

**泊発電所
地震動評価について
(基準地震動の超過確率)**

**平成28年2月5日
北海道電力株式会社**

1. 基準地震動の策定 6
2. 基準地震動の超過確率の参照 9

【敷地周辺の地震発生状況】

- 敷地周辺で過去に発生した被害地震
 - 敷地での震度がV程度以上と推定される地震:1993年北海道南西沖地震
 - 震度Vに準ずる地震(震度IVの領域):1792年後志の地震, 1905年神威岬沖の地震, 1940年神威岬沖の地震
- 敷地周辺の地震活動
 - 気象庁で観測された地震の震央分布及び震源鉛直分布から敷地周辺の地震活動状況を整理



【敷地周辺の活断層の分布】

- 敷地周辺の活断層の分布
 - 文献調査等に基づき, 敷地及び敷地周辺の活断層の分布を把握



【敷地地盤の振動特性】

- 地下構造に関する調査結果
 - 敷地周辺の地震基盤が標高-2200m程度で大局的に平坦であること, ほぼ海岸線に平行する走向で海山方向へ傾斜する傾斜構造となっていること, 速度構造に極端なコントラストのある部分が存在しないことを確認
- 地震観測記録を用いた検討
 - 泊発電所で観測した地震記録を分析し, 到来方向や地盤構造による特異な増幅がないことを確認
- 地質構造を考慮した解析的検討
 - 地質構造を考慮した地盤モデルを作成し, 解析的な検討から地質構造の特徴, 入射方向等による振動特性への影響を検討し, 特異な増幅がないことを確認
- 深部凹構造による振動特性に関する検討
 - 深部地下構造をモデル化した2次元FEM解析により, 特異な増幅がないことを確認
- 地震動評価に用いる地下構造モデルの検討
 - 敷地全体モデルを地震動評価に用いる地下構造モデルとして採用



【敷地周辺の地震発生状況】、【敷地周辺の活断層の分布】の整理を踏まえ、地震動評価に用いる検討用地震を選定する。

【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価】においては、【敷地地盤の振動特性】の検討結果を反映した地下構造モデルを用いる。

【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】

●検討用地震の選定

「敷地周辺の地震発生状況」、「敷地周辺の活断層の分布」を踏まえ、敷地に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を選定する。

【内陸地殻内地震】

- 尻別川断層による地震
- F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震

【日本海東縁部の地震】

- F_B-2 断層による地震



●基本震源モデルの設定

【尻別川断層による地震】

震源断層が地震発生層の上端から下端まで拡がっており、断層幅と同じ断層長さを持つと仮定し、長さ22.6kmを基本震源モデルの長さとする。

【 F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】

地質調査結果を踏まえ、基本震源モデルの断層長さとして100.4kmと設定する。

【 F_B-2 断層による地震】

地質調査結果を踏まえ、基本震源モデルの断層長さとして96kmと設定する。



●地震動評価(審査ガイドに従い、種々の不確かさを考慮して評価)

【尻別川断層による地震】

- 応答スペクトルに基づく評価
Noda et al. (2002) により評価を実施
- 断層モデルを用いた手法による評価
短周期領域は統計的グリーン関数法、長周期領域は理論的手法(波数積分法)を用いて評価し、それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

【 F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震】

- 応答スペクトルに基づく評価
Noda et al. (2002) により評価を実施
- 断層モデルを用いた手法による評価
短周期領域は統計的グリーン関数法、長周期領域は理論的手法(波数積分法)を用いて評価し、それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施

【 F_B-2 断層による地震】

- 応答スペクトルに基づく評価
Noda et al. (2002) により評価を実施
- 断層モデルを用いた手法による評価
短周期領域は統計的グリーン関数法、長周期領域は理論的手法(波数積分法)を用いて評価し、それぞれを組み合わせることによって評価するハイブリッド合成法を用いて実施
また、経験的グリーン関数法による評価も実施



【震源を特定せず策定する地震動】

●Mw6.5以上の地震について

【審査ガイドの例示2地震】

2008年岩手・宮城内陸地震及び2000年鳥取県西部地震について、泊発電所との地域差について検討する。

2008年岩手・宮城内陸地震を観測記録収集対象とし、KiK-net金ヶ崎、KiK-net一関東、栗駒ダムの観測記録に基づく基盤波の検討結果を踏まえ、震源を特定せず策定する地震動に設定

●Mw6.5未満の地震について

【審査ガイドの例示14地震】

震源近傍の観測記録を適切に収集し、加藤ほか(2004)の地震動レベルとの対比から敷地に及ぼす影響が大きいと考えられるものを抽出したうえで、基盤波の算定を実施する。

2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録に基づく基盤波の検討結果を踏まえ、震源を特定せず策定する地震動に設定

●その他の知見

【既往の知見】

震源を事前に特定できない地震に関する既往の知見を整理する。

加藤ほか(2004)の地震動レベルを震源を特定せず策定する地震動に設定

【基準地震動の策定】

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評価】

応答スペクトルに基づく地震動評価結果を踏まえて、基準地震動Ss1を設定

【断層モデルを用いた手法による地震動評価】

基準地震動Ss1を上回る4波を基準地震動Ss2-1～Ss2-4に設定

震源を特定せず策定する地震動

2008年岩手・宮城内陸地震における栗駒ダム、KiK-net金ヶ崎、KiK-net一関東の観測記録に基づく基盤波の検討結果がSs1を上回るため、それぞれ基準地震動Ss3-1、Ss3-2、Ss3-3に設定
2004年北海道留萌支庁南部地震におけるK-NET港町の観測記録に基づく基盤波の検討結果がSs1を上回るため、基準地震動Ss3-4に設定

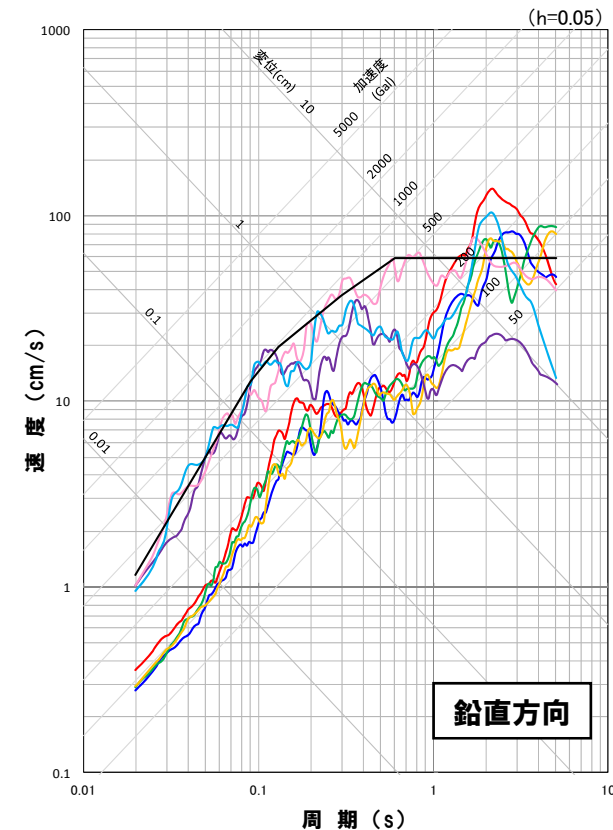
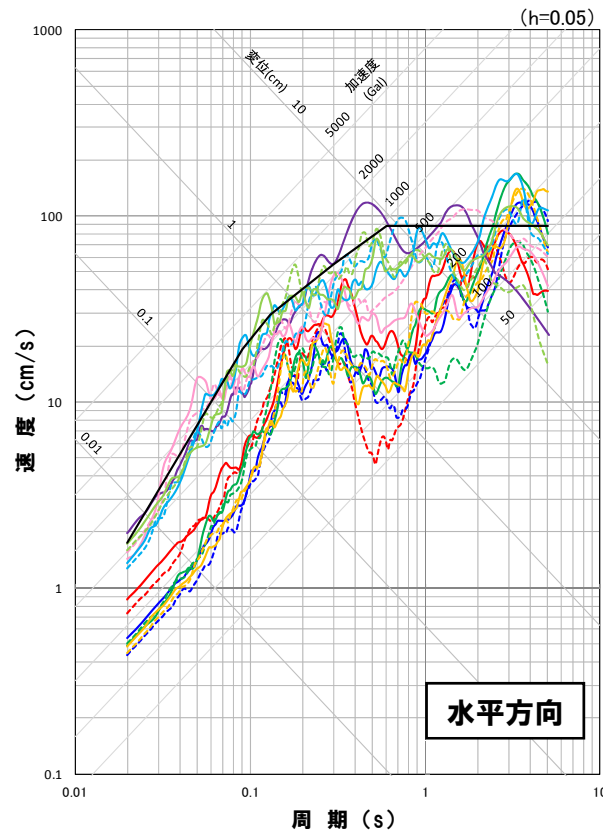
●基準地震動の超過確率の参照

日本原子力学会(2007)に基づいて算定した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと基準地震動の応答スペクトルを比較する。

1. 基準地震動の策定

基準地震動の策定

●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の評価結果を踏まえて、基準地震動(Ss1, Ss2-1~4, Ss3-1~4)を設定した。



【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)】

— 基準地震動Ss1

【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動(断層モデルを用いた手法による地震動評価)】

— 基準地震動Ss2-1 尻別川断層による地震(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)

