

東海第二発電所

基準地震動 S_s の年超過確率の参照について

平成29年3月3日
日本原子力発電株式会社

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。

■ 震源モデルの設定

特定震源モデルと領域震源モデルを設定する。モデルの設定に際しては、活断層データの扱いや領域震源の各種設定に認識論的不確かさが存在すると考えられることから、基準地震動策定のために行った各種調査結果等に基づいた震源モデル(以下「調査モデル」と、地震調査研究推進本部の知見を参考に設定した震源モデル(以下「推本参考モデル」)をロジックツリーで考慮する。

震源		調査モデル	推本参考モデル
特定震源	海溝型地震	・関東地震 ・東北地方太平洋沖型の地震	・関東地震 ・茨城県沖の地震(繰り返し発生する地震) ・東北地方太平洋沖型の地震
	内陸地殻内地震	・地質調査結果に基づく断層 ・活断層研究会編(1991)に掲載されている断層	地震調査研究推進本部(2012)
領域震源	領域区分	・垣見ほか(2003) ・地震発生状況	地震調査研究推進本部(2012)
	最大マグニチュード	領域区分内で発生した既往最大	地震調査研究推進本部(2012)
	発生頻度	気象庁カタログのデータに基づきG-R式より算定	気象庁カタログのデータに基づきG-R式より算定

■ 地震動伝播モデルの設定

・東北地方太平洋沖型の地震については断層モデル手法を用いる。その他の震源についてはNoda et al.(2002)による距離減衰式を用いる。

・観測記録による補正係数については、基準地震動Ss策定の過程における分析結果を踏まえ、海溝型地震では茨城県沖の鹿島灘付近で発生した地震、海洋プレートの沈み込んだ深部で発生する地震、内陸地殻内地震では福島県と茨城県の県境付近で発生した地震について考慮する。

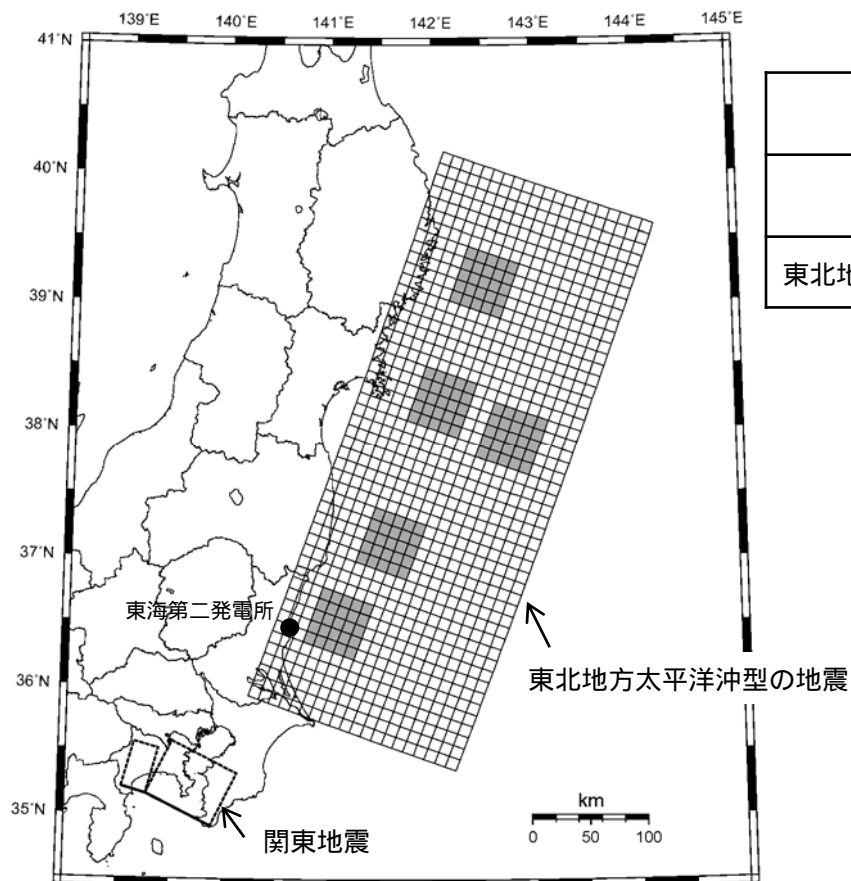
■ ロジックツリーの作成

確率論的地震ハザードに大きな影響を及ぼす認識論的不確かさを選定してロジックツリーを作成する。

専門家活用水準1: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)が文献レビュー及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。

