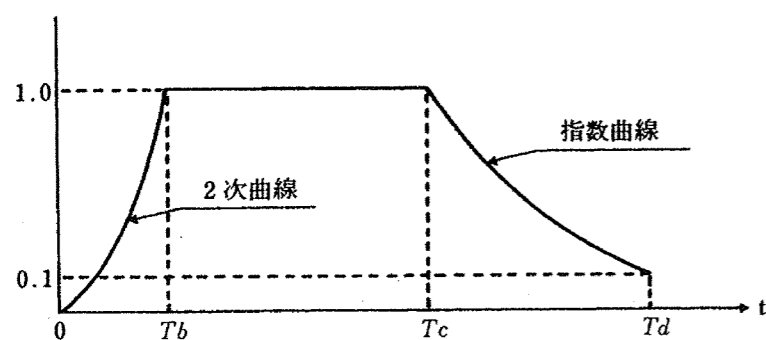
大間地点で実施した地震ハザード評価における内陸地殻内地震の領域震源に関するロジックツリーの分岐設定

3. 基準地震動Ssの模擬地震波

「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」により設定した基準地震動Ssは、設計用応答スペクトルに適合する設計用模擬地震波で表わす。

水平動の設計用模擬地震波Ss-1H、Ss-2H及び鉛直動の設計用模擬地震波Ss-1V、Ss-2VはNoda et al.(2002)による地震動の振幅包絡線の経時変化に基づいて一様乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成する。

基準地震動Ssのうち、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の設計用模擬地震波Ss-1H、Ss-1Vの継続時間と振幅包絡線はNoda et al.(2002)により、「震源を特定せず策定する地震動」の設計用模擬地震波Ss-2H、Ss-2Vの継続時間及び振幅包絡線の経時変化は震源域で観測された記録に基づいてNoda et al.(2002)により定める。



継続時間

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

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

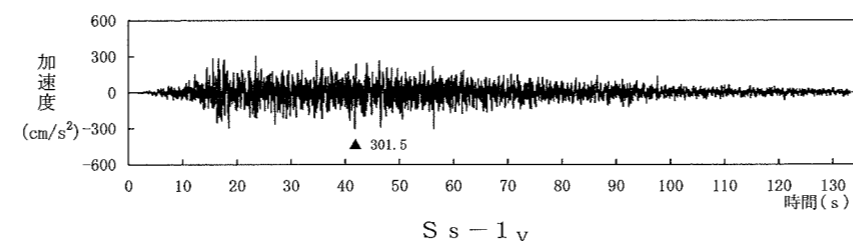
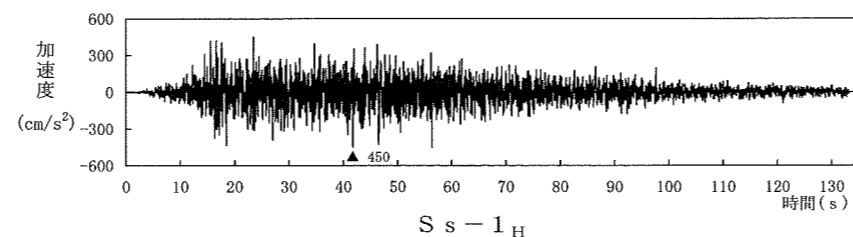
$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6}$$

M: マグニチュード, Xeq: 等価震源距離

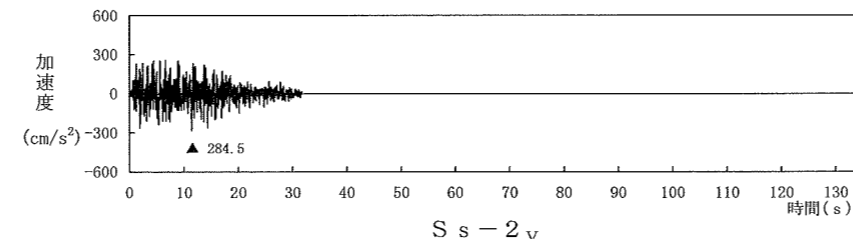
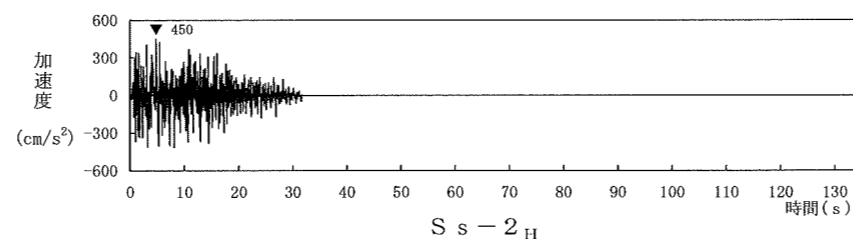
振幅包絡線の経時変化