— 基準地震動Ss2-2 F_S -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)

— 基準地震動Ss2-3 F_S -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度), 破壊開始点1)

— 基準地震動Ss2-4 F_S -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度), 破壊開始点5)

【震源を特定せず策定する地震動】

— 基準地震動Ss3-1 2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム[右岸地山])

— 基準地震動Ss3-2 2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net金ヶ崎)

— 基準地震動Ss3-3 2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net一関東)

— 基準地震動Ss3-4 2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)

基準地震動の最大加速度

基準地震動		(gal)		
		NS方向 (ダム軸方向)	EW方向 (上下流方向)	UD方向 (鉛直方向)
Ss1	設計用模擬地震波	550		368
Ss2-1	尻別川断層による地震 (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	272	228	112
Ss2-2	F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震 (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	170	136	87
Ss2-3	F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震 (不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度), 破壊開始点1)	154	158	91
Ss2-4	F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震 (不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度), 破壊開始点5)	153	141	92
Ss3-1	2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム[右岸地山])	450	490	320
Ss3-2	2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net金ヶ崎)	430	400	300
Ss3-3	2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net-関東)	540	500	-
Ss3-4	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)	620		320

2. 基準地震動の超過確率の参照

評価方針

【基本方針】

- 社団法人日本原子力学会「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」に基づき、専門家活用水準1として確率論的地震ハザード評価を実施

【震源モデルの設定】

● 特定震源モデルに基づく評価

ひとつの地震に対して、震源位置、規模及び発生頻度を特定して扱うモデルとして、以下の方針に基づき設定

- 検討用地震として選定した「尻別川断層による地震」、「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」、「F_B-2断層による地震」については、詳細なロジックツリーに展開して評価する。なお、地震規模については、複数の手法により評価し、ロジックツリーに展開する。
- 検討用地震以外の活断層を対象に、敷地から100km程度以内にある地質調査結果に基づく断層及び「新編 日本の活断層」に記載されている活断層のうち、確実度Ⅰ及びⅡの活断層をモデル化する。

● 領域震源モデルに基づく評価

ある広がりを持った領域の中で発生する地震群として取扱うモデルとして、以下の方針に基づき設定

- 対象地震は、内陸地殻内地震及び日本海東縁部の地震を対象とする。
- 領域震源の地震活動域区分は、萩原(1991)及び垣見ほか(2003)による区分に基づき、敷地から200km以内の領域を対象とする。
- 各領域の最大マグニチュードは、領域内の過去の最大値に基づき設定する。

【地震動伝播モデルの設定】

- 距離減衰式としてNoda et al.(2002)を用いる。
- 観測記録を用いた補正または、Noda et al.(2002)の手法に基づいた補正を考慮する。
- ロジックツリーにおいて、補正係数の有無を考慮する。

特定震源モデル

● 検討用地震として選定した「尻別川断層による地震」、「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」、「F_B-2断層による地震」の特定震源モデルの設定は、以下のように設定する。

● 基準地震動策定において設定した基本震源モデルに加え、Noda et al.(2002)の算定に影響を与えるパラメータである傾斜角について、不確かさを考慮した震源モデルをロジックツリーに展開する。また、地質調査結果がある場合は、それらの知見についてもロジックツリーに展開する。

● 地震の発生頻度は、日本原子力学会(2007)に基づき次式で評価する。また、活断層の年平均変位速度は、地質調査結果または、既往知見を参考に断層の活動度(A～C)を決定した後、奥村・石川(1998)により活動度に応じた年平均変位速度を設定する。なお、地震時のすべり量は、地震規模より松田(1975)を用いて評価する。

$$v = S/D$$

v : 年平均発生頻度(回/年)
 S : 活断層の年平均変位速度(m/年)
 D : すべり量(m)

● 地震規模は、基準地震動策定において用いている松田(1975)に加えて、断層長さから地震規模を算定する武村(1998)、断層モデルとの整合を考慮し、断層面積から地震規模を算定する方法(入倉・三宅(2001)、武村(1990))をロジックツリーに展開する。なお、F_B-2断層については、基準地震動策定において、入倉・三宅(2001)を適用していないことから、基準地震動策定において設定した地震モーメントを用いて、武村(1990)により地震規模を評価する。

① 松田(1975) $\log L = 0.6M - 2.9$ M : マグニチュード

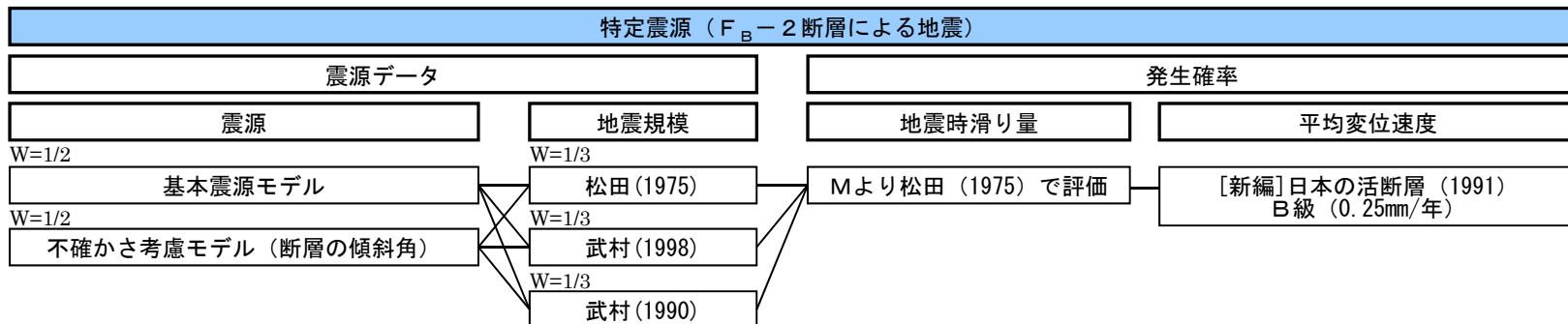
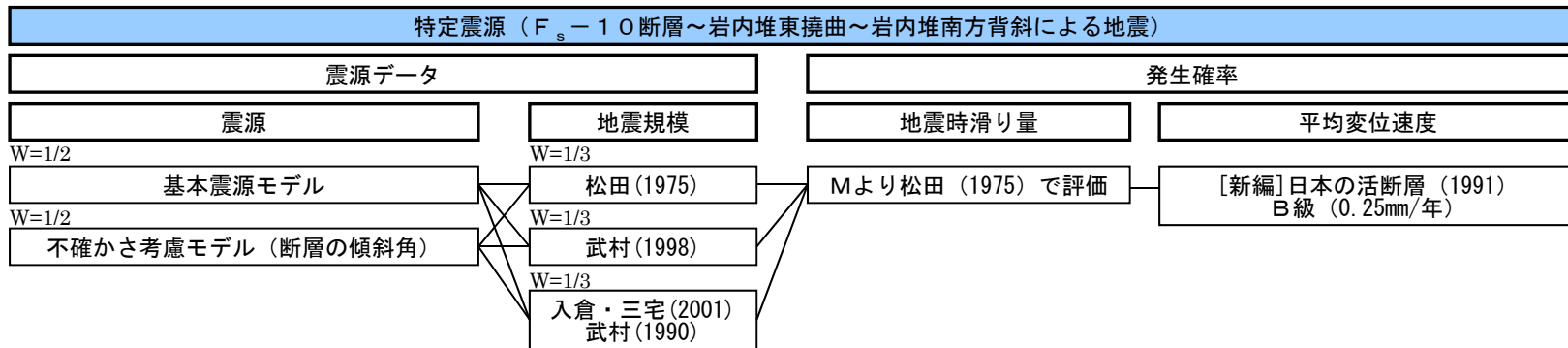
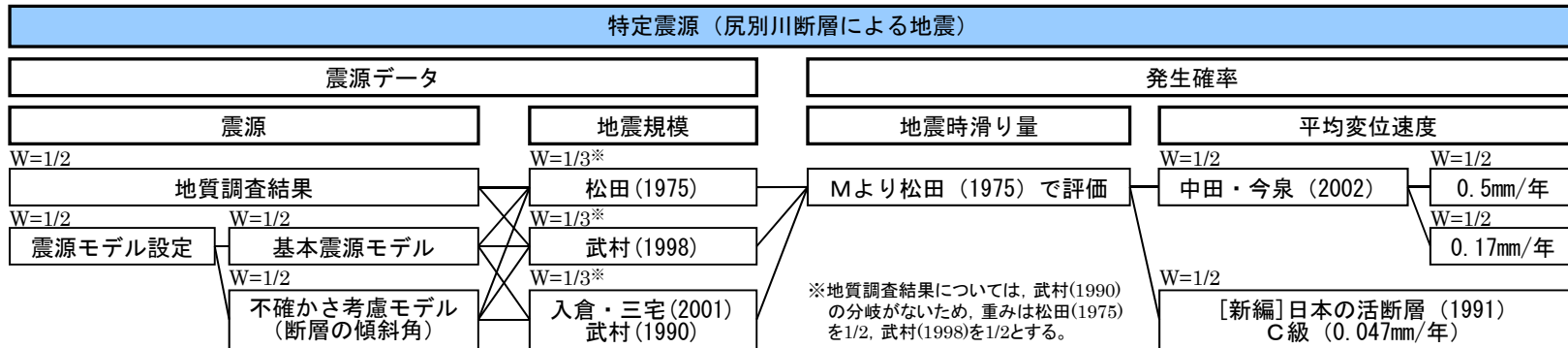
② 武村(1998) $\log L = 0.6M - 2.97$ L : 断層長さ(km)

