

泊発電所3号炉 基準地震動の年超過確率の参照について

令和5年11月17日
北海道電力株式会社

1. 基準地震動の年超過確率の参照	3
1.1 確率論的地震ハザードの評価方針	4
1.2 特定震源モデル	5
1.3 領域震源モデル	10
1.4 地震動伝播モデル	12
1.5 ロジックツリー	14
1.6 地震ハザード評価結果	20
1.7 年超過確率の参照	26
参考文献	31

1. 基準地震動の年超過確率の参照

1.1 確率論的地震ハザードの評価方針

確率論的地震ハザードの評価方針

【基本方針】

○一般社団法人日本原子力学会「原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2015」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し、基準地震動の応答スペクトルがどの程度の年超過確率に相当するかを確認する。

※ 地震ハザードの不確かさへの影響が比較的小さい水準を想定し、TI(Technical Integrator, ロジックツリーの技術的な纏め役)が文献レビューおよび自らの経験に基づきコミュニティ分布(科学的集団が総合的に評価するその時点での不確かさの客観的分布)を評価し、ロジックツリーを作成する。

○確率論的地震ハザード評価に用いる震源モデル、地震動伝播モデル等は、日本原子力学会(2015)を踏まえて以下のとおり設定する。

【震源モデルの設定】

○震源モデルは、特定震源モデルおよび領域震源モデルを設定し、基準地震動の策定と同様に、内陸地殻内地震および内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)を考慮する。なお、内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)は、地震調査委員会(2003)に示される日本海東縁部の領域で発生する地震を対象とする。

○モデルの設定においては、地質調査結果および各種知見を参考にする。

・検討用地震および敷地周辺にある主要活断層の断層長さは、地質調査結果を用いる。

・地質調査の対象としていない敷地周辺にある主要活断層以外の断層の断層長さは、「[新編]日本の活断層」を用いる。なお、一部の活断層は地震調査委員会において評価されているが、いずれの断層も敷地までの距離が100km程度と遠く地震ハザード評価への影響が小さいと考えられることから、「[新編]日本の活断層」の断層長さで代表させる。

震源		モデルの設定	
特定震源	検討用地震	尻別川断層による地震	地質調査結果、「[新編]日本の活断層」、今泉ほか(2018)に基づき設定
		F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震 積丹半島北西沖の断層による地震	地質調査結果に基づき設定
		F_B-2 断層による地震	
	検討用地震以外	敷地周辺にある主要活断層	地質調査結果、「[新編]日本の活断層」、地震調査委員会(2005)に基づき設定
		敷地周辺にある主要活断層以外	「[新編]日本の活断層」に基づき設定
領域震源	領域区分		萩原(1991)、垣見ほか(2003)に基づき設定
	最大地震規模		領域区分内で発生した過去最大
	年発生頻度		気象庁地震カタログのデータに基づきG-R式により設定

【地震動伝播モデルの設定】

○距離減衰式は、解放基盤表面における水平および鉛直方向の地震動評価ができること、地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)を考慮できることから、Noda et al.(2002)を用いる。

○Noda et al.(2002)による評価に用いる補正は、以下を考慮する。

・内陸地殻内地震は、敷地において内陸地殻内で発生した適切な地震観測記録が得られていないことから、Noda et al.(2002)の手法に基づいた補正(以下、「内陸補正」という。)を考慮する。

・内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)は、敷地において日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震等の地震観測記録が得られていることから、観測記録を用いた補正(以下、「観測記録補正」という。)を考慮する。

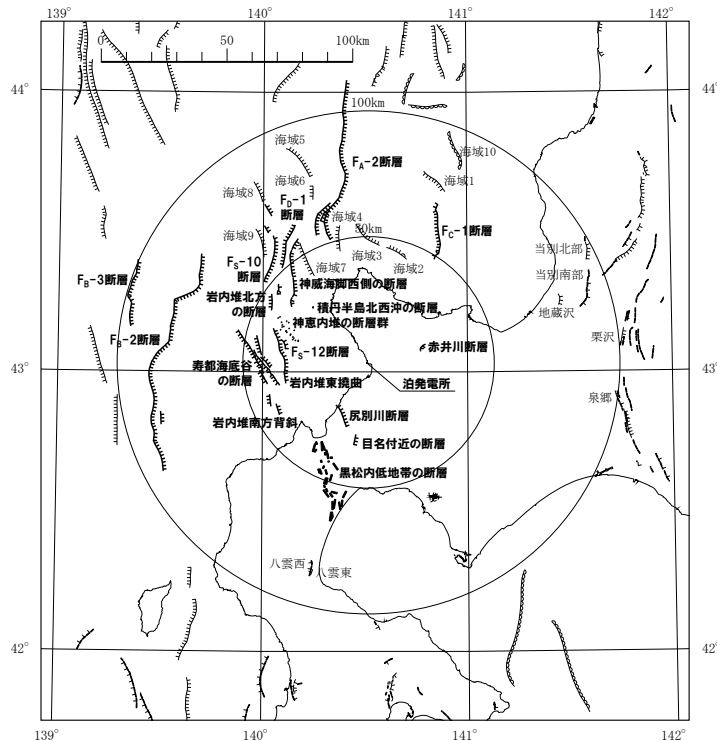
【ロジックツリーの作成】

○震源モデルおよび地震動伝播モデルにおいて、地震ハザード評価に大きな影響を及ぼす認識論的不確かさを選定し、ロジックツリーを作成する。

特定震源モデル(対象活断層)

- 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」、「積丹半島北西沖の断層による地震」および「F_B-2断層による地震」を対象とする。
- 検討用地震以外の活断層は、敷地から100km程度以内にある地質調査結果に基づく活断層および「[新編]日本の活断層」に記載されている活断層を対象とする。なお、「[新編]日本の活断層」に記載されている活断層のうち、陸域では確実度ⅠおよびⅡの活断層を対象とする。

敷地周辺にある活断層



凡 例 ([新編]日本の活断層)			
陸上	活断層(確実度Ⅰ)	活断層(確実)	活断層(確実)
海底	活断層(確実度Ⅱ)	活断層(推定)	活断層(推定)
	活断層(確実度Ⅲ)	活断層(確実)	活断層(確実)

断層名		断層長さ(km)	
検討用地震 (地質調査結果に基づく活断層)	尻別川断層	16	
	F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜	98	
	積丹半島北西沖の断層	-	
	F _B -2断層※1	101	
敷地周辺にある主要活断層 (地質調査結果に基づく活断層)	神威海脚西側の断層	31.5	
	F _D -1断層～岩内堆北方の断層	39	
	F _S -12断層	6.7	
	寿部海底谷の断層	42	
	神恵内堆の断層群	-	
	F _A -2断層	65	
	F _B -3断層※1	45	
	F _C -1断層	27	
	赤井川断層	5	
	黒松内低地帯の断層	51	
	目名付近の断層	5	
	検討用地震以外 (「[新編]日本の活断層」に記載されている活断層)	当別北部※2	9
		当別南部※2	15
		栗沢※2	9
		泉郷※2	9
		地蔵沢	4.3
		八雲西	5
八雲東		2	
海域1		11.9	
海域2		9.4	
海域3		13.1	
海域4	10.4		
海域5	15.1		
海域6	5.5		
海域7	14.4		
海域8	8.7		
海域9	12.0		
海域10	16.5		

※1 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象。

※2 当別北部・当別南部は地震調査委員会において当別断層として、栗沢・泉郷は地震調査委員会において石狩低地東縁断層帯として、それぞれ評価されているが、いずれの断層も敷地までの距離が100km程度と検討用地震および敷地周辺にある主要活断層より遠く地震ハザード評価への影響が小さいと考えられることから、「[新編]日本の活断層」の断層長さで代表させる。

敷地周辺の活断層分布(「[新編]日本の活断層」に一部加筆)

1.2 特定震源モデル

特定震源モデル(検討用地震)

○特定震源モデル(検討用地震)の諸元は、以下のように設定する。

○基準地震動の策定において設定した基本震源モデルに加え、認識論的不確かさとして考慮している断層パラメータ(断層の傾斜角、応力降下量および破壊伝播速度)のうち、Noda et al.(2002)の算定に影響を与えるパラメータである断層の傾斜角について、不確かさを考慮した震源モデルをロジックツリーの分岐として考慮する。

○地震規模は、基準地震動の策定において用いている地震規模評価式に加えて、武村(1998)をロジックツリーの分岐として考慮する。

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) 武村(1990)	$\left\{ \begin{array}{l} S = 4.24 \times 10^{-11} \times M_0^{1/2} \\ \log M_0 = 1.17M + 17.72 \end{array} \right.$	S : 断層面積(km ²) M_0 : 地震モーメント(dyne・cm)
④大竹ほか(2002)	$\log L = 0.67M - 3.07$	

○地震の年発生確率は、日本原子力学会(2015)に基づき、次式およびポアソン過程を用いて算定する。

$$v = S/D$$

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 : 地震時のすべり量(m)

・活断層の年平均変位速度は、海域では地質調査結果、陸域では「[新編]日本の活断層」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値を設定する。なお、地質調査結果や知見がない場合は、周辺にある活断層の活動度を参考にB級またはC級に仮定する。また、知見に基づき年平均変位速度を評価できる場合は、ロジックツリーの分岐として考慮する。

・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。

1.2 特定震源モデル

特定震源モデル(検討用地震)

○特定震源モデル(検討用地震)の諸元は、以下のとおり。

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M				Xeq(km)	活動度 ^{※1}	年発生確率 ^{※2}
			松田(1975)	武村(1998)	入倉・三宅(2001) 武村(1990)	大竹ほか(2002) ^{※3}			
陸域	尻別川断層	基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2	-	28	2.58E-05
		不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	- ^{※4}	-	34	1.96E-05
海域	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	-	46	3.01E-05
		不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	100.0	8.2	8.3	8.3	-	49	3.01E-05
	積丹半島北西沖の断層	走向0° ケース 基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2	-	21	1.37E-04
		走向0° ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	- ^{※4}		17	1.04E-04
		走向20° ケース 基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2		21	1.37E-04
		走向20° ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	- ^{※4}		17	1.04E-04
		走向40° ケース 基本震源モデル	22.6	7.1	7.2	7.2		23	1.37E-04
		走向40° ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	32.0	7.3	7.5	- ^{※4}		20	1.04E-04
	F _B -2断層 ^{※5}	基本震源モデル	101	8.2	8.3	- ^{※6}	7.6	98	3.01E-05
		不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	101	8.2	8.3	- ^{※6}	7.6	107	3.01E-05

※1 ()付は、参考にできる地質調査結果や知見がないため、周辺にある活断層の活動度を参考に仮定した活動度。

※2 年発生確率は、各地震規模評価式による地震規模Mごとに算定した地震時のすべり量D(m)[$\log_{10}D=0.6M-4.0$]および奥村・石川(1998)に記載の平均変位速度S(mm/年)[B級:0.25, C級:0.047]から算出する。ここでは、松田(1975)による地震規模Mに対する年発生確率を記載。

※3 大竹ほか(2002)は、日本海東縁部のデータに基づく地震規模評価式であるため、内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)に適用する。

※4 入倉・三宅(2001)および武村(1990)による地震規模M7.7が、孤立した短い活断層としての地震規模から大きく乖離しており、適切に求められないことから、入倉・三宅(2001)および武村(1990)の地震規模を用いていない。

※5 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象。

※6 入倉・三宅(2001)および武村(1990)による地震規模(基本震源モデルM8.6, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)M8.7)が、日本海東縁部において断層長さから想定される地震規模から大きく乖離しており、適切に求められないことから、入倉・三宅(2001)および武村(1990)の地震規模を用いていない。