基準地震動の継続時間及び振幅包絡線の経時変化

基準地震動	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時変化 (s)			
		Tb	Tc	Td	
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	Ss-1H	133.15	16.6	47.5	133.15
	Ss-1V	133.15	16.6	47.5	133.15
震源を特定せず策定する地震動	Ss-2H	31.71	0.93	13.92	31.71
	Ss-2V	31.71	0.93	13.92	31.71

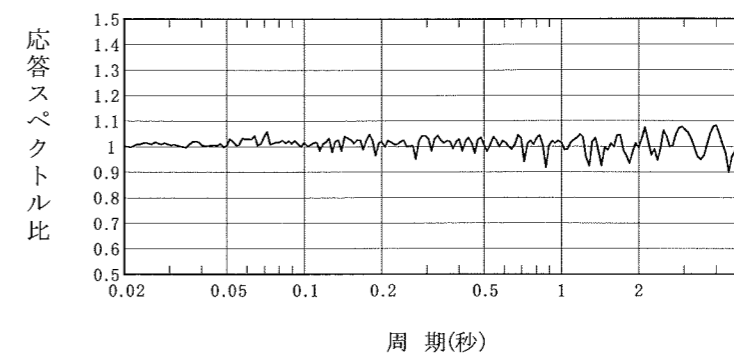


(1)敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

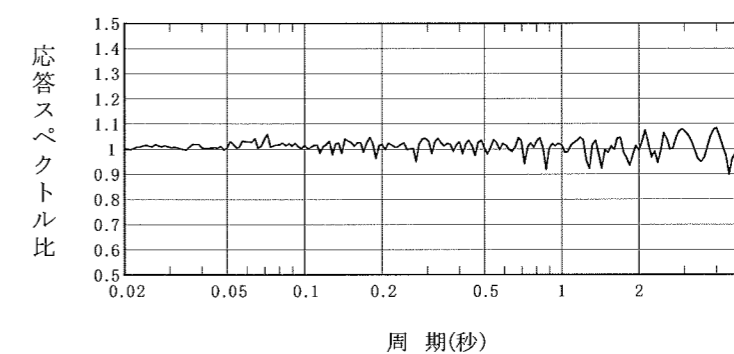


(2)震源を特定せず策定する地震動

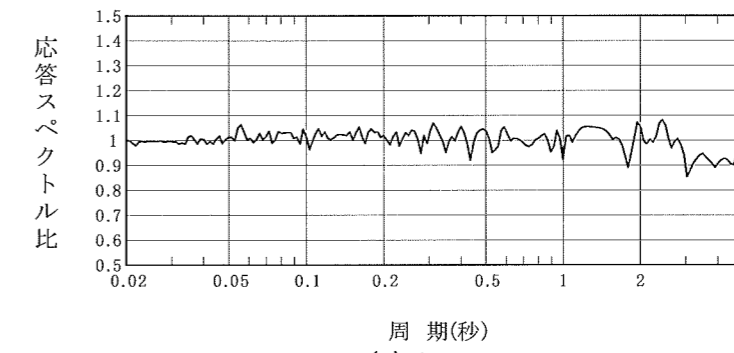
基準地震動Ssとして作成した模擬地震波の時刻歴波形



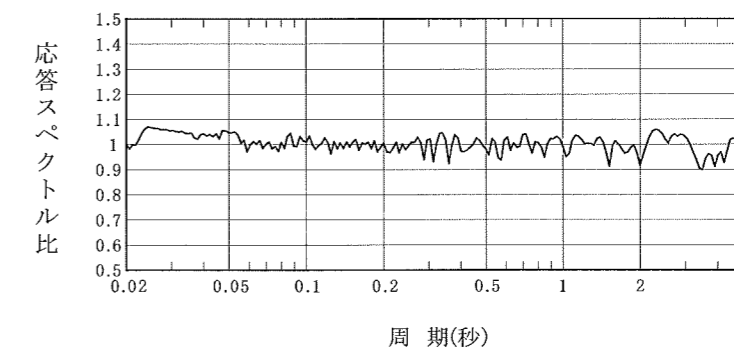
(a) Ss-1H



(b) Ss-1V



(c) Ss-2H



(d) Ss-2V

基準地震動Ssとして作成した模擬地震波のスペクトル適合状況