③ 入倉・三宅(2001) $S = 4.24 \times 10^{-11} \times M_0^{1/2}$ S : 断層面積(km²)
 武村(1990) $\log M_0 = 1.17M + 17.72$ M_0 : 地震モーメント(dyne·cm)

断層名	長さ(km)	M			X _{eq} (km)	活動度	年発生頻度(回/年)
		松田(1975)	武村(1998)	入倉・三宅(2001) 武村(1990)			
尻別川断層	地質調査結果	16	6.8	7.0	-	C	3.91E-05
	基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2		2.58E-05
	不確かさ考慮モデル(傾斜角)	32.0	7.3	7.5	7.7		1.96E-05
F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜	基本震源モデル	100.4	8.2	8.3	8.2	B	3.01E-05
	不確かさ考慮モデル(傾斜角)	100.0	8.2	8.3	8.3		3.01E-05
	基本震源モデル	101	8.2	8.3	8.5		99
F _B -2断層	不確かさ考慮モデル(傾斜角)	101	8.2	8.3	8.7	B	3.01E-05

特定震源モデル

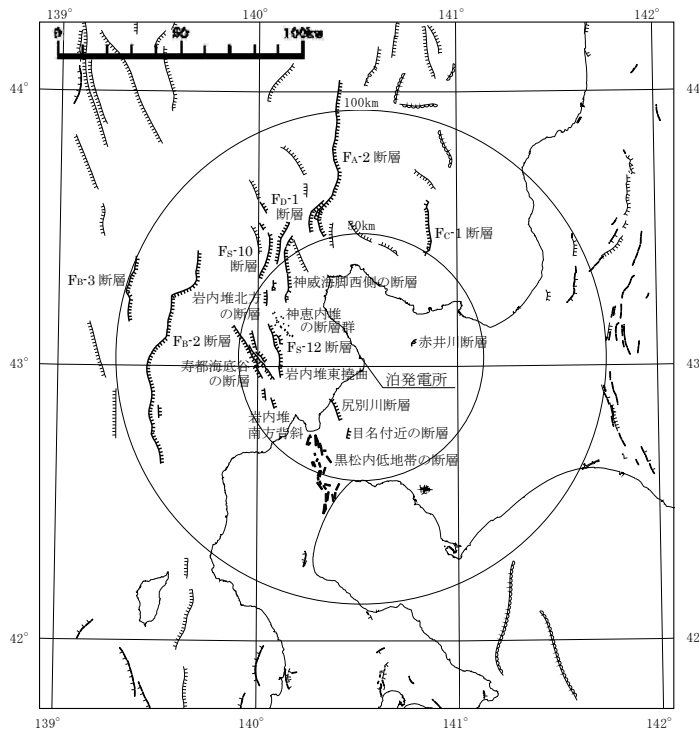
●検討用地震として選定した「尻別川断層による地震」、「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」、「F_B-2断層による地震」のロジックツリーは以下のとおり。



特定震源モデル

●「尻別川断層による地震」, 「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」, 「F_B-2断層による地震」以外の断層（黒松内低地帯の断層による地震等）の特定震源モデルの設定は、以下のように設定する。

- 敷地から100km程度以内にある地質調査結果に基づく断層及び「新編 日本の活断層」に記載されている活断層のうち、确实度Ⅰ及びⅡの活断層を対象とする。
- 地震規模について、対象とする断層は、超過確率への影響が小さいこと及び基準地震動策定において震源モデルを設定していないことを踏まえ、基準地震動策定において用いている松田(1975)により設定する。
- 地震の発生頻度は、「尻別川断層による地震」, 「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」, 「F_B-2断層による地震」と同様に設定する。なお、発生頻度について既往知見等により地震発生周期性を考慮できる場合は、それらの知見に基づきロジックツリーに展開する。



敷地周辺の活断層分布(「新編日本の活断層」に一部加筆)

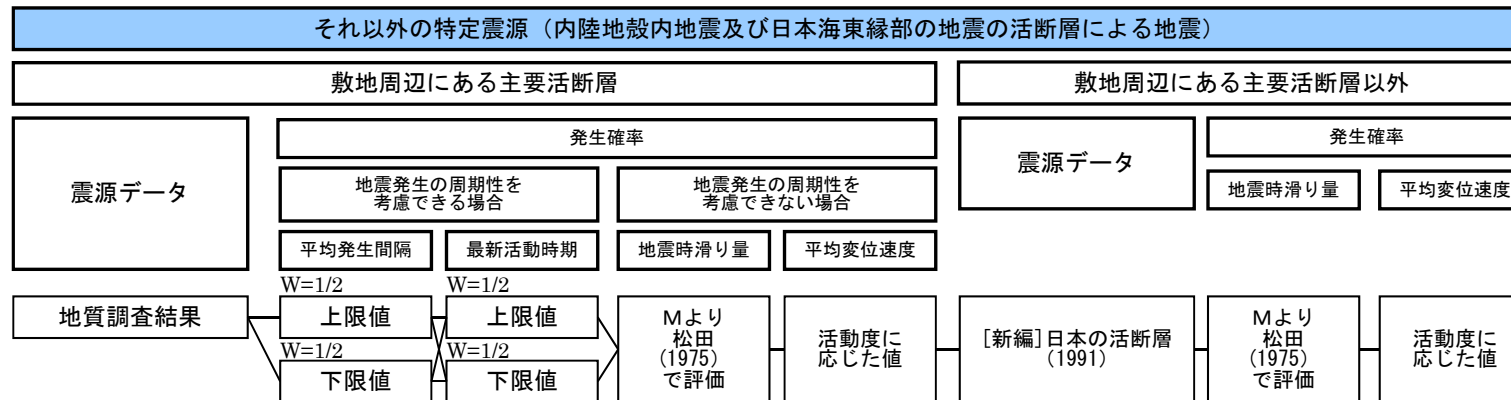
断層名	長さ (km)	M	X _{eq} (km)	活動度	年発生頻度 (回/年)
神威海脚西側の断層	31.5	7.3	53	B	1.04E-04
F _D -1断層～岩内堆北方の断層	39	7.5	57	B	7.91E-05
F _S -12断層	6.7	6.2	35	B	4.76E-04
寿都海底谷の断層	42	7.5	54	B	7.91E-05
F _A -2断層	65	7.9	90	B	4.55E-05
F _B -3断層	45	7.6	103	B	6.89E-05
F _C -1断層	27	7.2	62	A	1.15E-03
赤井川断層	5	6.0	24	B	6.28E-04
黒松内低地帯の断層	51	7.7	66	B	7.03E-04
目名付近の断層	5	6.0	32	C	1.18E-04

凡 例 (「新編日本の活断層」)	
陸 上	海 底
——— 活断層 (确实度Ⅰ)	——— 活断層 (确实)
——— 活断層 (确实度Ⅱ)	——— 活断層 (推定)
——— 活断層 (确实度Ⅲ)	——— 活撓曲 (确实)

太線は主な活断層を示す。

特定震源モデル

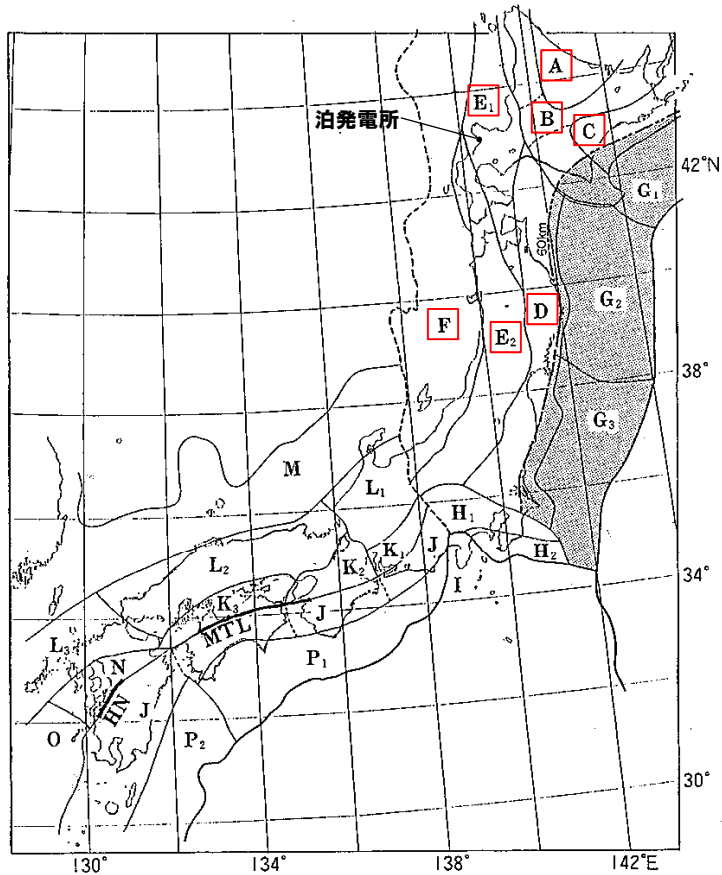
●「尻別川断層による地震」、「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」、「F_B-2断層による地震」以外の断層（黒松内低地帯の断層による地震等）のロジックツリーは以下のとおり。