1.2 特定震源モデル

特定震源モデル(検討用地震以外)

○特定震源モデル(検討用地震以外)の諸元は、以下のように設定する。

- 地震規模について、対象とする活断層は、後段に示す「特定震源における震源ごとの影響度」によると地震ハザード評価への影響が小さいこと、基準地震動の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、基準地震動の策定において用いている松田(1975)により設定する。
 - ・断層長さの短い活断層は、基準地震動の策定と同様に「孤立した短い活断層」として整理し、地震規模をM7.1と設定する。*
- 地震の年発生確率は、検討用地震と同様に算定する。なお、敷地周辺にある主要活断層において知見に基づき地震発生の周期性を考慮できる場合は、更新過程を用いて地震の年発生確率を算定する。

※ 基準地震動の策定では、泊発電所の内陸地殻内地震の地震発生層として設定している上端深さ2km、下端深さ18km、その厚さ16kmおよび断層傾斜角45°を考慮し、震源断層が地震発生層を飽和する断層幅と同じ断層長さを仮定すると、断層長さは22.6kmとなることから、断層長さが22.6km以下の活断層を「孤立した短い活断層」の対象としている。また、「孤立した短い活断層」の地震規模は、断層長さ22.6kmとして松田(1975)により算出されるM7.1としている。

敷地周辺にある主要活断層(地震発生の周期性を考慮できない場合)

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M	Xeq ^{*1} (km)	活動度 ^{*2}	年発生確率 ^{*3}
海域	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	7.1	38	B	1.37E-04
	寿都海底谷の断層	42	7.5	54	B	7.91E-05
	神恵内堆の断層群	-	7.1	38	(B)	1.37E-04
	F _A -2断層	65	7.9	90	B	4.55E-05
	F _B -3断層 ^{*4}	45	7.6	103	B	6.89E-05
	F _C -1断層	27	7.2	62	A	1.15E-03
陸域	赤井川断層	5	7.1	29	B	1.37E-04
	目名付近の断層	5	7.1	36	(C)	2.58E-05

敷地周辺にある主要活断層以外

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M	Xeq ^{*1} (km)	活動度 ^{*2}	年発生確率 ^{*3}
陸域	当別北部	9	7.1	99	B	1.37E-04
	当別南部	15	7.1	93	(C)	2.58E-05
	栗沢	9	7.1	103	C	2.58E-05
	泉郷	9	7.1	103	C	2.58E-05
	地藏沢	4.3	7.1	82	(C)	2.58E-05
	八雲西	5	7.1	87	(C)	2.58E-05
	八雲東	2	7.1	89	B	1.37E-04
	海域	海域1	11.9	7.1	79	(B)
海域2		9.4	7.1	48	(B)	1.37E-04
海域3		13.1	7.1	53	(B)	1.37E-04
海域4		10.4	7.1	54	(B)	1.37E-04
海域5		15.1	7.1	87	(B)	1.37E-04
海域6		5.5	7.1	72	(B)	1.37E-04
海域7		14.4	7.1	49	(B)	1.37E-04
海域8		8.7	7.1	83	(B)	1.37E-04
海域9		12	7.1	65	(B)	1.37E-04
海域10		16.5	7.1	93	(B)	1.37E-04

敷地周辺にある主要活断層(地震発生の周期性を考慮できる場合)

断層位置	断層名	断層長さ(km)	地震規模M	Xeq ^{*1} (km)	平均発生間隔 ^{*5}	最新活動時期 ^{*5}	年発生確率
陸域	黒松内低地帯の断層	51	7.7	66	3,600年	5,900年前	1.87E-03
					3,600年	4,900年前	1.62E-03
					5,000年	5,900年前	9.83E-04
					5,000年	4,900年前	7.02E-04

※1 円形断層を仮定して算定。

※2 ()付は、参考にできる地質調査結果や知見がないため、周辺にある活断層の活動度を参考に仮定した活動度。

※3 松田(1975)に基づき断層長さから求めた地震規模Mを用いて算定した地震時のすべり量D(m)[$\log_{10}D=0.6M-4.0$]および奥村・石川(1998)に記載の平均変位速度S(mm/年)[A級:2.4, B級:0.25, C級:0.047]から算出した年発生確率を記載。

※4 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象。

※5 地震調査委員会(2005)によると、黒松内低地帯断層帯の最新活動時期は約5,900年前～約4,900年前と推定され、平均発生間隔は3,600年～5,000年程度以上の可能性があることとされていることから、それぞれの値をロジックツリーの分岐として考慮する。

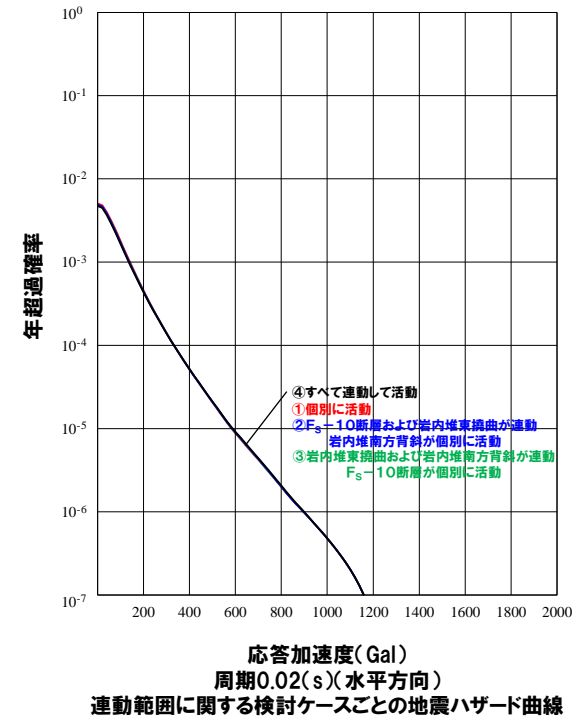
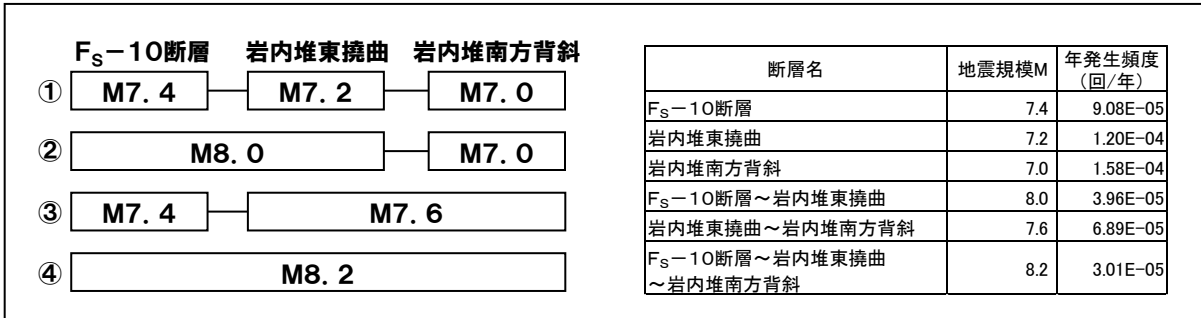
1.2 特定震源モデル

【参考】「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」の連動範囲に関する検討

○基準地震動の策定において、連動を考慮している「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」について、連動範囲が地震ハザード評価に及ぼす影響を把握して、連動させたケースで代表させることができるか確認するため、以下の連動範囲を考慮した感度解析を実施する。

【連動範囲に関する検討ケース】

- ① F_S-10断層, 岩内堆東撓曲および岩内堆南方背斜がそれぞれ個別に活動
- ② F_S-10断層および岩内堆東撓曲が連動し, 岩内堆南方背斜が個別に活動
- ③ 岩内堆東撓曲および岩内堆南方背斜が連動し, F_S-10断層が個別に活動
- ④ F_S-10断層, 岩内堆東撓曲および岩内堆南方背斜が連動して活動



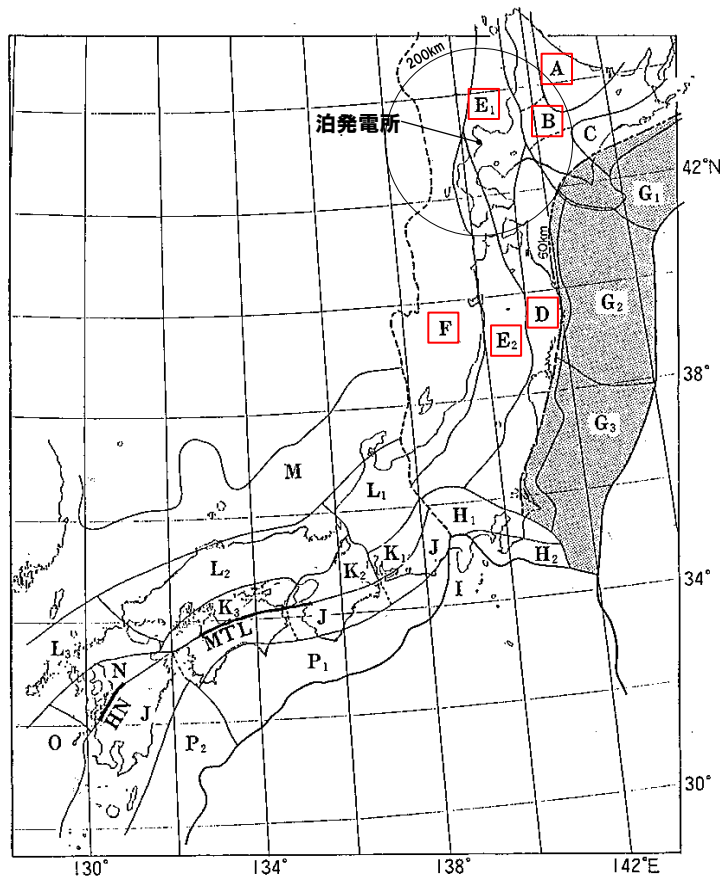
- 特定震源における地震ハザード評価においては、連動範囲に関する検討ケースにより大きな相違はみられないことから、連動範囲による影響はない。
- 以上より、特定震源における「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜による地震」のロジックツリーは、「F_S-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜」を連動させたケースで代表させる。

1.3 領域震源モデル

領域震源モデル(対象領域)

○領域震源モデルは、萩原(1991)および垣見ほか(2003)の領域区分における敷地から200km程度以内の領域*を対象とする。

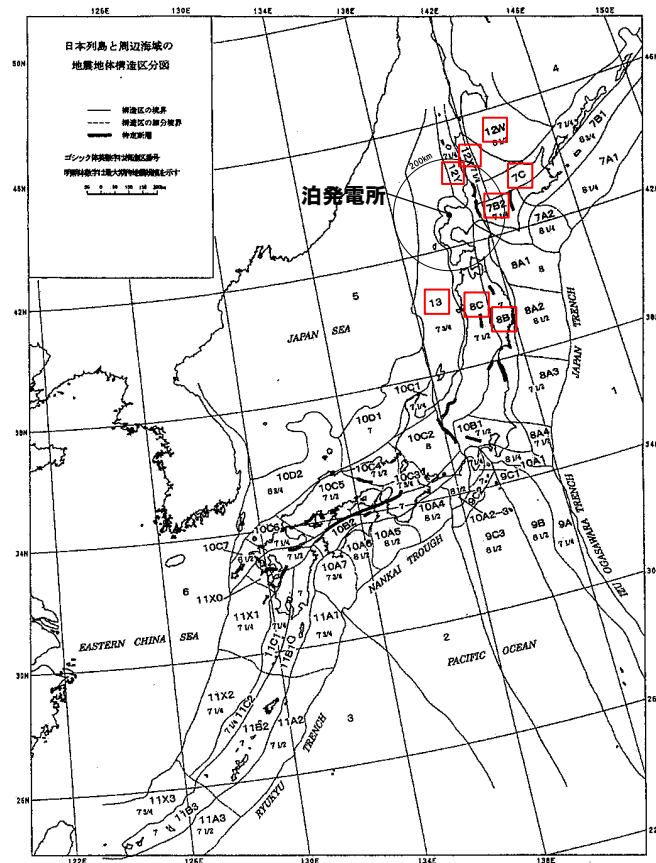
* 泊発電所の地震ハザード評価は領域震源の影響が大きいことから、日本原子力学会(2015)において震源モデルの設定で対象領域として示されている「サイトから半径100km~150km程度」よりも広い、敷地から200km程度以内の領域を対象としている。