特定震源モデル 調査モデル：海溝型地震

- 関東地震，東北地方太平洋沖型の地震を特定震源としてモデル化する。
- 関東地震の諸元については，巨視的断層は佐藤(1989)を，マグニチュード(M)は1703年元禄地震と1923年大正関東地震の規模を参考に宇佐美ほか(2013)に基づき設定する。地震発生については，地震調査研究推進本部(2009a)，(2012)に基づく更新過程とする。
- 東北地方太平洋沖型の地震の諸元については，「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうちプレート間地震」で設定した震源モデルとする。地震発生については，地震調査研究推進本部(2012)に基づく更新過程とする。



海溝型地震の震源 (調査モデル)

断層名	断層長さ及び断層幅 (km)	等価震源距離 (km)	M	平均発生間隔 (年) ¹
関東地震	22 × 45 63 × 55	162	7.9 ~ 8.2	220 ²
東北地方太平洋沖型の地震	500 × 200	-	Mw9.0	600 ³

- 1 地震調査研究推進本部(2012)に基づく。
- 2 地震調査研究推進本部(2009a)，(2012)に基づき更新過程として扱い，示されている50年発生確率1%より，年発生確率を算出する。
- 3 地震調査研究推進本部(2012)に基づき更新過程として扱い，示されている50年発生確率0%より，年発生確率を算出する。

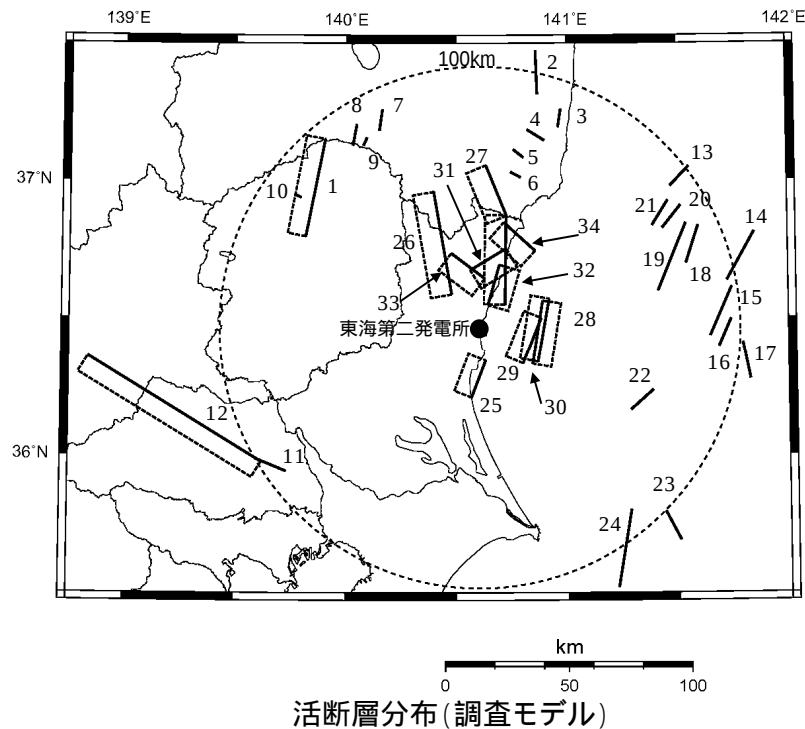
参考：東北地方太平洋沖型の地震に関する時間軸原点の違いによる発生確率の違い

断層名	時間軸原点	50年発生確率
東北地方太平洋沖型の地震	2011年3月11日	20 ~ 30% ⁴
	2017年3月11日	0% (10 ⁻³⁵ ⁵)

- 4 地震調査研究推進本部(2011)に基づく。
- 5 平均発生間隔600年，最新活動時期は2011年3月11日， $\alpha = 0.24$ で算出。

特定震源モデル 調査モデル： 内陸地殻内地震

- 敷地から100km程度の範囲の活断層を対象とする。活断層の諸元は、地質調査結果や活断層研究会編(1991)の活断層に基づき設定する。
- 地震発生は、過去の活動に関する情報がある断層については更新過程を、ない場合はポアソン過程を用いる。ポアソン過程の場合、再来期間は断層変位量(松田(1975))と平均変位速度(活動度をB級またはC級と仮定し、奥村・石川(1988)を参考に設定)から算定する。
- マグニチュードについては、松田(1975)から求める場合と武村(1998)から求める場合をロジックツリーの分岐として考慮する。
- F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層については、2011年4月に活動した直後である塩ノ平地震断層との連動評価になることから、全長破壊の場合の発生確率は0%と考えられる。そこで残りのF1断層、北方陸域の断層をポアソン過程で評価した場合をロジックツリーの分岐として考慮する。