2. 基準地震動の超過確率の参照

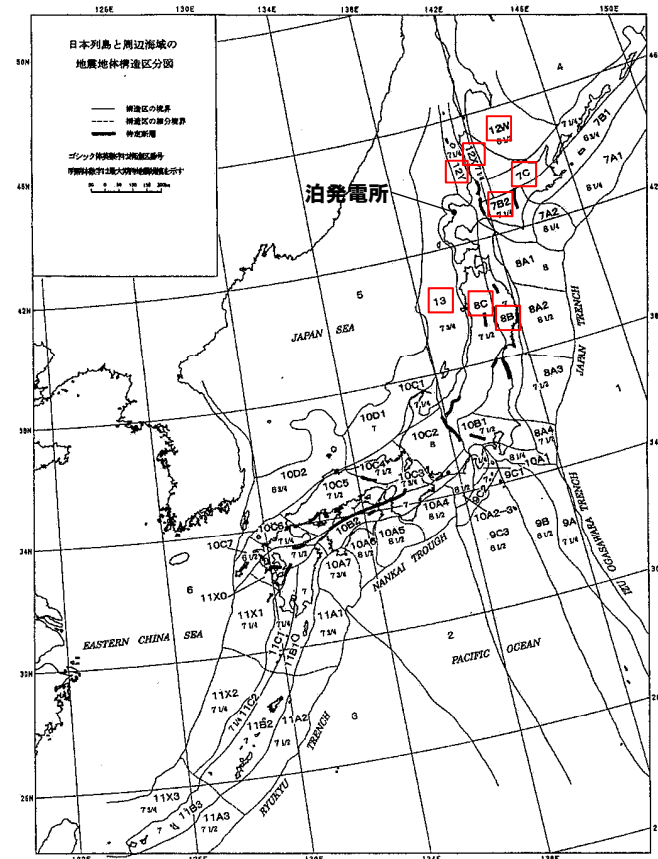
領域震源モデル

●領域震源モデルは、萩原(1991)及び垣見ほか(2003)の領域区分に基づき領域をモデル化し、敷地から200km以内の領域を対象とする。



萩原(1991)による地震地体構造区分図

対象領域:A, B, C, D, E1, E2, F



垣見ほか(2003)による地震地体構造区分図

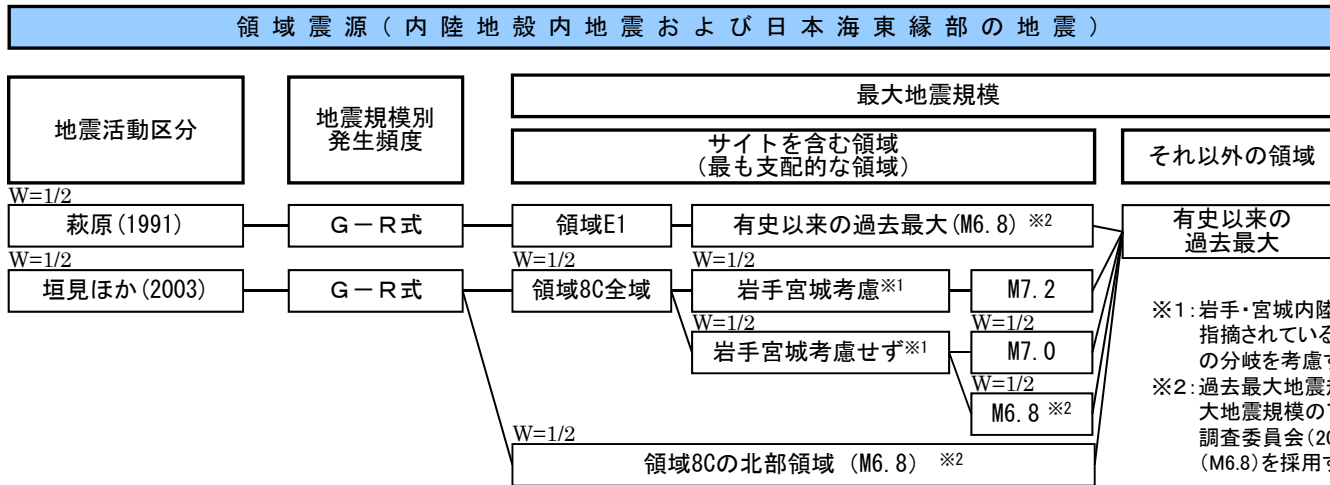
対象領域:7B2, 7C, 8B, 8C, 12W, 12X, 12Y, 13

萩原(1991)及び垣見ほか(2003)に一部加筆

領域震源モデル

●領域震源モデルの諸元は、以下のように設定する。

- 領域震源の諸元は、各領域における歴史地震データに基づき設定する。
- 対象地震は、内陸地殻内地震及び日本海東縁部の地震とする。
- 最大地震規模は、各領域で発生した地震のうち、活断層と関連づけることが困難な地震の最大規模、または、地震調査委員会（2009）に基づいて設定する。
- 過去に発生した地震の最大地震規模に幅がある場合には、その上限値及び下限値をロジックツリーの分岐として考慮する。
- 地震規模及び発生頻度はG-R式とし、各領域でb値・発生頻度を設定する。
- 震源深さは、気象庁カタログのデータに基づき各領域で震源深さの頻度分布を求め、正規分布または一定でモデル化する。
- 領域震源のロジックツリーは以下の通り。



※1: 岩手・宮城内陸地震に関しては、活断層との関連が指摘されている知見もあることから、ロジックツリーの分岐を考慮する。
 ※2: 過去最大地震規模が地震調査委員会(2009)の最大地震規模の下限値(M6.8)を下回ることから、地震調査委員会(2009)の最大地震規模の下限値(M6.8)を採用する。

領域震源モデル

萩原(1991)による領域震源モデルの諸元

領域名	最大M	b値	年発生頻度 (回/年)	震源深さ (km)
A	6.8	0.98	0.0378	8.5 (一定)
B1	6.9	0.90	0.291	10.2 (一定)
B2	6.8	0.81	0.314	5.6 (一定)
B3	6.8	0.85	0.302	15.2 (一定)
C	6.8	1.04	1.23	7.3 (一定)
D	7.0	0.77	0.639	10.9 (一定)
E1	6.8	0.71	0.140	平均:6.0 σ :3.5 (正規分布)
E2	7.2	0.92	0.791	平均:8.2 σ :3.6 (正規分布)
F	7.8	0.77	1.36	平均:19.2 σ :8.3 (正規分布)

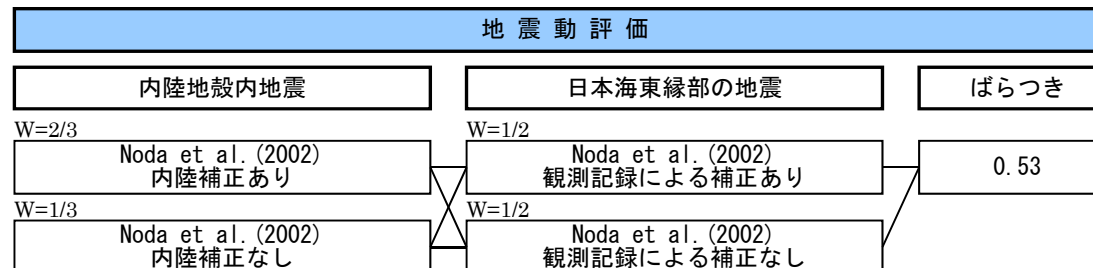
垣見ほか(2003)による領域震源モデルの諸元

領域名	最大M	b値	年発生頻度 (回/年)	震源深さ (km)
7B2	6.8	0.91	0.326	14.7 (一定)
7C	6.8	0.87	0.291	4.5 (一定)
12W	6.8	0.82	0.0333	11.8 (一定)
12X	6.8	0.63	0.0688	12.5 (一定)
12Y	6.8	0.48	0.0622	4.6 (一定)
8B	7.5	0.78	0.349	9.8 (一定)
8C	7.2	0.94	0.872	平均:8.0 σ :3.6 (正規分布)
8C北	6.8	0.89	0.153	平均:7.7 σ :3.6 (正規分布)
13	7.8	0.75	1.45	平均:18.0 σ :8.6 (正規分布)