萩原(1991)による地震地体構造区分図

対象領域(内陸地殻内地震) : A, B, D, E1, E2

対象領域(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)) : F



垣見ほか(2003)による地震地体構造区分図

対象領域(内陸地殻内地震) : 7B2, 7C, 8B, 8C, 12W, 12X, 12Y

対象領域(内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)) : 13

1.3 領域震源モデル

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。

- 領域震源モデルの諸元は、各領域における過去の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(日本海東縁部の地震を含む)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地震規模、または、地震調査委員会(2013)に基づいて設定する。
 - ・最大地震規模の下限值として、地震調査委員会(2013)のモデル1(M6.8)およびモデル2(M7.3)の地震規模を参考に分岐を考慮する。
 - ・活断層と関連づけることが困難な地震の最大地震規模と下限値を比較し、大きい方を最大地震規模として設定する。
- 地震規模別年発生頻度はG-R式とし、各領域でb値・年発生頻度を設定する。
- 地震動評価の等価震源距離の算定に用いる震源深さは、気象庁地震カタログのデータに基づき設定することとし、敷地から100km以内では各領域における震源深さの頻度分布に応じて正規分布または一定、敷地から100km以遠では一定とする。

萩原(1991)による領域震源モデルの諸元

領域名	最大地震規模M		b値	年発生頻度 (回/年)	震源深さ (km)
	モデル1	モデル2			
A	6.8 (下限値)	7.3 (下限値)	0.98	0.0374	7.9 (一定)
B1	6.9 (1971年9月6日の地震)	7.3 (下限値)	0.90	0.287	10.0 (一定)
B2	6.8 (下限値)	7.3 (下限値)	0.81	0.310	5.3 (一定)
B3	6.8 (1944年2月1日の地震)	7.3 (下限値)	0.85	0.299	15.2 (一定)
D	7.0 (1900年5月12日の地震)	7.3 (下限値)	0.79	0.690	11.1 (一定)
E1	6.8 (下限値)	7.3 (下限値)	0.71	0.138	平均:6.1 σ:3.5 (正規分布)
E2	7.2 (2008年岩手・宮城内陸地震)	7.3 (下限値)	0.93	0.793	平均:8.2 σ:3.6 (正規分布)
F*	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	0.77	1.36	平均:19.1 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	最大地震規模M		b値	年発生頻度 (回/年)	震源深さ (km)
	モデル1	モデル2			
7B2	6.8 (1944年2月1日の地震)	7.3 (下限値)	0.91	0.322	14.7 (一定)
7C	6.8 (下限値)	7.3 (下限値)	0.87	0.287	4.2 (一定)
8B	7.5 (818年の地震)	7.5 (818年の地震)	0.82	0.379	9.9 (一定)
8C	7.2 (2008年岩手・宮城内陸地震)	7.3 (下限値)	0.95	0.874	平均:8.0 σ:3.6 (正規分布)
12W	6.8 (下限値)	7.3 (下限値)	0.82	0.0330	11.0 (一定)
12X	6.8 (下限値)	7.3 (下限値)	0.71	0.0669	11.8 (一定)
12Y	6.8 (下限値)	7.3 (下限値)	0.48	0.0615	4.9 (一定)
13*	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	7.8 (1993年北海道南西沖地震)	0.75	1.45	平均:17.9 σ:8.6 (正規分布)

※ 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象

1.4 地震動伝播モデル

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。

- 距離減衰式は、解放基盤表面における水平および鉛直方向の地震動評価ができること、地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)を考慮できることから、Noda et al.(2002)を用いる。
- Noda et al.(2002)による評価に用いる補正は、以下を考慮する。
 - ・内陸地殻内地震は、敷地において内陸地殻内で発生した適切な地震観測記録が得られていないことから、内陸補正を考慮する。
 - ・内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)は、敷地において日本海東縁部で発生した1993年北海道南西沖地震等の地震観測記録が得られていることから、観測記録補正を考慮する。
- 内陸補正および観測記録補正は、日本原子力学会(2015)を踏まえて、補正のあり・なしをロジックツリーの分岐として考慮し、分岐の重み付けを以下のとおり設定する。
 - ・内陸補正は、敷地において内陸地殻内で発生した適切な地震観測記録が得られておらず、その適用性が明確ではないことから、内陸補正ありの重みを1/2、内陸補正なしの重みを1/2として設定する。
 - ・観測記録補正は、後段に示す評価※によると、観測記録補正の対象である内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の地震ハザード評価への影響が小さいことから、観測記録補正ありの重みを1/2、観測記録補正なしの重みを1/2として設定する。
- 地震動評価におけるばらつきは、日本原子力学会(2015)に示されるNoda et al.(2002)の対数標準偏差を用いることとし、ばらつきの打ち切り範囲は対数標準偏差の3倍とする。

※ 「特定震源における震源ごとの影響度」および「領域震源における領域区分ごとの影響度」

断層名			分岐を考慮する補正係数	ばらつき	ばらつきの打ち切り
特定震源	検討用地震	尻別川断層 F _S -10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜 積丹半島北西沖の断層	内陸補正	0.53	3σ
		F _B -2断層*	観測記録補正		
	検討用地震以外	神威海脚西側の断層, F _D -1断層～岩内堆北方の断層, F _S -12断層 寿都海底谷の断層, 神恵内堆の断層群, F _A -2断層, F _C -1断層 赤井川断層, 黒松内低地帯の断層, 目名付近の断層	内陸補正		
		F _B -3断層*	観測記録補正		
領域震源	萩原(1991)	領域A, 領域B1, 領域B2, 領域B3, 領域D, 領域E1, 領域E2	内陸補正		
		領域F*	観測記録補正		
	垣見ほか(2003)	領域7B2, 領域7C, 領域8B, 領域8C, 領域12W, 領域12X, 領域12Y	内陸補正		
		領域13*	観測記録補正		

※ 内陸地殻内地震(日本海東縁部の地震)の対象

1.4 地震動伝播モデル

地震動伝播モデル(日本海東縁部の地震の補正係数)

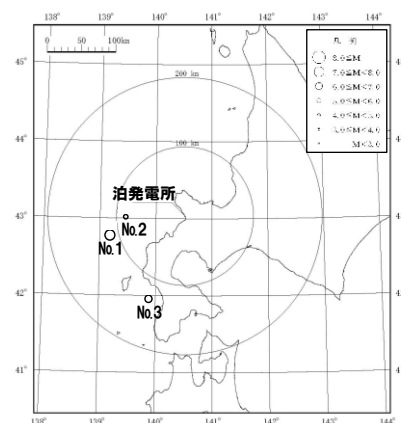
○日本海東縁部の地震の補正係数は、以下のように設定する。

○敷地で観測された代表的な観測記録である1993年北海道南西沖地震の観測記録を基に、Noda et al.(2002)による応答スペクトルに対する比率を求め、日本海東縁部の地震の補正係数を設定する。

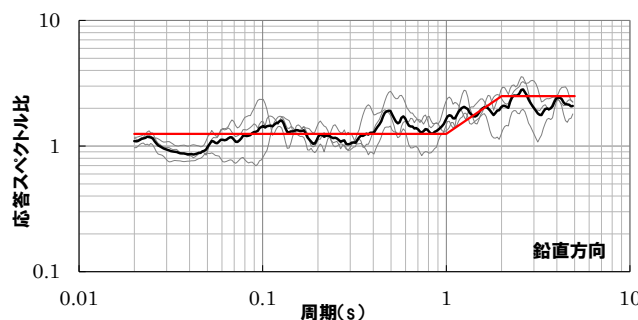
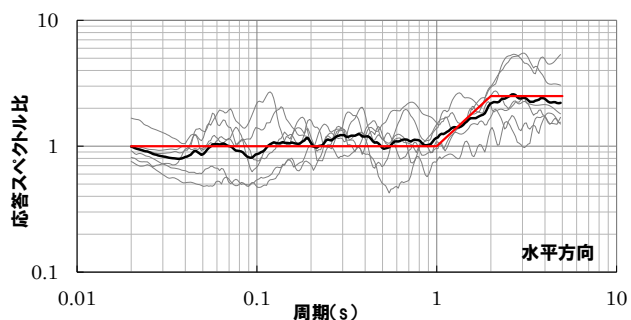
○補正係数の評価に用いた観測記録の諸元、設定した補正係数を以下に示す。

No	発生日	震央位置		深さ (km)	地震規模 M	震央距離 (km)	地名 (地震名)
		東経(°)	北緯(°)				
1	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震)
2	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・余震)
3	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・最大余震)

※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ



震央分布図



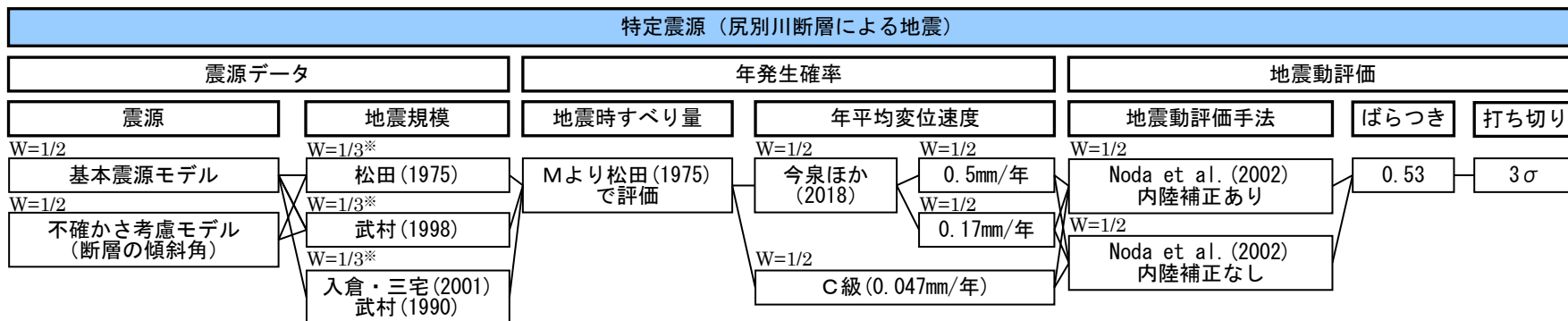
— 日本海東縁部の地震に用いる補正係数
 — 観測記録とNoda et al.(2002)の応答スペクトル比(平均値)
 — 観測記録とNoda et al.(2002)の応答スペクトル比

日本海東縁部の地震の観測記録に基づく応答スペクトル比
(日本海東縁部の地震の補正係数)