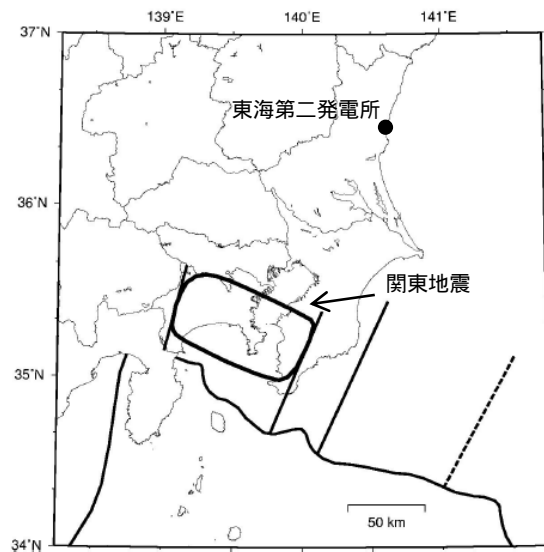


- 1 松田(1975)に基づき算定。ただし下限はM6.8とする。
- 2 武村(1998)に基づき算定。ただし下限はM6.8とする。
- 3 活断層研究会編(1991)に記載されている活断層
- 4 更新過程に基づき評価
- 5 2011年4月に活動した塩ノ平地震断層の今後50年発生確率は 10^{-848} (第381回審査会合資料1-2)であることから、F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の全長が破壊する場合の確率は更に低くなる。

断層番号	断層名	断層長さ(km)	等価震源距離(km)	M (松田式) ¹	M (武村式) ²	活動度	再来期間(年)
1	関谷断層	40	92	7.5	7.6	-	3,350 ⁴
2	三郡森付近	18	106	6.9	7.0	B	5,596
3	大阪 - 足沢	7	91	6.8	6.9	B	4,809
4	二ッ節断層	8	82	6.8	6.9	B	4,809
5	赤井断層	5	73	6.8	6.9	B	25,580
6	湯ノ岳断層	5	64	6.8	6.9	B	4,809 ⁴
7	江花 - 虫笠	9	94	6.8	6.9	B	4,809
8	那須湯本北	9	94	6.8	6.9	B	4,809
9	那須湯本北東	4	89	6.8	6.9	B	4,809
10	湯本塩原断層群	3	92	6.8	6.9	B	4,809
11	元荒川構造帯	12	102	6.8	6.9	B	4,809
12	関東平野北西縁断層主部	82	130	8.0	8.1	-	21,500 ⁴
13	新編日活海域 ³	11	102	6.8	6.9	C	25,580
14	新編日活海域 ³	23	110	7.1	7.2	C	38,023
15	新編日活海域 ³	22	98	7.1	7.2	C	36,670
16	新編日活海域 ³	12	99	6.8	6.9	C	25,580
17	新編日活海域 ³	15	109	6.8	6.9	C	26,028
18	新編日活海域 ³	16	93	6.9	7.0	C	28,902
19	新編日活海域 ³	30	83	7.3	7.4	C	50,201
20	新編日活海域 ³	12	90	6.8	6.9	C	25,580
21	新編日活海域 ³	12	87	6.8	6.9	C	25,580
22	新編日活海域 ³	12	72	6.8	6.9	C	25,580
23	新編日活海域 ³	13	112	6.8	6.9	C	25,580
24	新編日活海域 ³	32	106	7.3	7.5	C	53,562
25	F3断層, F4断層	16	22	6.8	7.0	B	5,084
26	棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層、棚倉破砕帯西縁断層(の一部)、中染付近、西染付近のリニアメント	42	37	7.5	7.7	B	13,345
27	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層	58	31	7.8	7.9	B	18,428 ⁵
	F1断層, 北方陸域の断層	44	28	7.6	7.7	B	13,917
28	F8断層	26	26	7.2	7.3	B	8,261
29	F16断層	26	30	7.2	7.3	B	8,261
30	A-1背斜	20	22	7.0	7.1	B	6,355
31	関口 - 米平リニアメント	6	27	6.8	7.0	B	5,401
32	宮田町リニアメント	1	21	6.8	7.0	B	5,401
33	豎破山リニアメント	4	25	6.8	7.0	B	5,401
34	F11断層	5	38	6.8	7.0	B	5,401