地震動伝播モデル

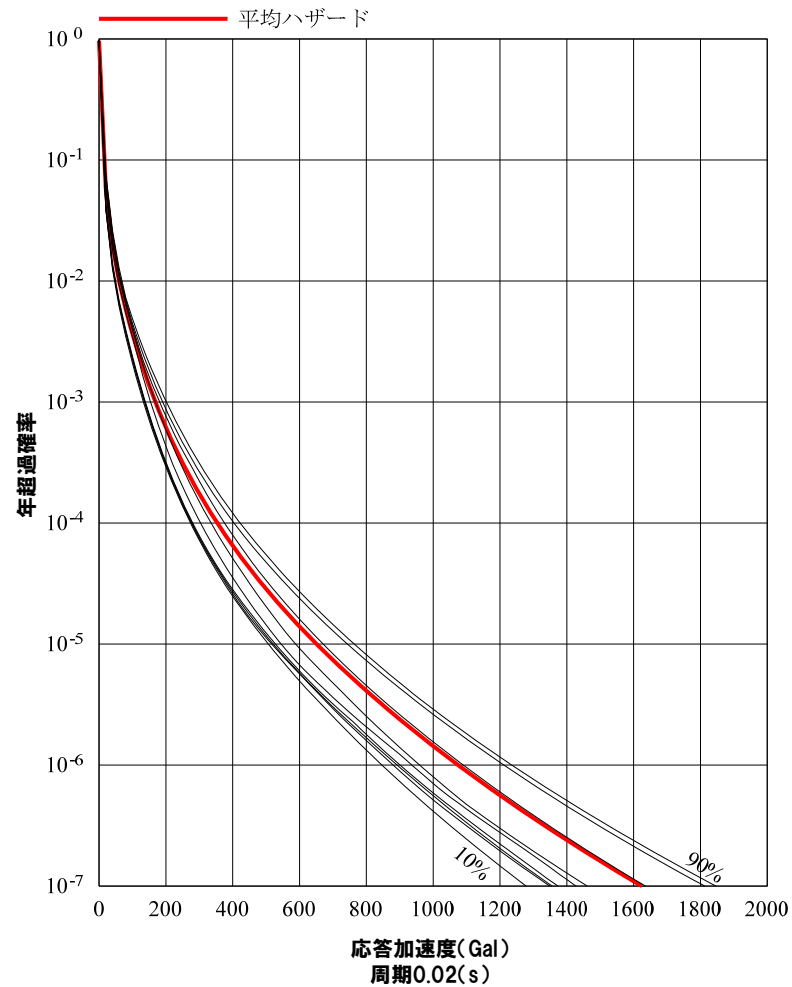
●地震動伝播モデルの諸元は、以下のように設定する。

- 距離減衰式としてNoda et al.(2002)を用いる。
- 地震動評価のばらつきは、日本原子力学会(2007)に示されるNoda et al.(2002)の値を用いる。
- 内陸地殻内地震については、Noda et al.(2002)の方法に従って求められた補正係数を用いる。
- 日本海東縁部の地震については、敷地で得られた観測記録を用いて、Noda et al.(2002)による応答スペクトルとの比より算定した補正係数を用いる。
- 補正係数のあり・なしをロジックツリーの分岐として考慮する。
- 地震動伝播モデルのロジックツリーは以下の通り。

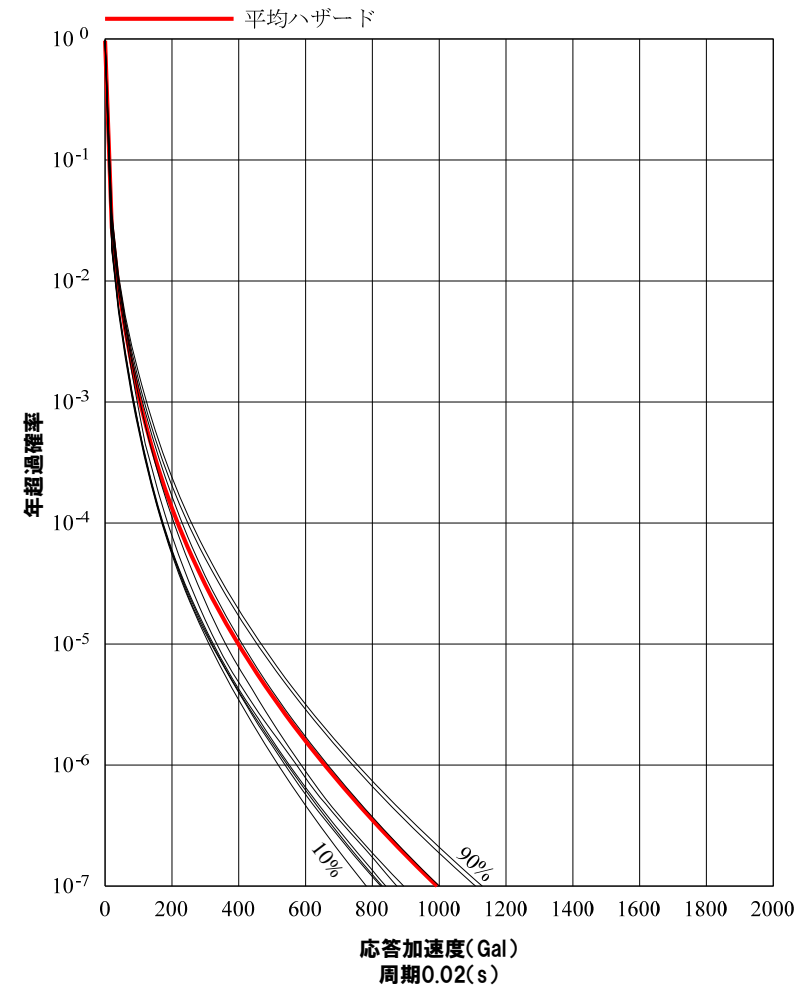


信頼度別ハザード曲線と平均ハザード曲線

●信頼度別ハザード曲線を周期毎に算定し、周期毎の平均ハザード曲線を算出



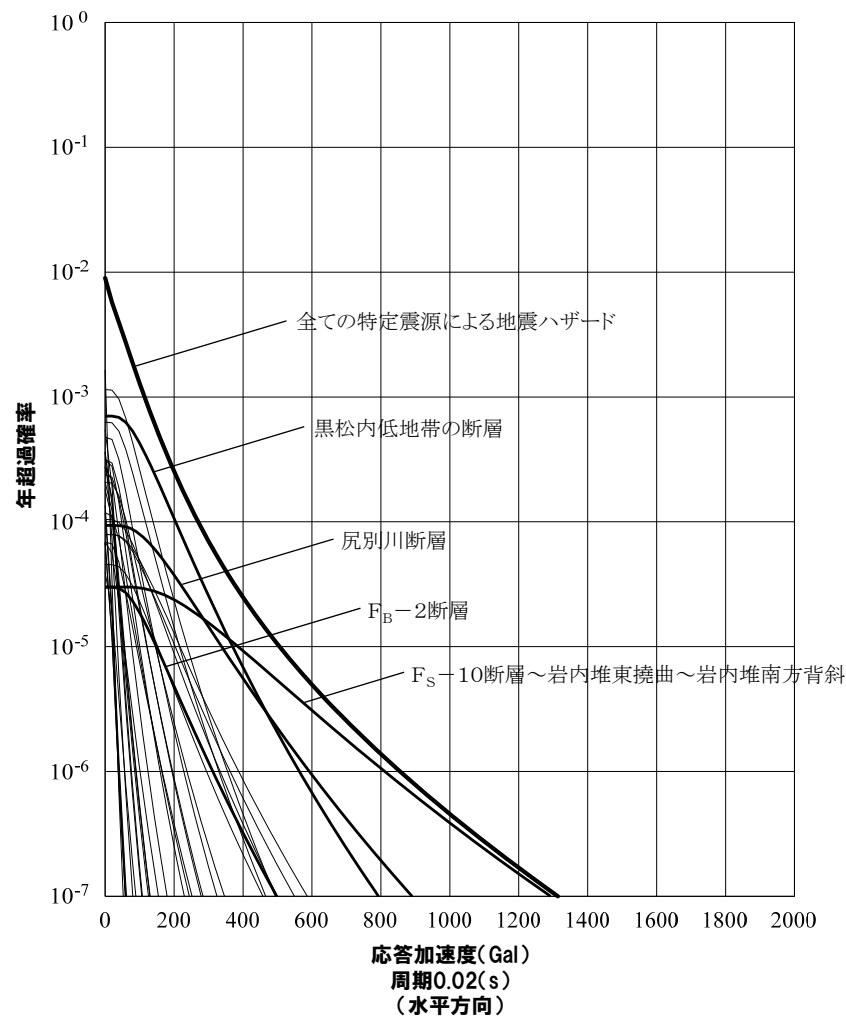
水平方向



鉛直方向

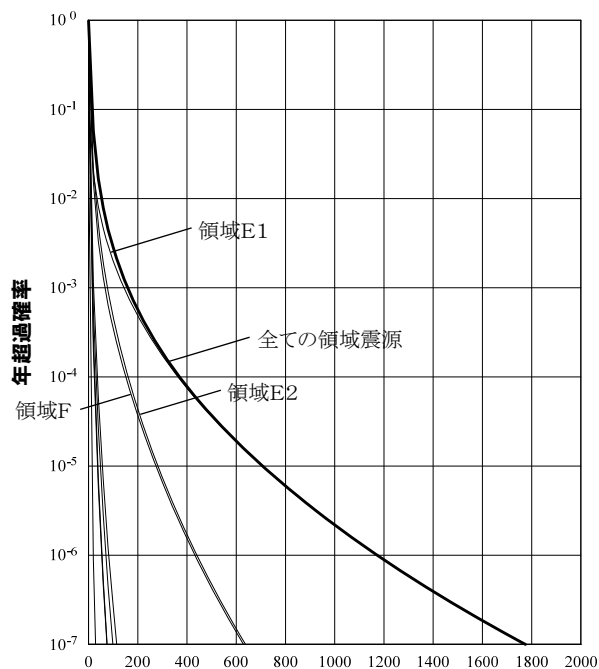
特定震源における震源毎の影響度

- 特定震源における震源毎の影響度を評価
- 年超過確率が大きい領域は、黒松内低地帯の断層による地震が支配的
- 年超過確率が小さい領域は、 F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震が支配的