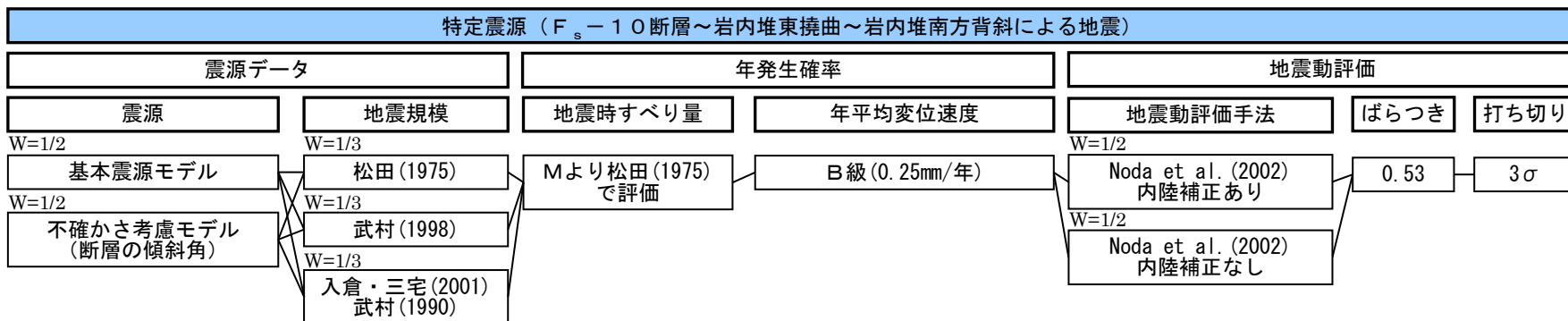
1.5 ロジックツリー

特定震源モデル(検討用地震)のロジックツリー

○検討用地震のロジックツリーは、以下のとおり。



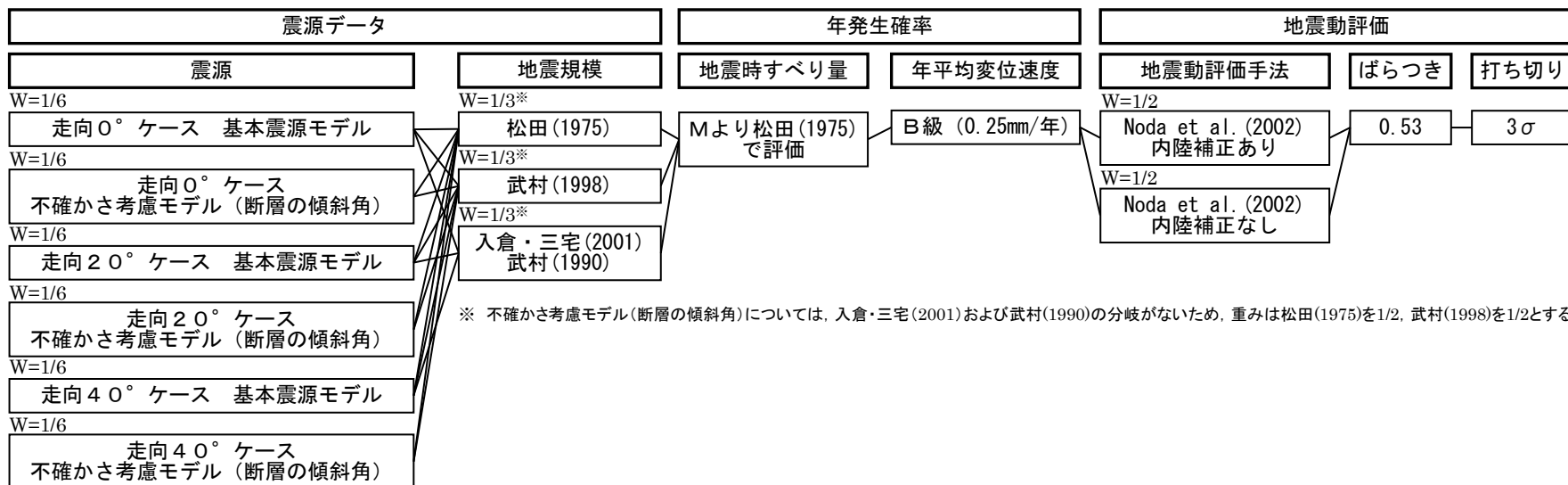
※ 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)については、入倉・三宅(2001)および武村(1990)の分岐がないため、重みは松田(1975)を1/2、武村(1998)を1/2とする。



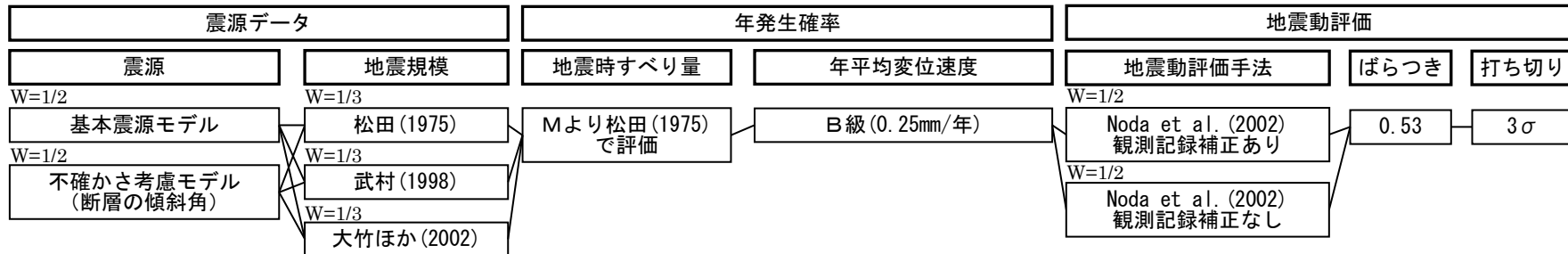
1.5 ロジックツリー

特定震源モデル(検討用地震)のロジックツリー

特定震源 (積丹半島北西沖の断層による地震)



特定震源 (F_B-2断層による地震)

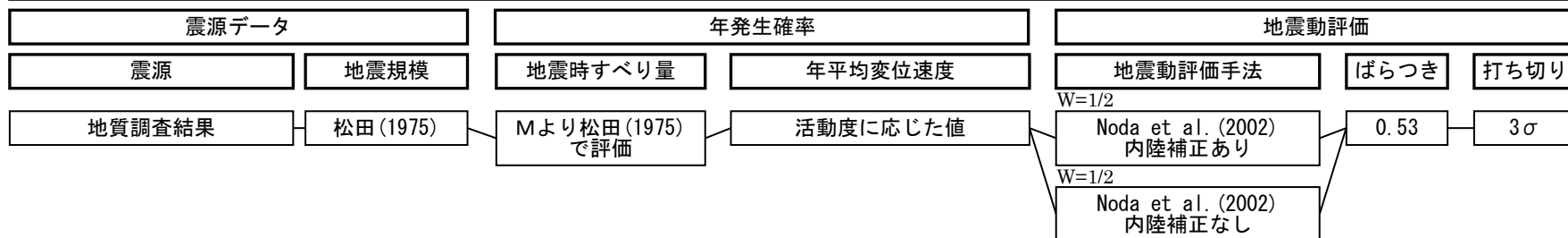


1.5 ロジックツリー

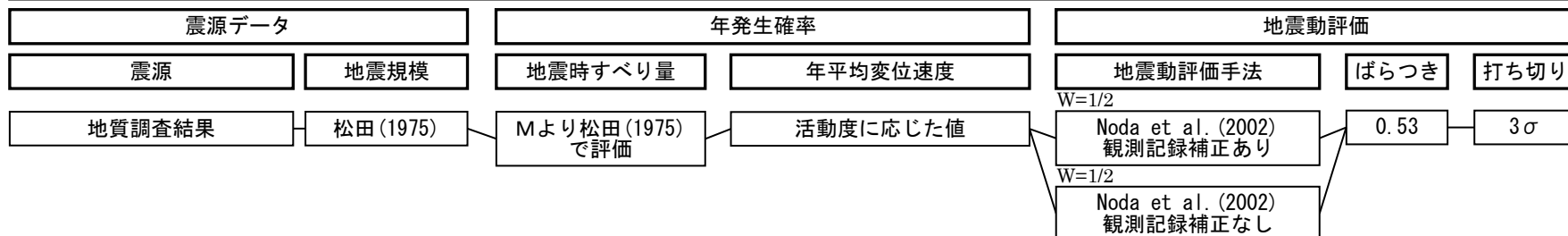
特定震源モデル(敷地周辺にある主要活断層)のロジックツリー

○敷地周辺にある主要活断層のロジックツリーは、以下のとおり。

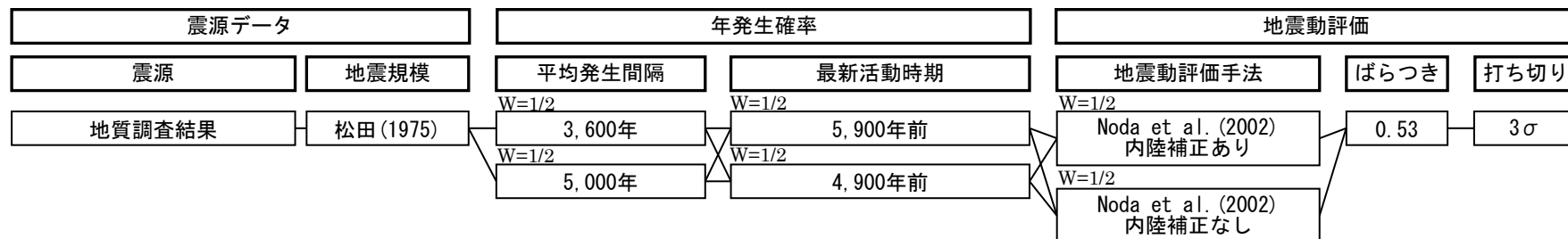
特定震源 (敷地周辺にある主要活断層 (周期性を考慮できない場合 (F_B-3断層を除く)))



特定震源 (敷地周辺にある主要活断層 (周期性を考慮できない場合 (F_B-3断層)))



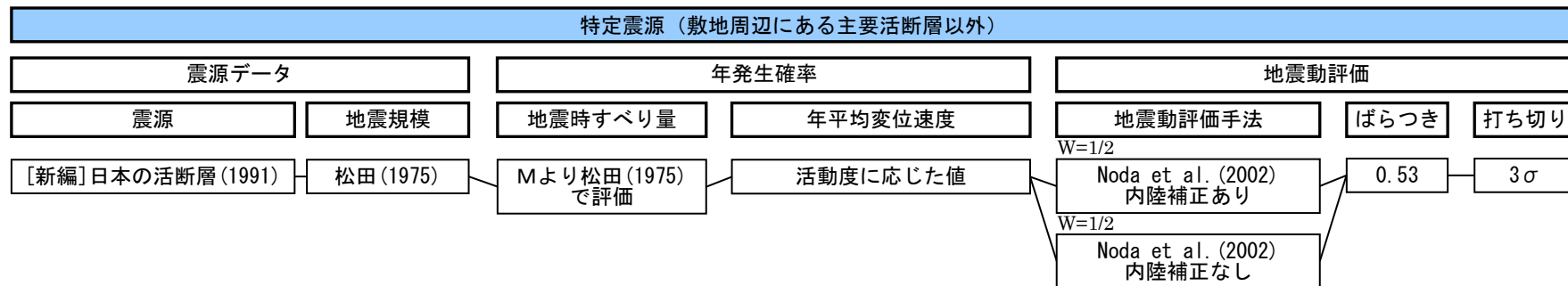
特定震源 (敷地周辺にある主要活断層 (周期性を考慮できる場合 (黒松内低地帯の断層)))