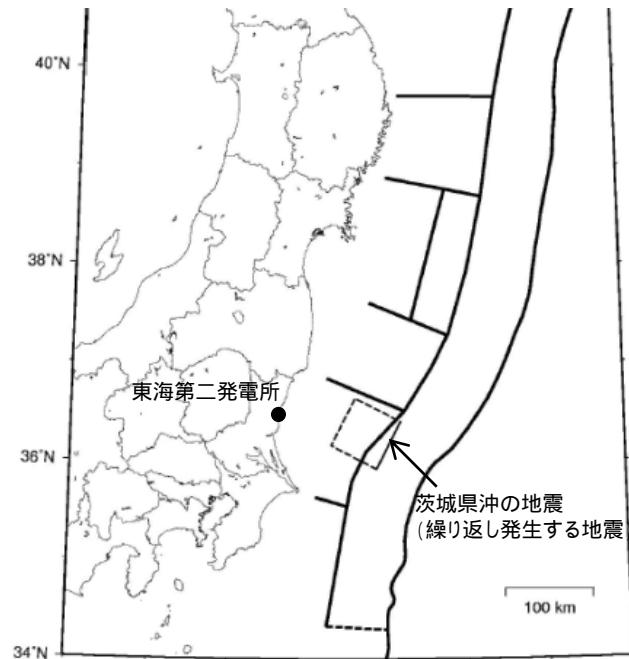
特定震源モデル 推本参考モデル： 特定震源として考慮する震源について

- 地震調査研究推進本部において固有地震として扱われている関東地震，茨城県沖の地震（繰り返し発生する地震），東北地方太平洋沖型の地震を特定震源として扱う。



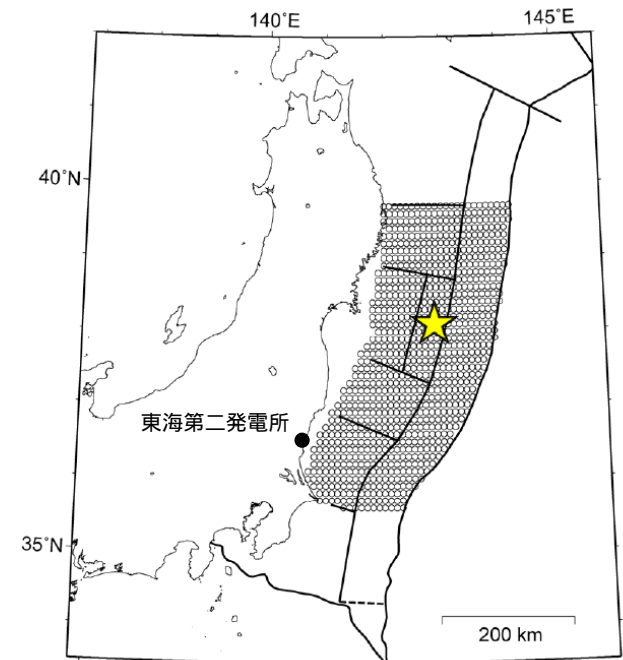
地震調査研究推進本部(2009a)に一部加筆

関東地震



地震調査研究推進本部(2009a)に一部加筆

茨城県沖の地震（繰り返し発生する地震）

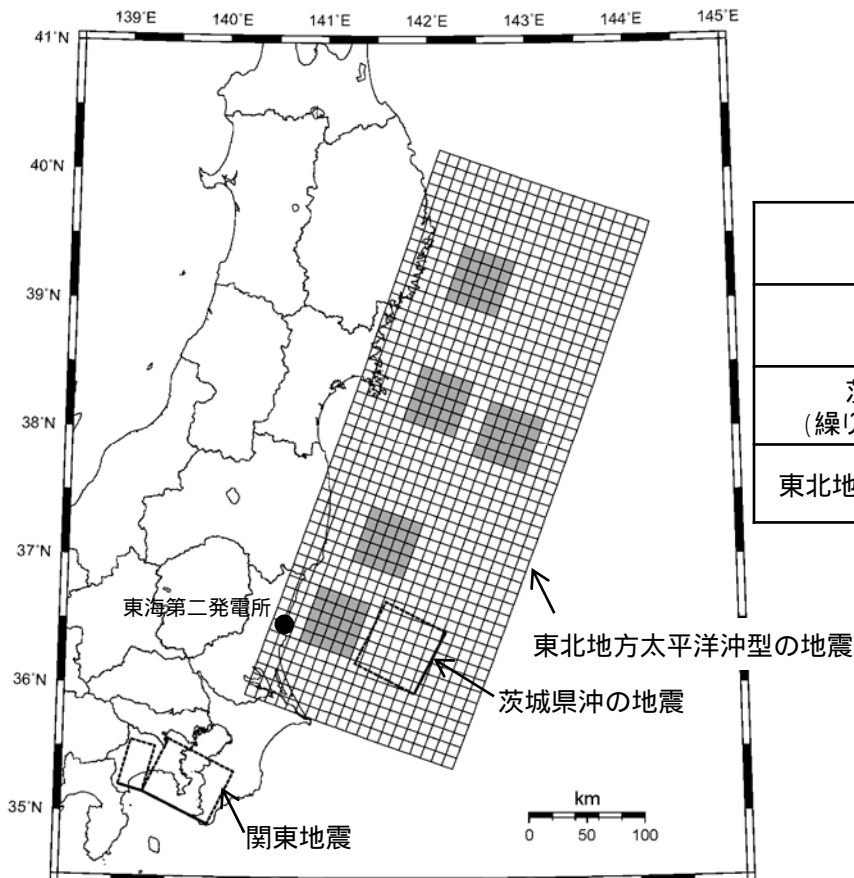


地震調査研究推進本部(2012)に一部加筆

東北地方太平洋沖型の地震

特定震源モデル 推本参考モデル：海溝型地震

- 関東地震の諸元については、巨視的断層面は佐藤(1989)を、マグニチュードは1703年元禄地震と1923年大正関東地震の規模を参考に宇佐美ほか(2013)に基づき設定する。地震発生については、地震調査研究推進本部(2009a) (2012)に基づく更新過程とする。
- 茨城県沖の地震の諸元については、巨視的断層及びマグニチュードは地震調査研究推進本部(2009a) (2012)に基づき設定する。地震発生についてはポアソン過程とする。
- 東北地方太平洋沖型の地震の諸元については、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうちプレート間地震」で設定した震源モデルとする。地震発生については、地震調査研究推進本部(2012)に基づく更新過程とする。