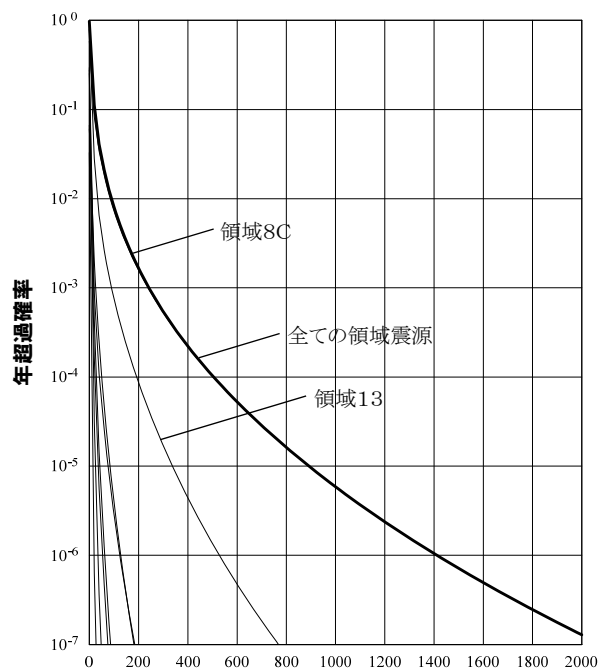


領域震源における領域区分毎の影響度

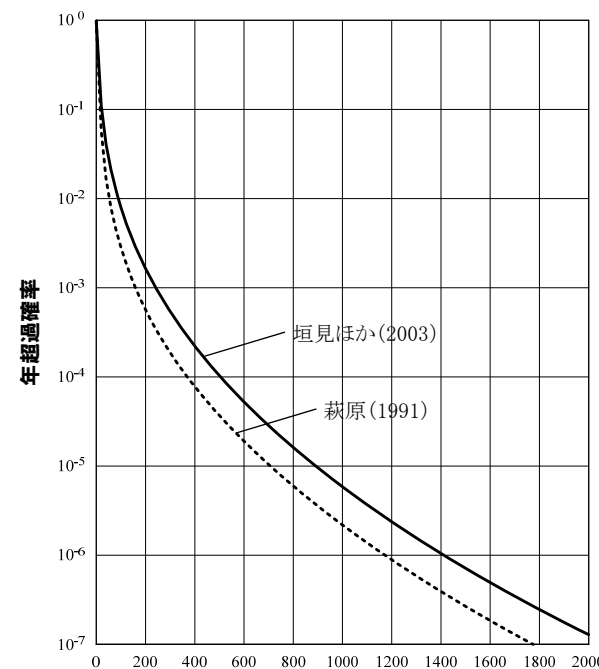
- 領域震源における領域区分毎の影響度を評価
- 萩原(1991)及び垣見ほか(2003)に基づく領域区分においては、共に泊サイトが位置する領域(E1及び8C)が支配的
- 萩原(1991)と垣見ほか(2003)の領域区分に基づくハザード曲線を比較すると垣見ほか(2003)がやや大きい



応答加速度(Gal)
周期0.02(s)
(水平方向)
萩原(1991)の内訳



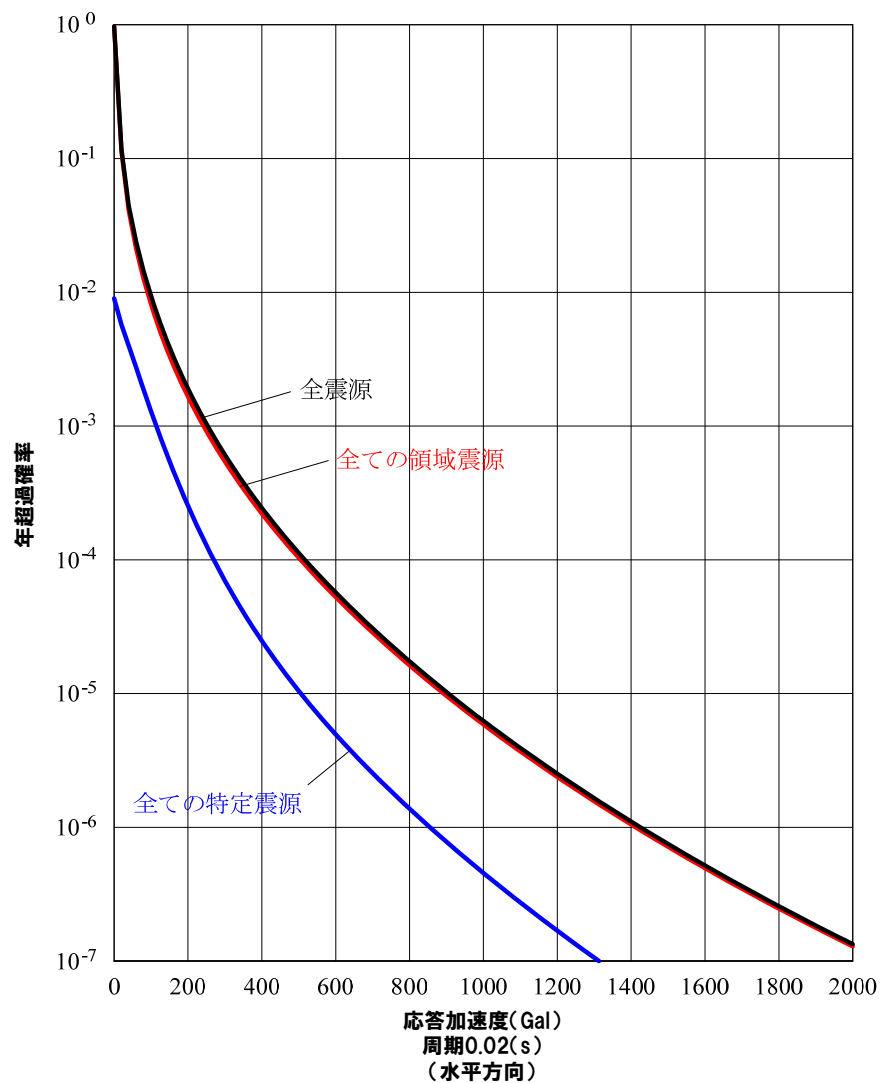
応答加速度(Gal)
周期0.02(s)
(水平方向)
垣見ほか(2003)の内訳