1.5 ロジックツリー

特定震源モデル(敷地周辺にある主要活断層以外)のロジックツリー

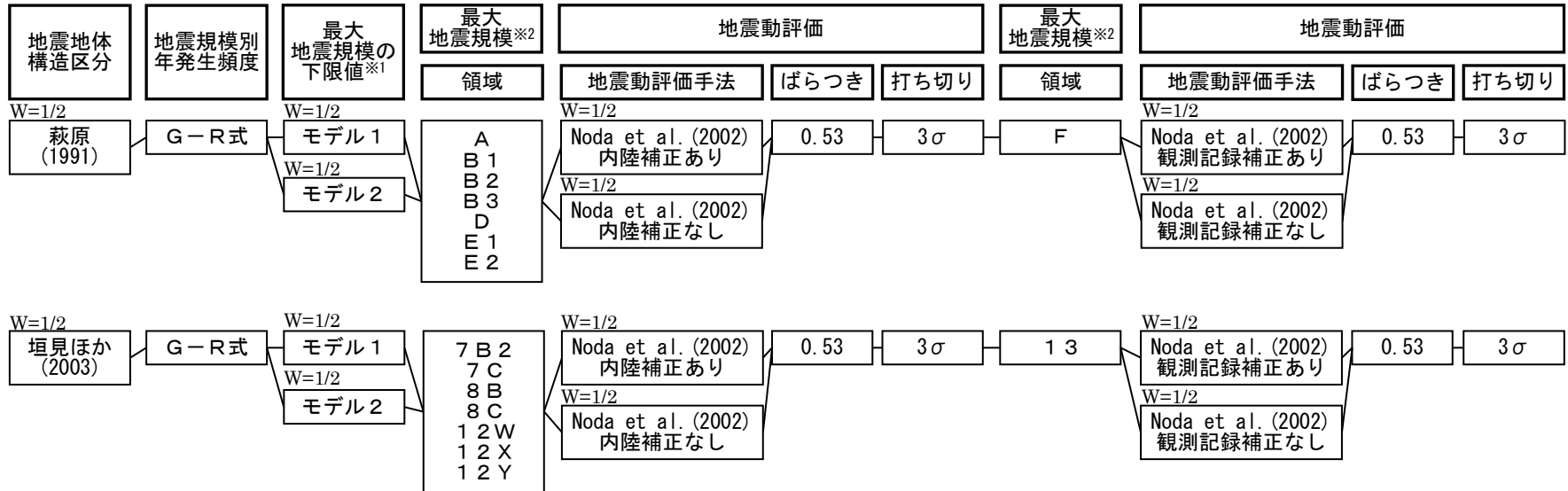
○敷地周辺にある主要活断層以外のロジックツリーは、以下のとおり。



領域震源モデルのロジックツリー

○領域震源モデルのロジックツリーは、以下のとおり。

領域震源（内陸地殻内地震（日本海東縁部の地震を含む））



※1 最大地震規模の下限値として、地震調査委員会(2013)のモデル1(M6.8)およびモデル2(M7.3)の地震規模を参考に分岐を考慮する。

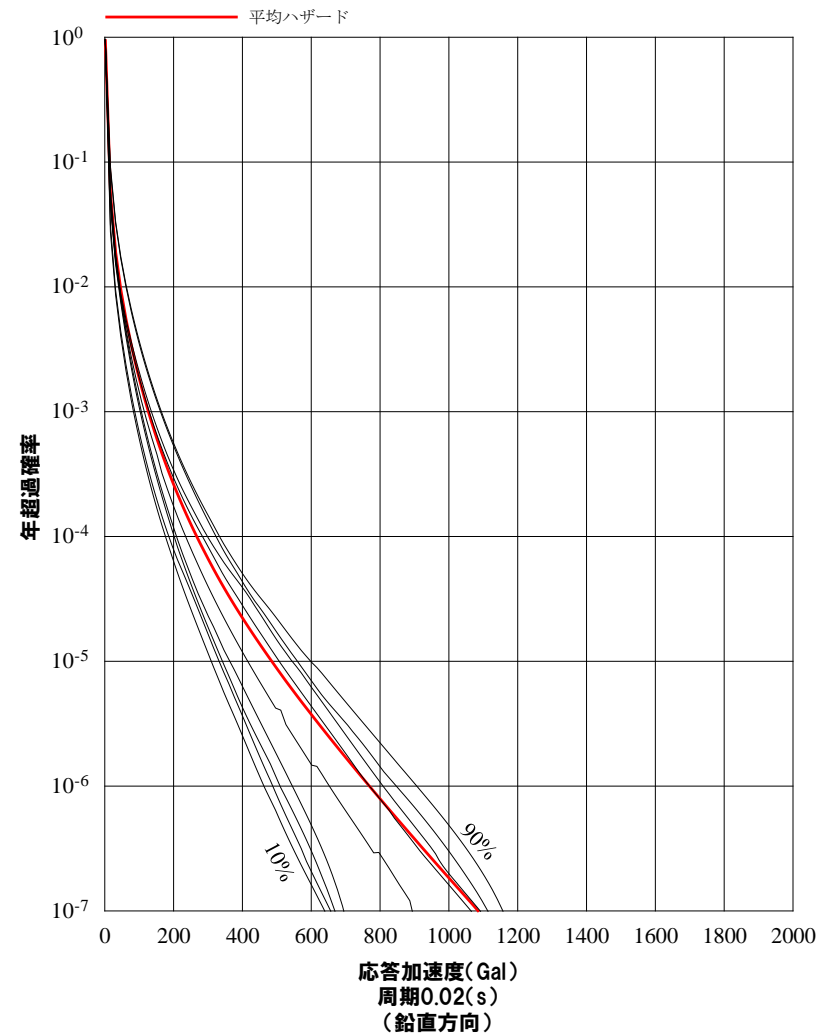
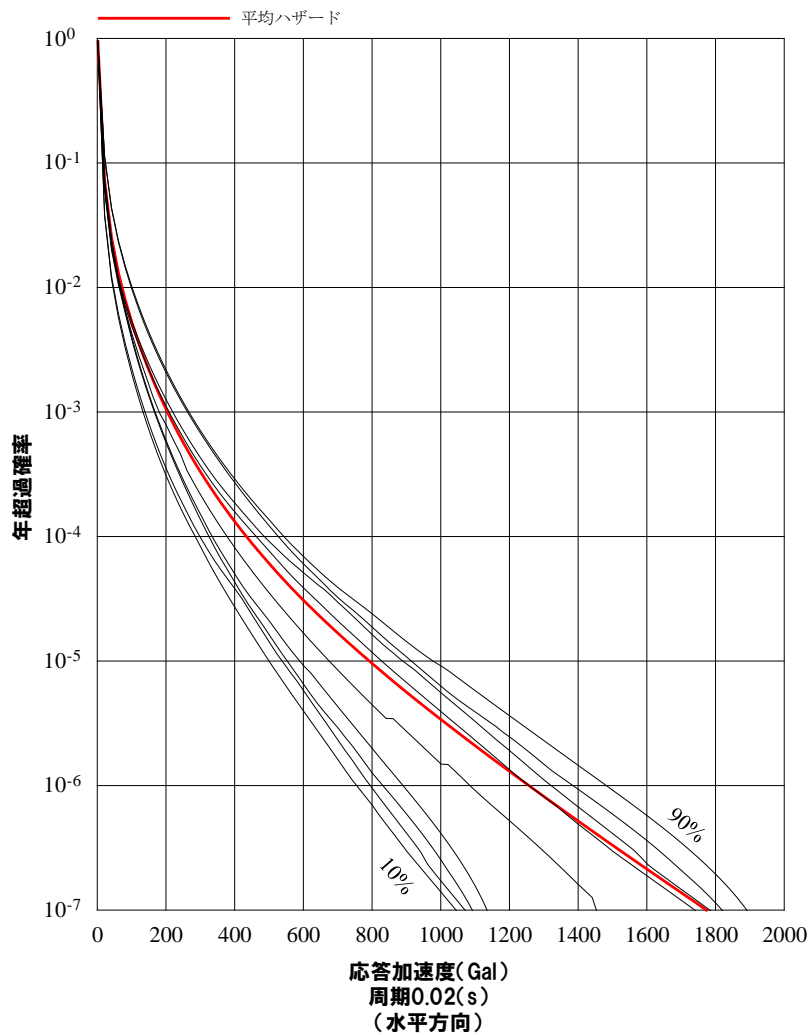
※2 活断層と関連づけることが困難な地震の最大地震規模と下限値を比較し、大きい方を最大地震規模として設定する。

余白

1.6 地震ハザード評価結果

信頼度別ハザード曲線と平均ハザード曲線

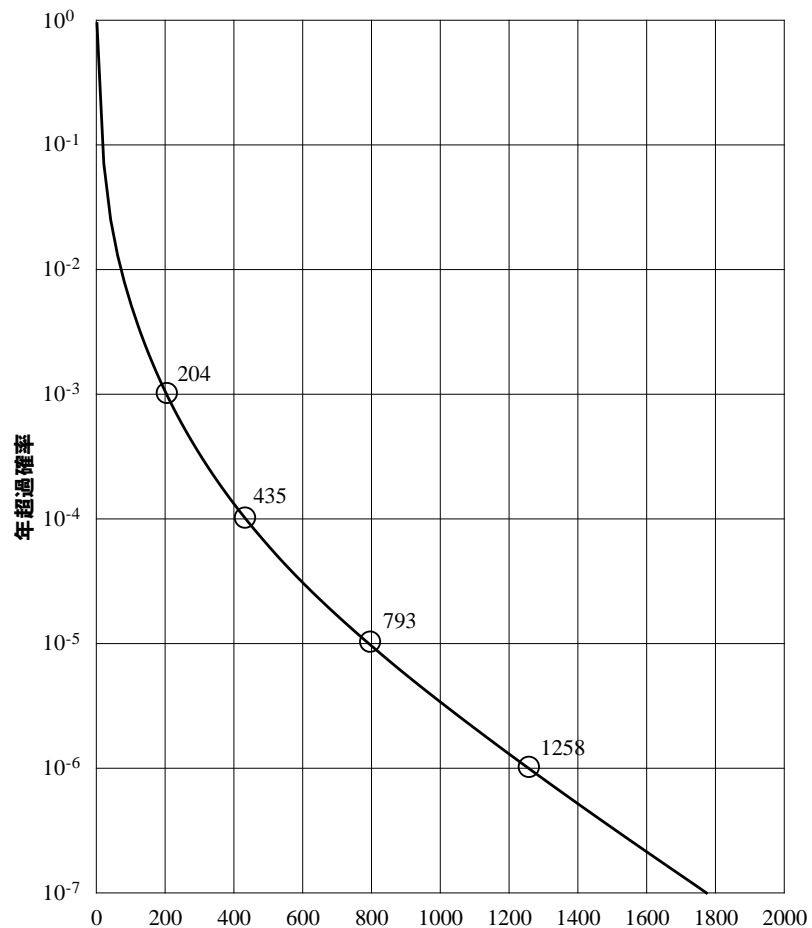
○ロジックツリーに基づき、信頼度別ハザード曲線および平均ハザード曲線を評価する。