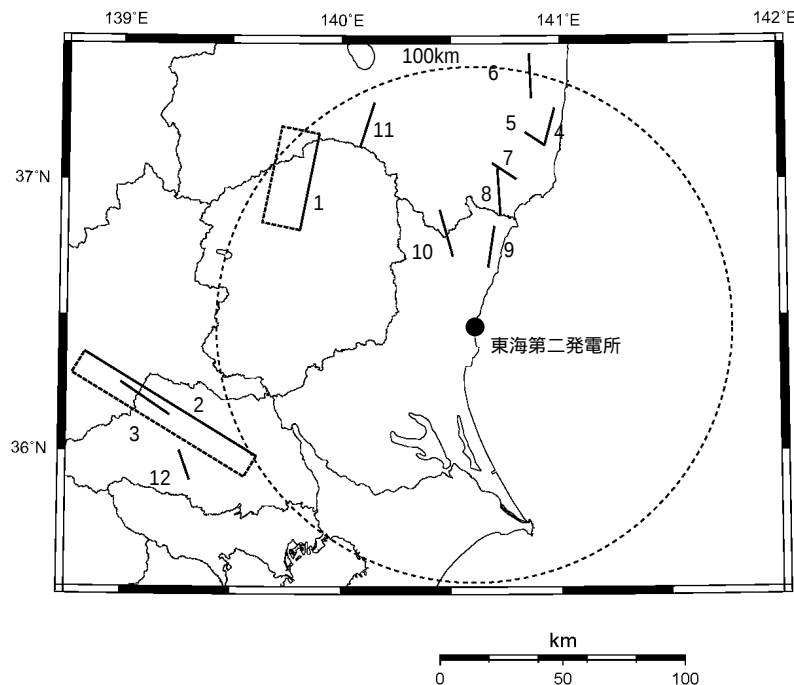
断層名	断層長さ及び断層幅 (km)	等価震源距離 (km)	M	平均発生間隔 (年) ¹
関東地震	22 × 45 63 × 55	162	7.9 ~ 8.2	220 ²
茨城県沖の地震 (繰り返し発生する地震)	60 × 60	103	7.0	21 ³
東北地方太平洋沖型の地震	500 × 200	-	Mw9.0	600 ⁴

- 1 地震調査研究推進本部(2009a) (2009b) (2012)に基づく。
- 2 地震調査研究推進本部(2009a) (2012)に基づき更新過程として扱い、示されている50年発生確率1%より、年発生確率を算出する。
- 3 ポアソン過程で評価する。
- 4 地震調査研究推進本部(2012)に基づき更新過程として扱い、示されている50年発生確率0%より、年発生確率を算出する。

海溝型地震の震源(推本参考モデル)

特定震源モデル 推本参考モデル： 内陸地殻内地震

- 調査モデルにおける敷地近傍の断層は、後期更新世以降の活動を否定しきれないことから、基準地震動の策定において考慮しているものが多い。従って、将来活動する可能性のある断層かどうかについては認識論的不確かさが存在すると考えられることから、調査モデルの他に地震調査研究推進本部での扱いをロジックツリーの分岐として考慮する。
- 活断層の諸元は、地震調査研究推進本部の確率論的地震動予測地図で考慮している活断層に基づく。地震発生については、地震調査研究推進本部(2012)を参考に、更新過程またはポアソン過程とする。