応答加速度(Gal)
周期0.02(s)
(水平方向)
萩原(1991)と垣見ほか(2003)の比較

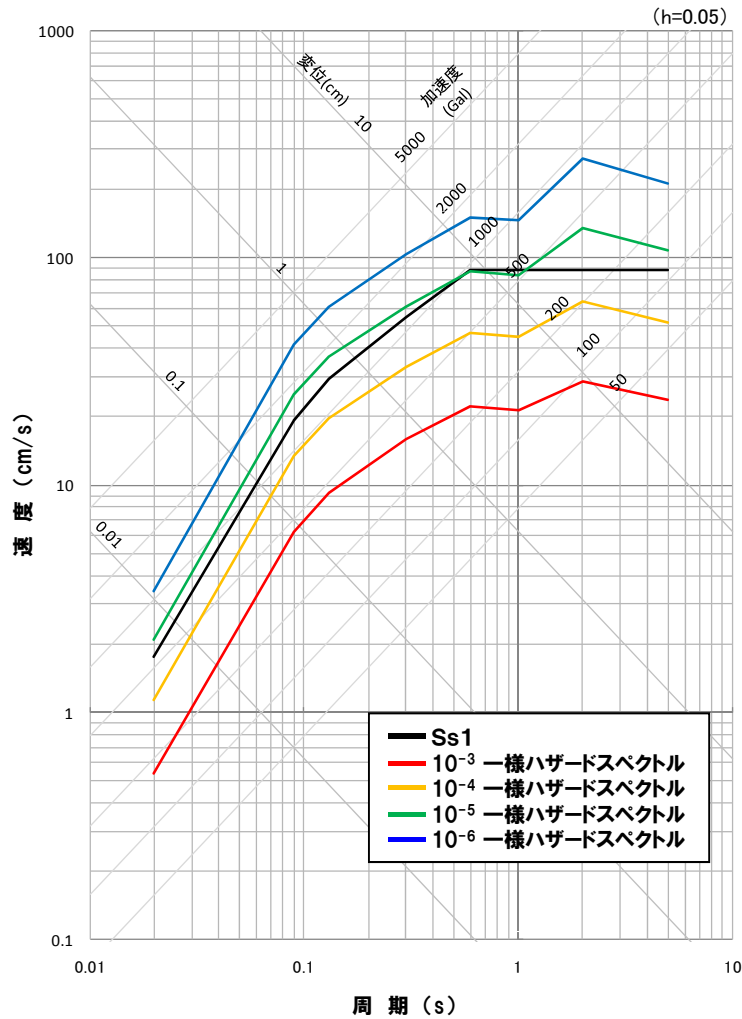
全震源に対する特定震源及び領域震源の影響度

- 全震源における特定震源及び領域震源の影響度を評価
- 全ての年超過確率において、領域震源が支配的

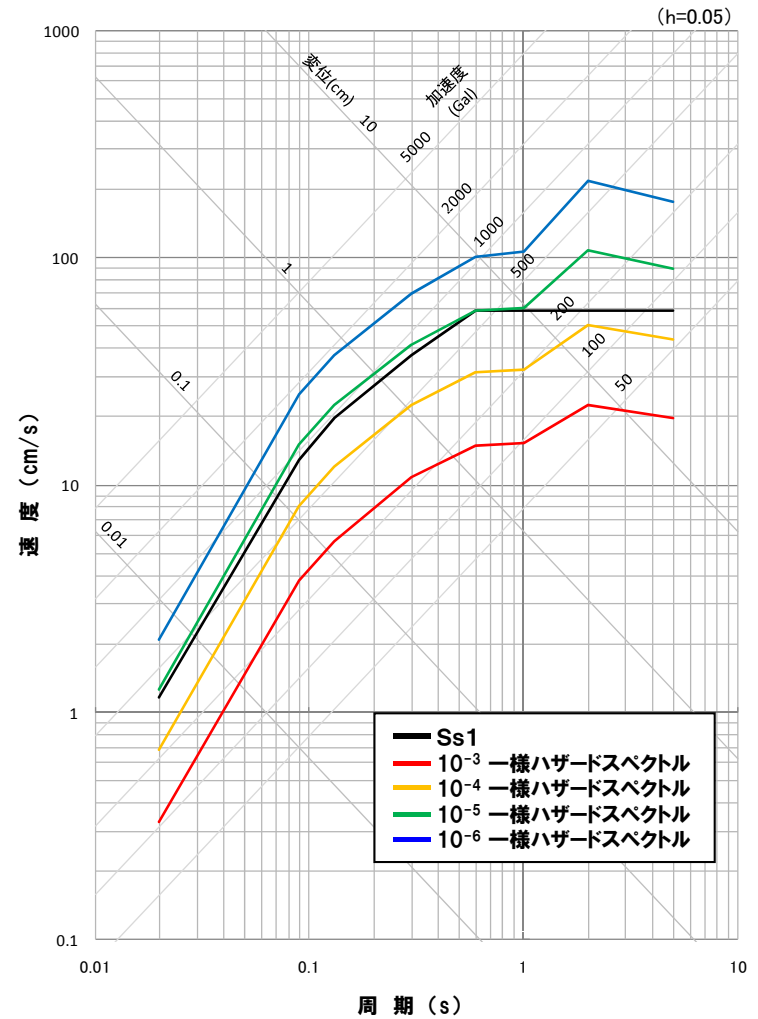


一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss1の比較

●基準地震動Ss1の年超過確率は、 10^{-5} 程度である



水平方向

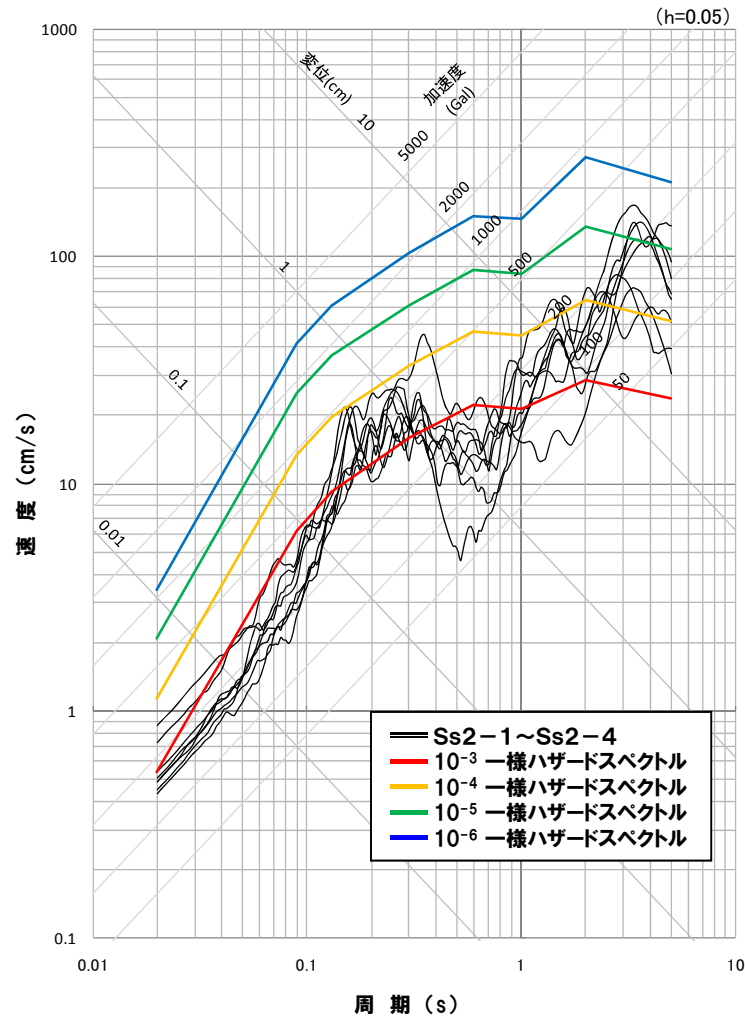


鉛直方向

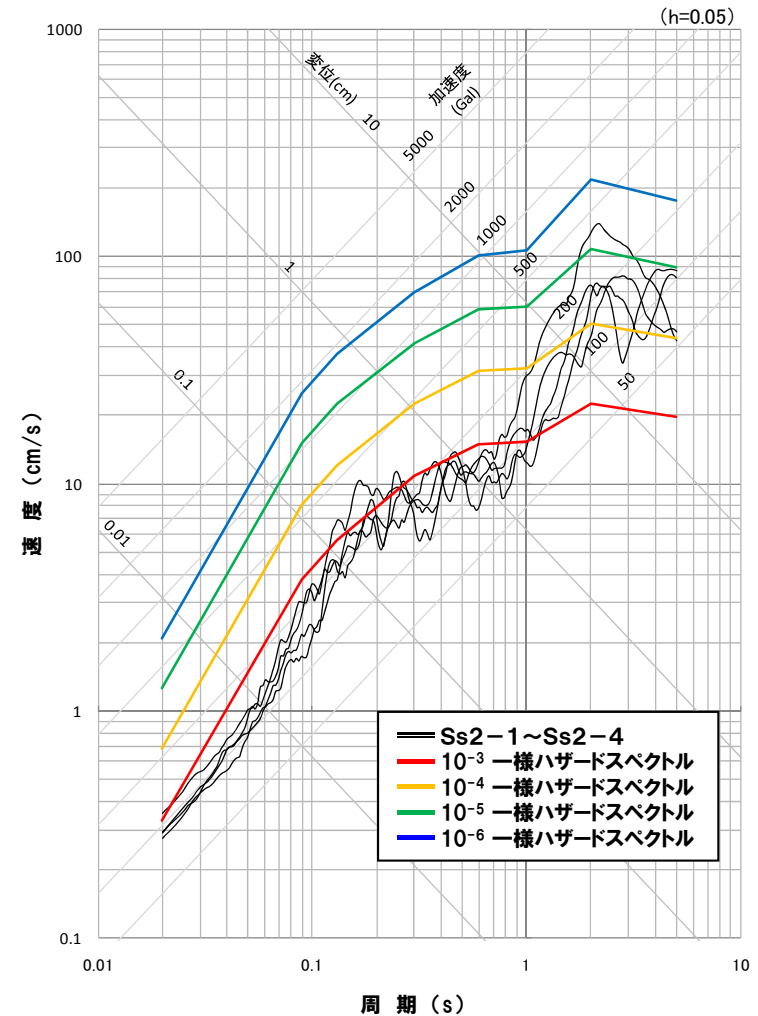
2. 基準地震動の超過確率の参照

一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss2-1~Ss2-4の比較

● 基準地震動Ss2-1~Ss2-4の年超過確率は、基準地震動Ss1を超過する長周期側(周期2秒程度以降)で $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度である