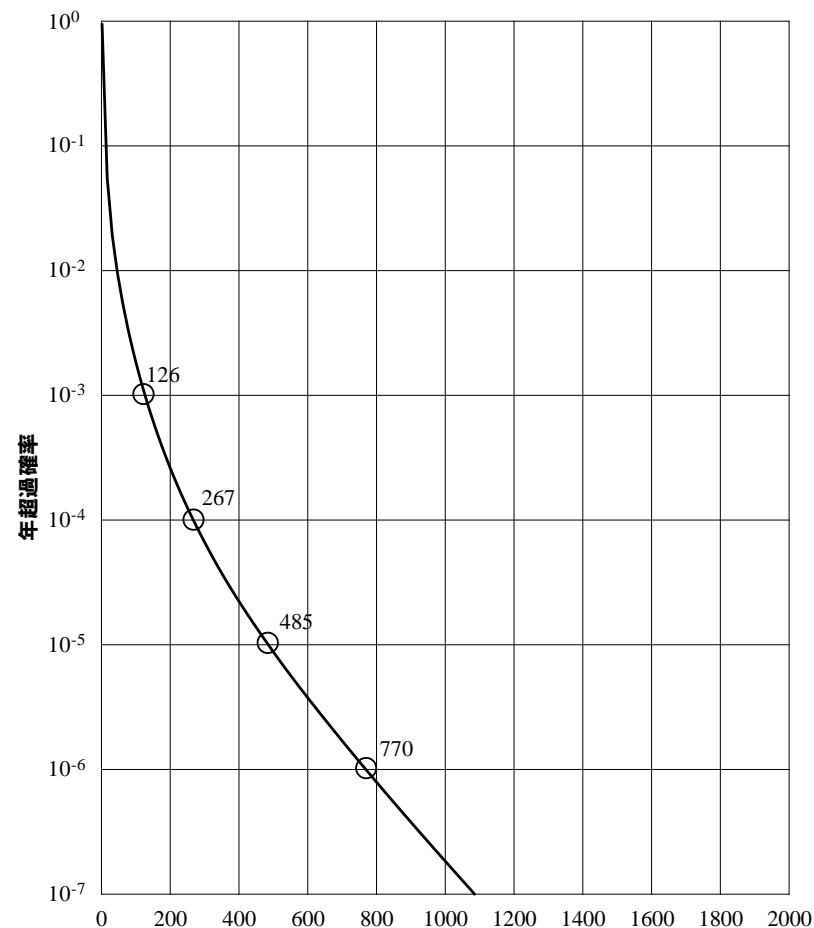
1.6 地震ハザード評価結果

平均ハザード曲線

○平均ハザード曲線における年超過確率 10^{-3} ~ 10^{-6} に対する応答加速度を示す。



応答加速度(Gal)
周期0.02(s)
(水平方向)



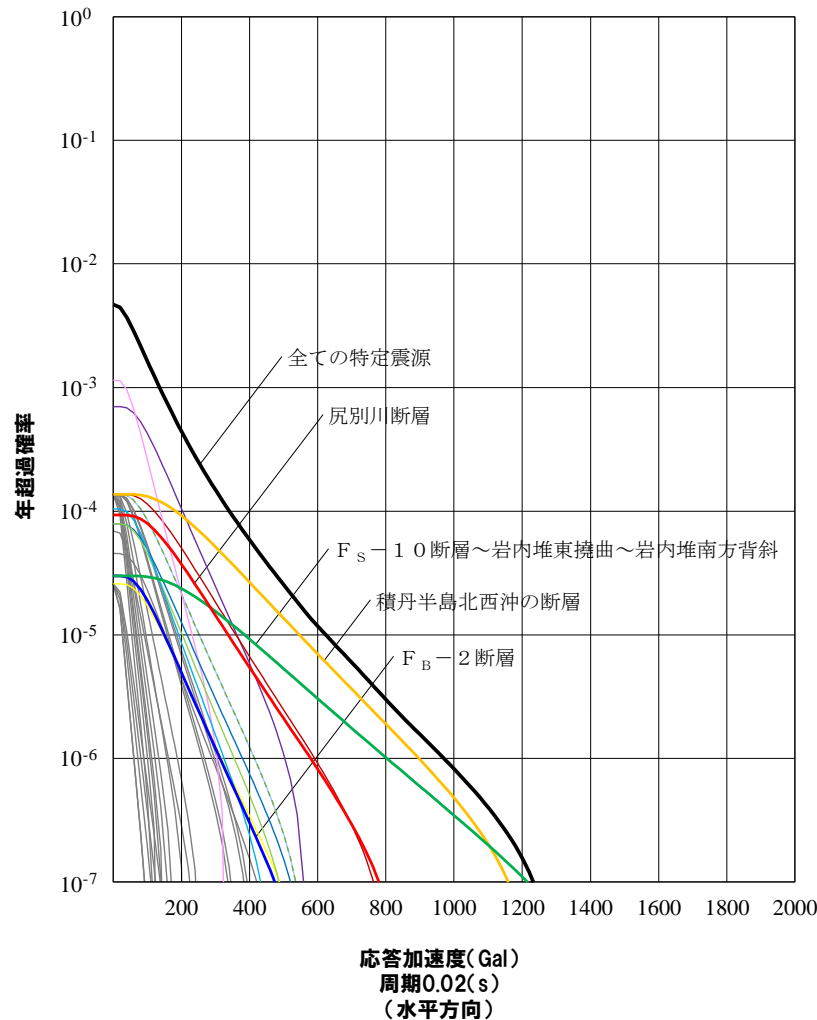
応答加速度(Gal)
周期0.02(s)
(鉛直方向)

1.6 地震ハザード評価結果

特定震源における震源ごとの影響度※

○特定震源における震源ごとのハザード曲線を比較すると、積丹半島北西沖の断層による地震の影響が大きい。

※ 影響度の確認に用いるハザード曲線は、特定震源モデルのロジックツリーにおいて分岐を考慮している諸元について、検討用地震は基本震源モデル、地震規模は松田(1975)、地震動評価における補正は内陸補正なしおよび観測記録補正なしのみとし、分岐を設けないロジックツリーに基づき評価する。



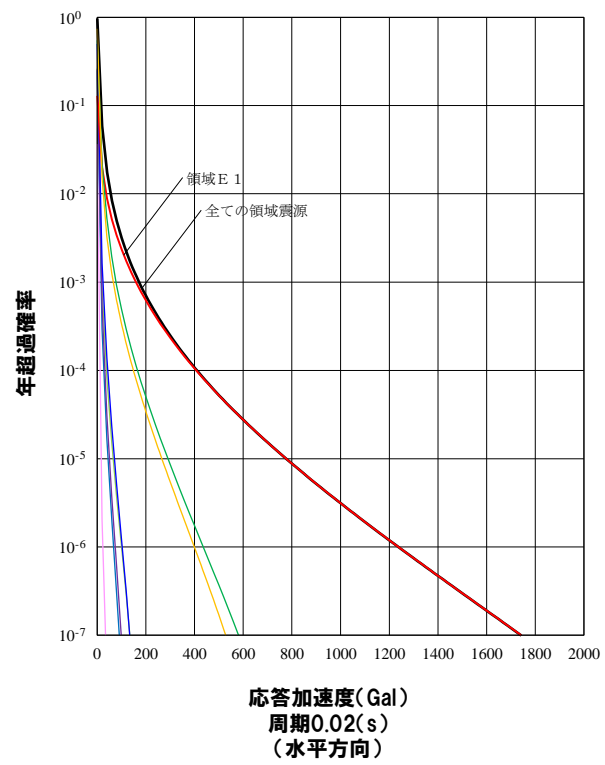
- 全ての特定震源
- 尻別川断層
- F_S-10 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜
- 積丹半島北西沖の断層
- F_B-2 断層
- 神威海脚西側の断層
- F_D-1 断層～岩内堆北方の断層
- F_S-12 断層
- 寿都海底谷の断層
- 神恵内堆の断層群
- F_C-1 断層
- 赤井川断層
- 黒松内低地帯の断層
- 目名付近の断層
- その他の断層

1.6 地震ハザード評価結果

領域震源における領域区分ごとの影響度※

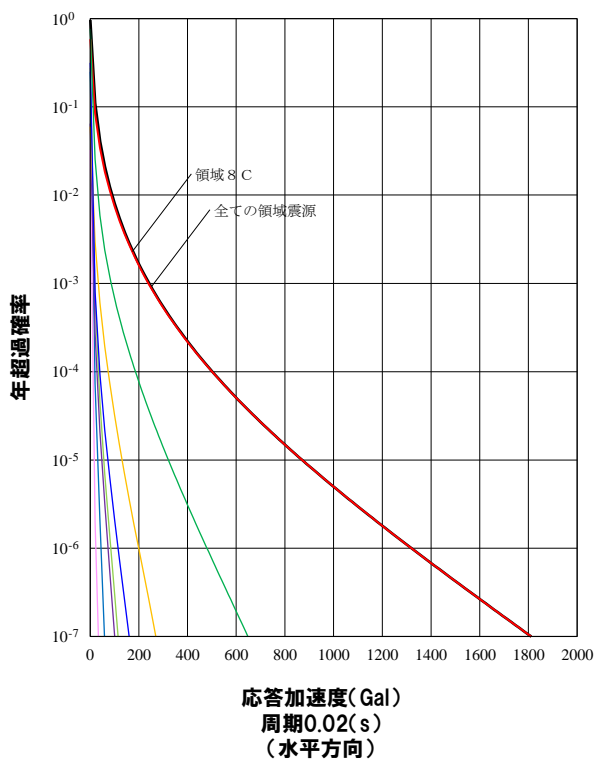
- 領域震源における領域区分ごとのハザード曲線を比較すると、萩原(1991)および垣見ほか(2003)に基づく領域区分において、ともに泊発電所が位置する領域(E1および8C)の影響が大きい。
- 萩原(1991)と垣見ほか(2003)の領域区分に基づくハザード曲線を比較すると、垣見ほか(2003)の影響がやや大きい。

※ 影響度の確認に用いるハザード曲線は、領域震源モデルのロジックツリーにおいて分岐を考慮している諸元について、最大地震規模の下限値はモデル2、地震動評価における補正は内陸補正なしおよび観測記録補正なしのみとし、分岐を設けないロジックツリーに基づき評価する。