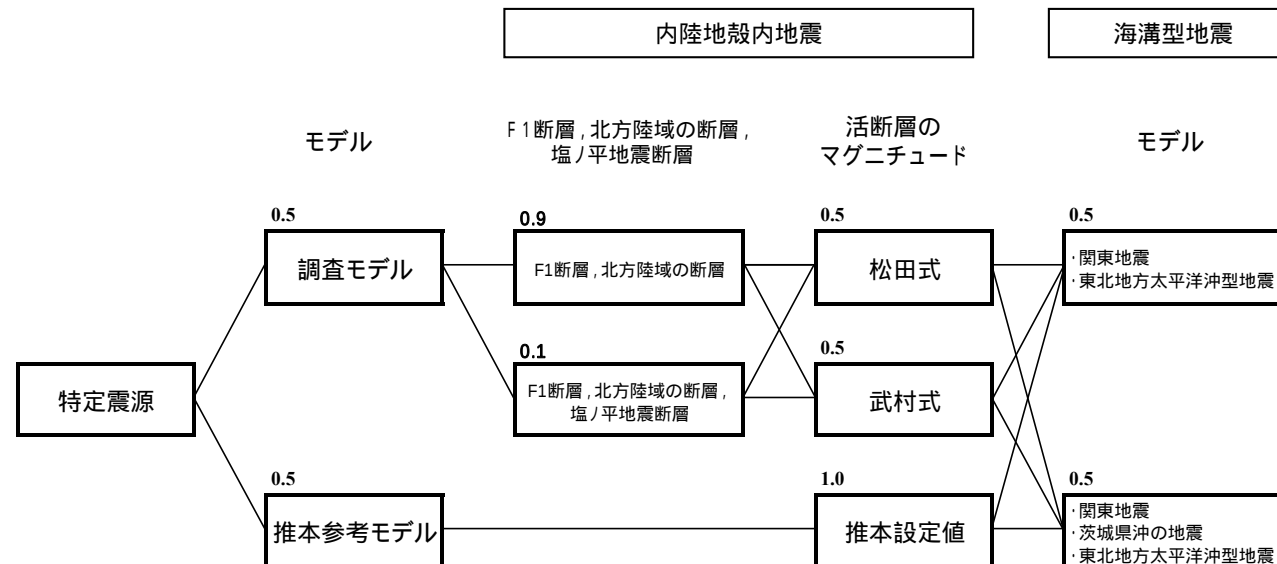
活断層分布 (推本参考モデル)

断層番号	断層名	断層長さ (km)	等価震源距離(km)	M	再来期間 (年) ¹
1	関谷断層	38	97	7.5	3,350 ²
2	関東平野北西縁断層主部	82	132	8.0	21,500 ²
3	平井 - 櫛挽断層帯	23	138	7.1	7,017
4	大阪 - 足沢断層帯	16	88	6.8	12,795
5	二ツ箭断層	10	81	6.5	3,100
6	三郡森断層帯	18	105	6.9	5,722
7	湯ノ岳断層	12	65	6.6	3,821
8	井戸沢断層	19	56	7.0	63,266
9	高萩付近推定	17	34	6.9	56,155
10	棚倉破砕帯西縁断層	20	40	7.0	65,764
11	白河西方断層帯	18	94	6.9	59,499
12	越生断層	13	132	6.7	22,002

- 1 地震調査研究推進本部(2012)に基づき算定。地震発生については地震調査研究推進本部(2012)に基づき、断層番号1, 2は更新過程、それ以外はポアソン過程とする。
- 2 地震調査研究推進本部(2012)で示されている50年発生確率0%より、年発生確率を算出する。