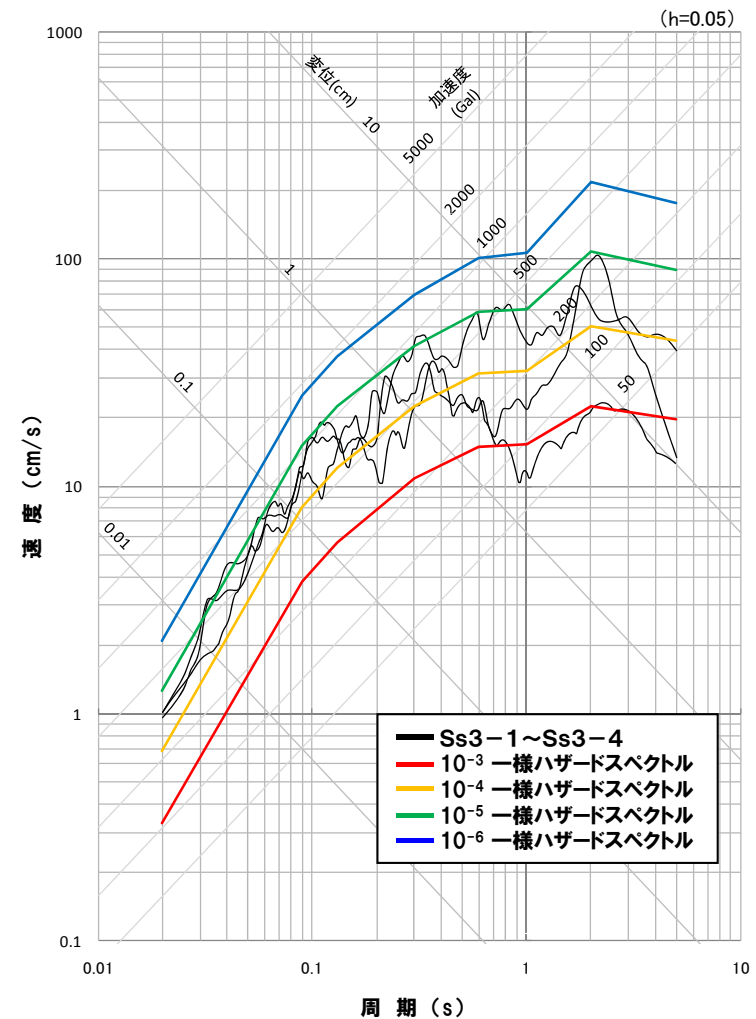
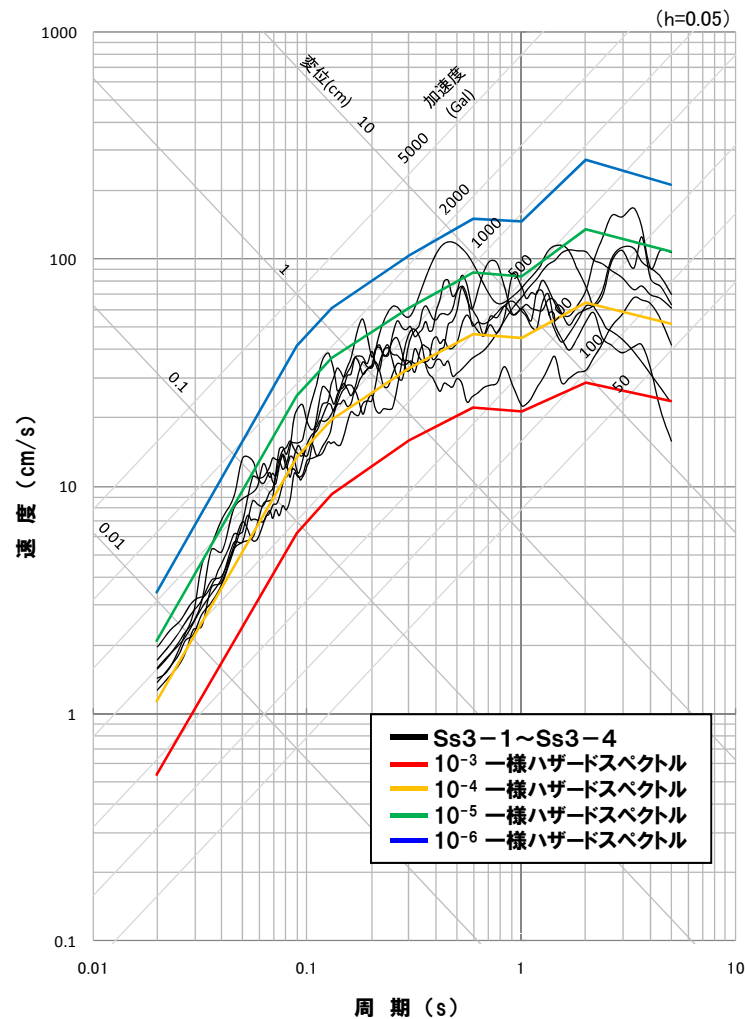
水平方向



鉛直方向

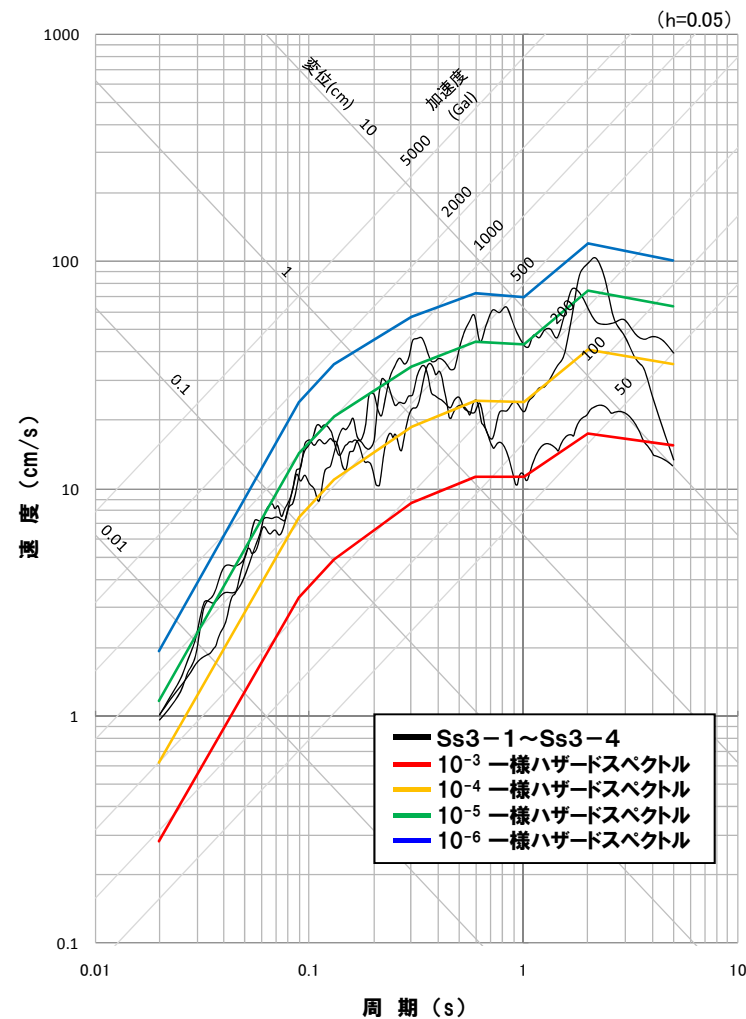
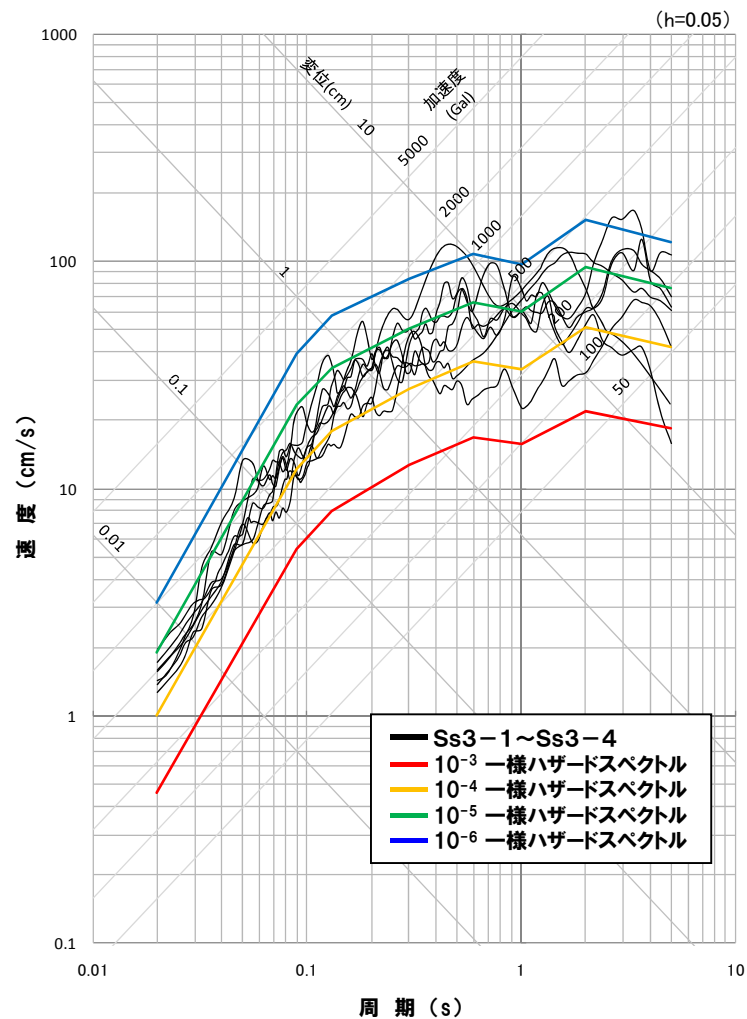
一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss3-1~Ss3-4の比較

●基準地震動Ss3-1~Ss3-4の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度である



【参考】領域震源のみの一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss3-1～Ss3-4の比較

●領域震源のみの一様ハザードスペクトルと震源を特定せず策定する地震動(基準地震動Ss3-1～Ss3-4)の比較より、基準地震動Ss3-1～Ss3-4の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である



- 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:2007, 社団法人日本原子力学会
- 萩原尊礼編(1991):日本列島の地震 地震工学と地震地体構造, 鹿島出版会
- 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, 389-406.
- S.Noda, 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 Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering,Oct.16-18,Istanbul,399-408
- 奥村俊彦・石川裕(1998):活断層の活動度から推定される平均変位速度に関する検討, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, 第1部(B), 554-555
- 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, 269-283
- 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, 211-228
- 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001):シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110, 849-875
- 武村雅之(1990):日本列島およびその周辺地域におこる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震, 第2輯, 第43巻, 257-265
- 中田高・今泉俊文編(2002):活断層デジタルマップ, 東京大学出版会
- 活断層研究会編(1991):日本の活断層, 東京大学出版会
- 地震調査委員会(2009):「全国地震動予測地図」技術報告書, 地震調査研究推進本部