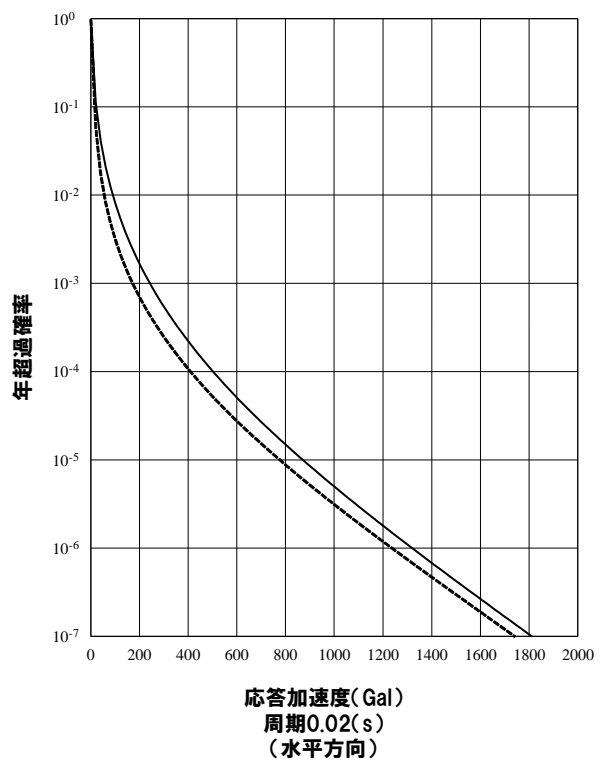
萩原(1991)の内訳

— 全ての領域震源	— 領域D
— 領域A	— 領域E1
— 領域B1	— 領域E2
— 領域B2	— 領域E2
— 領域B3	— 領域F



垣見ほか(2003)の内訳

— 全ての領域震源	— 領域12W
— 領域7B2	— 領域12X
— 領域7C	— 領域12Y
— 領域8B	— 領域13
— 領域8C	



萩原(1991)と垣見ほか(2003)の比較

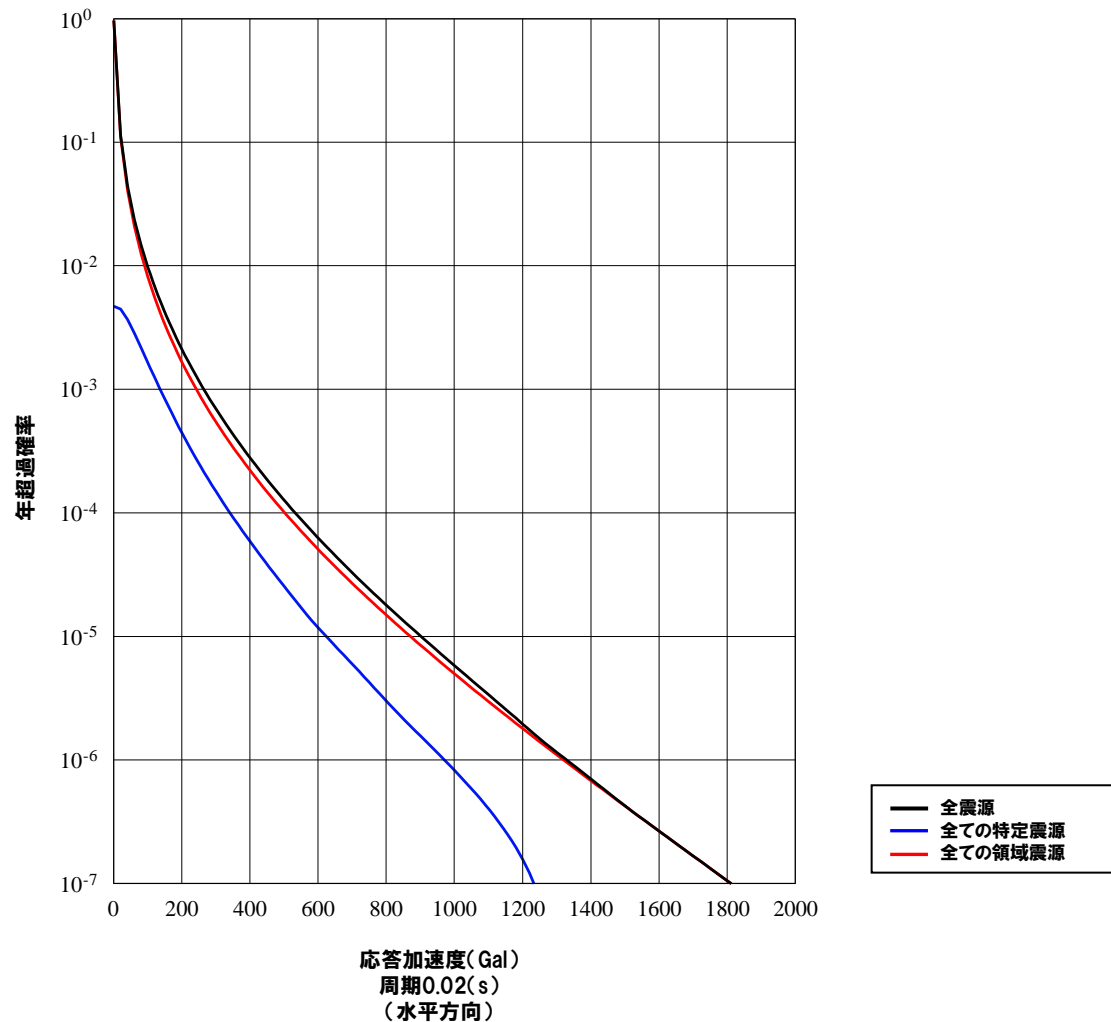
— 垣見ほか(2003)
- - - 萩原(1991)

1.6 地震ハザード評価結果

全震源に対する特定震源および領域震源の影響度※

○全震源に対する特定震源および領域震源のハザード曲線を比較すると、領域震源の影響が大きい。

※ 影響度の確認に用いるハザード曲線は、「特定震源における震源ごとの影響度」および「領域震源における領域区分ごとの影響度」における諸元を用いて評価する。



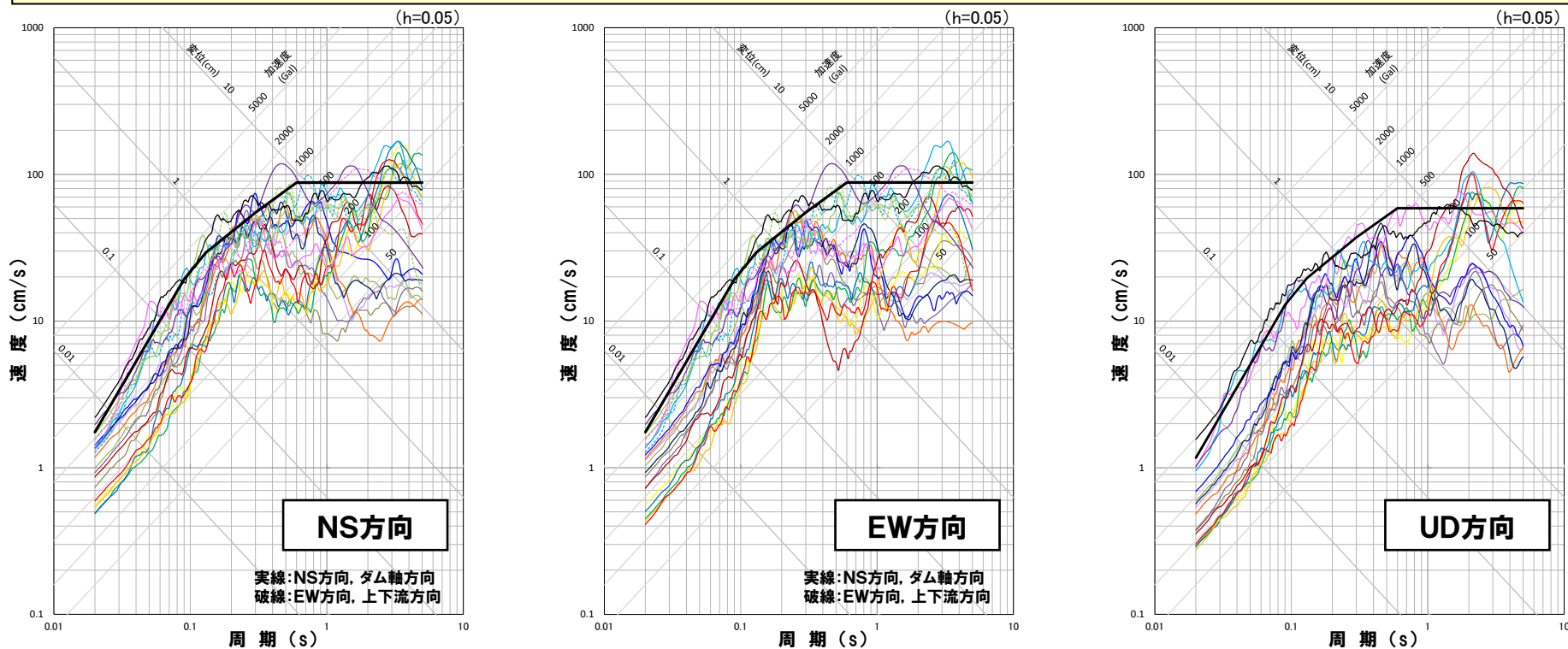
余白

1.7 年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.6.9審査会合資料)

基準地震動

○敷地ごとに震源を特定して策定する地震動および震源を特定せず策定する地震動の評価結果を踏まえて設定した基準地震動(Ss1, Ss2-1~Ss2-13, Ss3-1~Ss3-5)を以下に示す。



- 基準地震動Ss1
- 基準地震動Ss2-1 尻別川断層(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(断層の傾斜角, 破壊開始点1)
- 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(断層の傾斜角, 破壊開始点4)
- 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(破壊伝播速度, 破壊開始点1)
- 基準地震動Ss2-5 F_S-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(破壊伝播速度, 破壊開始点5)
- 基準地震動Ss2-6 F_S-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜(破壊伝播速度, 破壊開始点6)
- 基準地震動Ss2-7 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース(断層の傾斜角, 破壊開始点1)
- 基準地震動Ss2-8 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース(断層の傾斜角, 破壊開始点2)
- 基準地震動Ss2-9 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース(断層の傾斜角, 破壊開始点3)
- 基準地震動Ss2-10 積丹半島北西沖の断層 走向0° ケース(断層の傾斜角, 破壊開始点4)
- 基準地震動Ss2-11 積丹半島北西沖の断層 走向20° ケース(断層の傾斜角, 破壊開始点4)
- 基準地震動Ss2-12 積丹半島北西沖の断層 走向20° ケース(応力降下量, 破壊開始点2)
- 基準地震動Ss2-13 積丹半島北西沖の断層 走向40° ケース(応力降下量, 破壊開始点2)
- 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Ss3-5 標準応答スペクトルを考慮した地震動

1.7 年超過確率の参照

一部加筆修正 (R5.6.9審査会合資料)

基準地震動の最大加速度

基準地震動		最大加速度 (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1)	187	129	95
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(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	170	136	87
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1)	154	158	91
Ss2-5	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
Ss2-6	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6)	173	176	92
Ss2-7	積丹半島北西沖の断層による地震 走向0° ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点1)	429	291	178
Ss2-8	積丹半島北西沖の断層による地震 走向0° ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点2)	448	384	216
Ss2-9	積丹半島北西沖の断層による地震 走向0° ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点3)	371	361	152
Ss2-10	積丹半島北西沖の断層による地震 走向0° ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	414	353	169
Ss2-11	積丹半島北西沖の断層による地震 走向20° ケース(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角), 破壊開始点4)	314	322	187
Ss2-12	積丹半島北西沖の断層による地震 走向20° ケース(不確かさ考慮モデル(応力降下量), 破壊開始点2)	292	227	117
Ss2-13	積丹半島北西沖の断層による地震 走向40° ケース(不確かさ考慮モデル(応力降下量), 破壊開始点2)	232	273	119
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一関東)	540	500	-*
Ss3-4	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)	620		320
Ss3-5	標準応答スペクトルを考慮した地震動	693		490