特定震源モデル： ロジックツリー

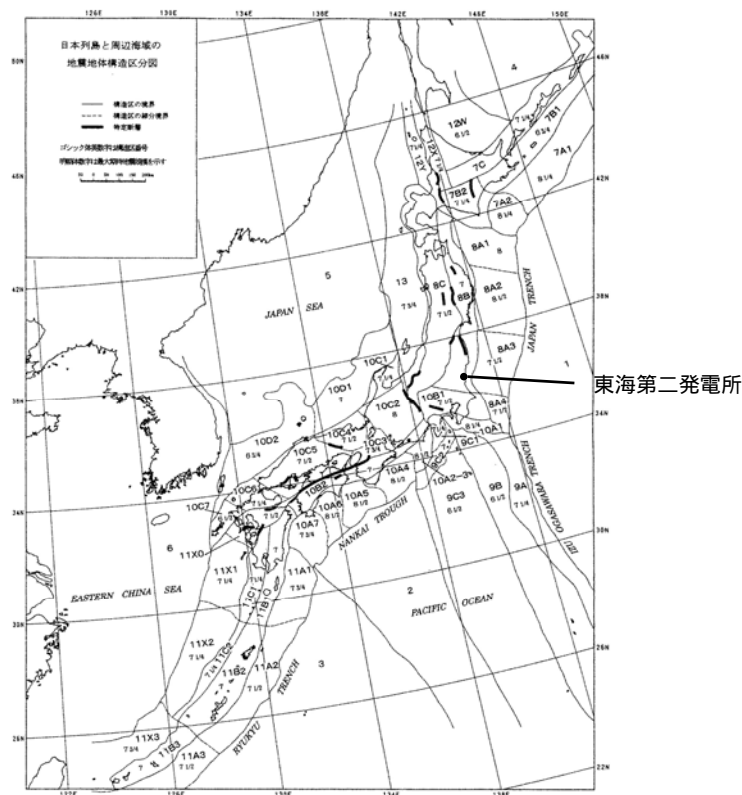
- 特定震源モデルのロジックツリーは、下記のとおり設定する。



2011年4月に活動した直後である塩ノ平地震断層を含んだ全長破壊は当面起こりにくいと考えられることから、重みを低く設定する。

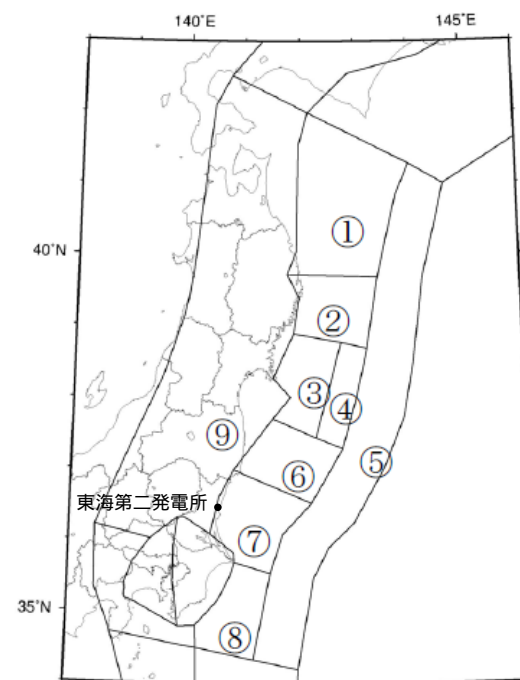
領域震源モデル

- 敷地から150km程度を評価対象範囲とする。
- 調査モデル: 領域区分は垣見ほか(2003)や地震発生状況に基づく。領域内の最大マグニチュードは, 当該領域内で発生した既往最大の地震規模に基づく。
- 推本参考モデル: 領域区分及び領域内の最大マグニチュードは, 地震調査研究推進本部(2012)に基づく。



垣見ほか(2003)に一部加筆

調査モデル: 垣見ほか(2003)による地体構造区分

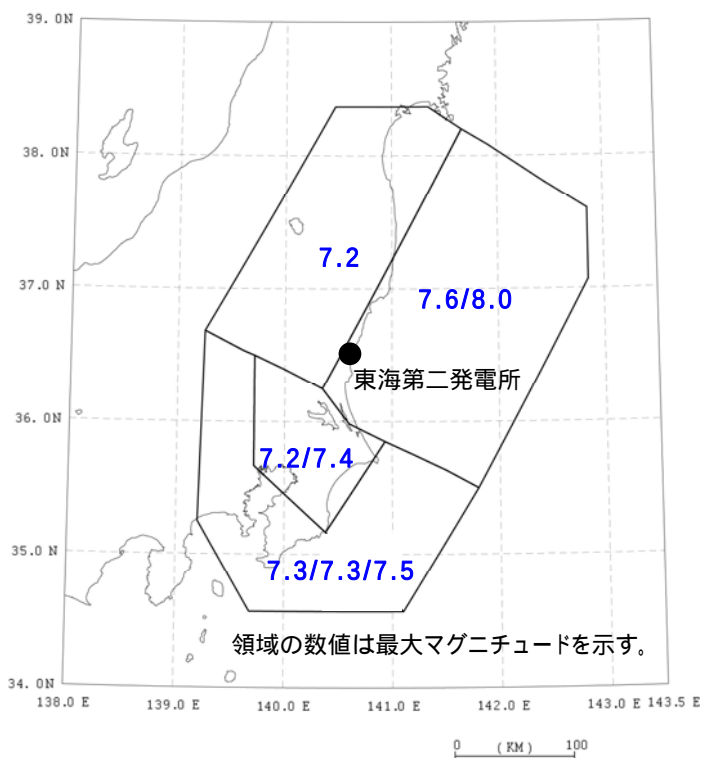


地震調査研究推進本部(2012)に一部加筆

推本参考モデル: 地震調査研究推進本部(2012)による領域区分

領域震源モデル 調査モデル：海溝型地震

- 海溝型地震の領域区分については垣見ほか(2003)を参考にするが、沈み込んだプレートの地震が発生する領域については地震発生状況を参考に独自に設定する。
- 領域内の最大マグニチュードについては、領域内で過去に発生した最も規模の大きな地震のマグニチュードとする。敷地に影響が大きいと考えられる領域については、地震の発生状況等に応じロジックツリーの分岐として考慮する。その他の領域については、地震規模の記載について幅がある場合、ロジックツリーの分岐で考慮する。
- 各領域の地震発生頻度については、気象庁地震カタログを用いG - R式より算定する。