※ 基準地震動Ss3-3は、水平方向の地震動のみであることから、「一関東評価用地震動(鉛直方向)」を別途設定している。

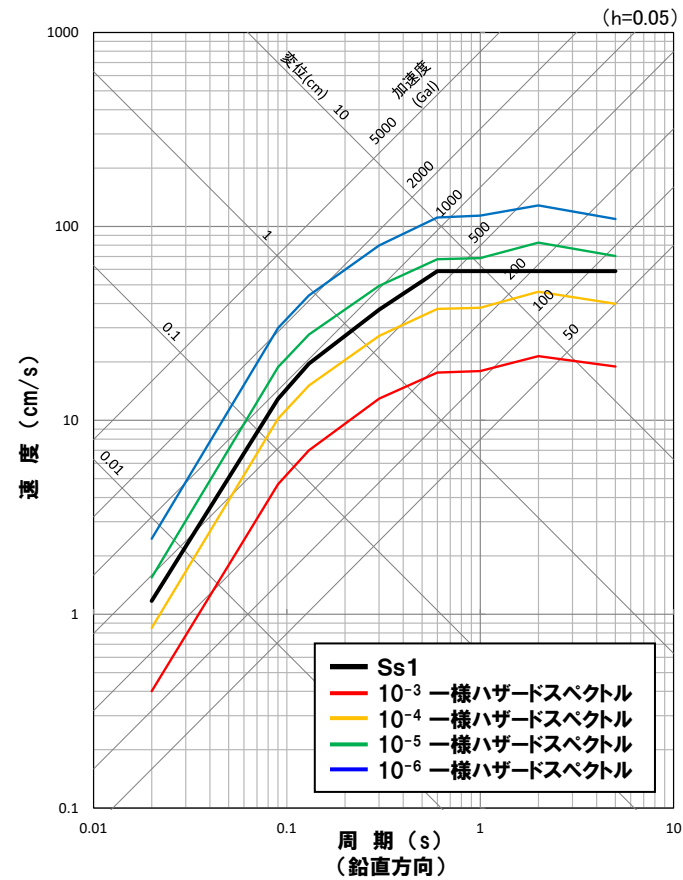
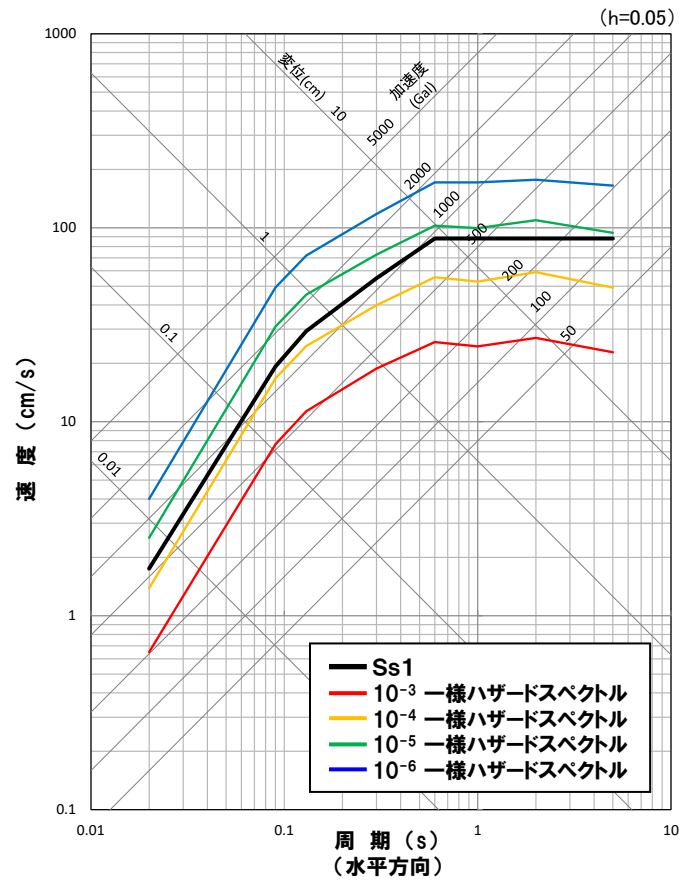
1.7 年超過確率の参照

基準地震動の年超過確率の参照

○一様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し、年超過確率を確認する。

一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss1の比較

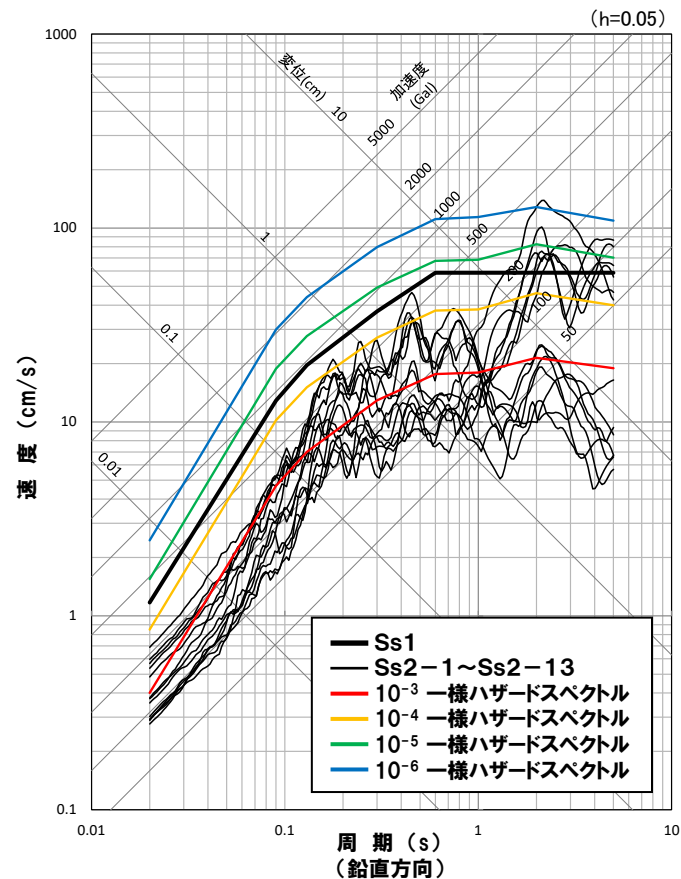
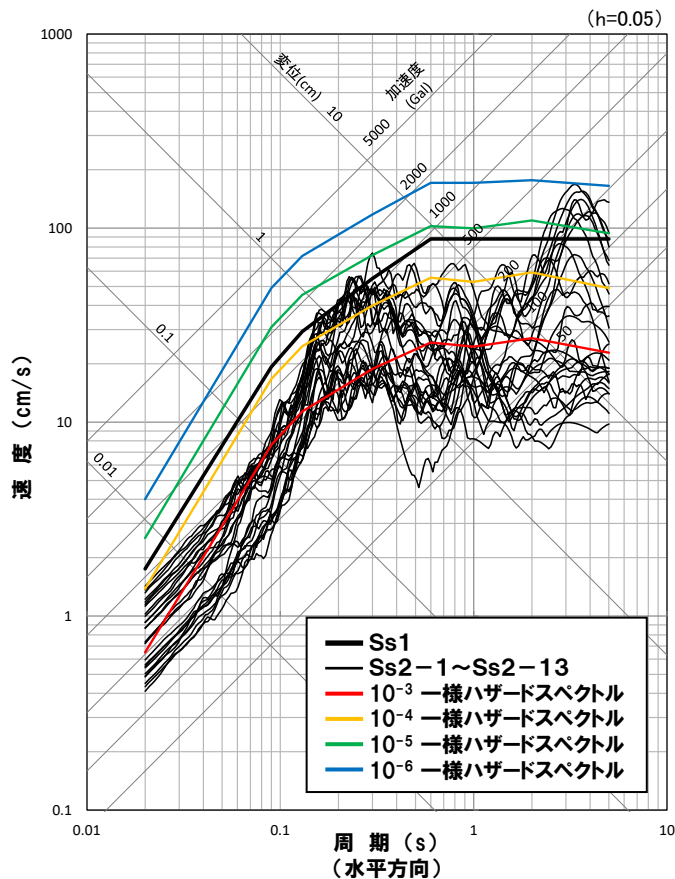
○基準地震動Ss1の年超過確率は、 10^{-4} ~ 10^{-5} 程度である。



1.7 年超過確率の参照

一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss2-1~Ss2-13の比較

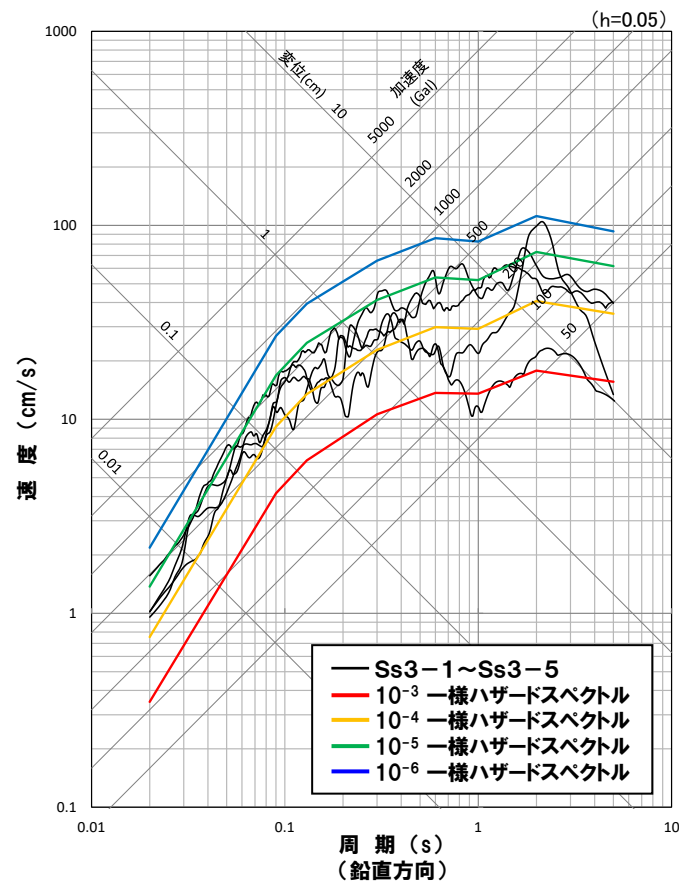
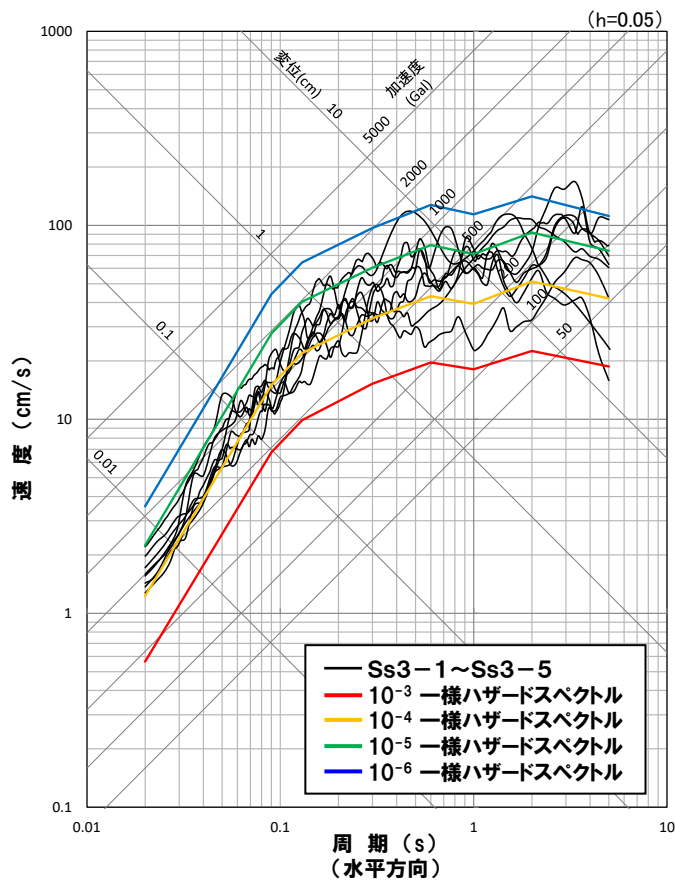
○基準地震動Ss2-1~Ss2-13の年超過確率は、基準地震動Ss1を上回る周期で 10^{-4} ~ 10^{-6} 程度である。



1.7 年超過確率の参照

一様ハザードスペクトルと基準地震動Ss3-1~Ss3-5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による基準地震動Ss3-1~Ss3-5の比較より、基準地震動Ss3-1~Ss3-5の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。



参考文献

- 日本原子力学会(2015):日本原子力学会標準, 原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準: 2015, 一般社団法人 日本原子力学会
- 地震調査委員会(2003):日本海東縁部の地震活動の長期評価, 地震調査研究推進本部
- 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
- 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高編(2018):活断層詳細デジタルマップ[新編], 東京大学出版会
- 地震調査委員会(2005):「黒松内低地断層帯の長期評価について」, 地震調査研究推進本部
- 萩原尊禮編(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
- 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
- 大竹政和, 平朝彦, 太田陽子(2002):日本海東縁部の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会
- 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
- 地震調査委員会(2013):「今後の地震動ハザード評価に関する検討 ～2013年における検討結果～」, 地震調査研究推進本部
- 気象庁:地震年報