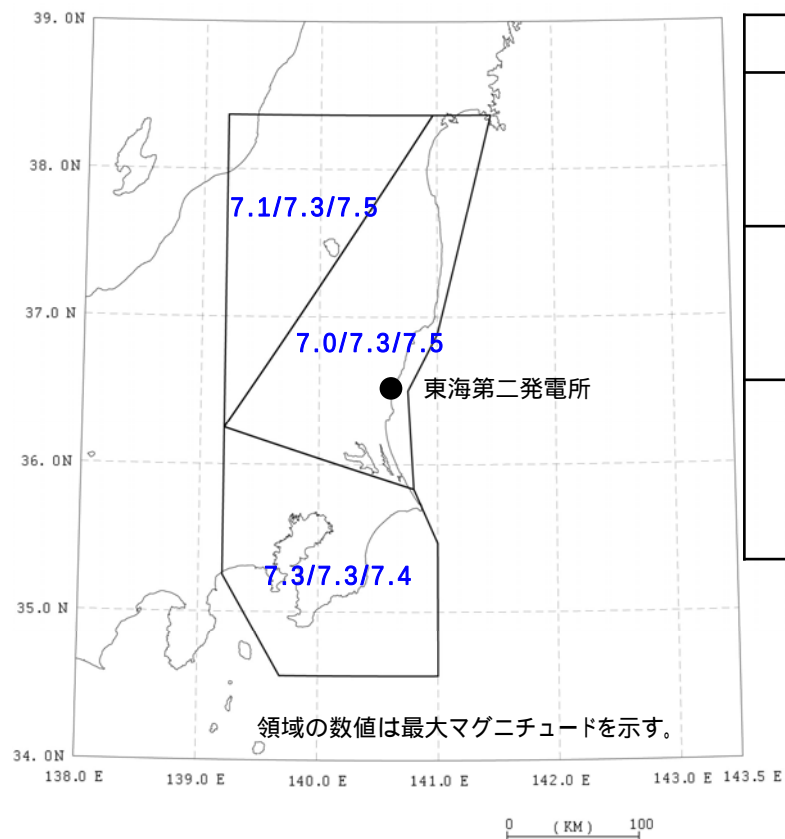


海溝型地震の領域区分(調査モデル)

領域区分, 設定根拠		最大マグニチュード, 設定根拠		b値
	太平洋プレートの上表面深度が60kmよりも深い領域	7.2	地震活動は低調で過去に大規模な地震は発生していないため、南側に隣接するの領域で1895年に発生した霞ヶ浦付近の地震(M7.2)を参考に設定	1.388
	垣見ほか(2003)の8A3に対応し、太平洋プレートの上表面深度が60kmよりも浅い領域	上限値 8.0	領域外ではあるが、同一地体構造区に入る1677年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震(M8.0)を参考に設定	0.899
		下限値 7.6	2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震(M7.6)を参考に設定	
	主にフィリピン海プレートに関する地震活動が見られる領域	上限値 7.5	1257年関東南部の地震(M7.0-7.5)を参考に設定	0.981
		中央値 7.3	1923年千葉県勝浦沖の地震(M7.3, 関東地震の余震)及び1257年関東南部の地震(M7.0-7.5)を参考に設定	
		下限値 7.3	1923年千葉県勝浦沖の地震(M7.3, 関東地震の余震)を参考に設定	
	茨城県南西部から千葉県北部にかけて中小地震の活動が活発な領域	上限値 7.4	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動における茨城県南部の地震の地震規模の不確かさケースを参考に設定	1.237
		下限値 7.2	1895年に発生した霞ヶ浦付近の地震(M7.2)を参考に設定	

領域震源モデル 調査モデル： 内陸地殻内地震

- 内陸地殻内地震の領域区分については、垣見ほか(2003)を参考に設定する。
- 領域内の最大マグニチュードについては、領域内で過去に発生した最も規模の大きな地震のマグニチュードとする。地震規模の記載について幅がある場合ロジックツリーの分岐で考慮する。
- 各領域の地震発生頻度については、気象庁地震カタログを用いG - R式より算定する。



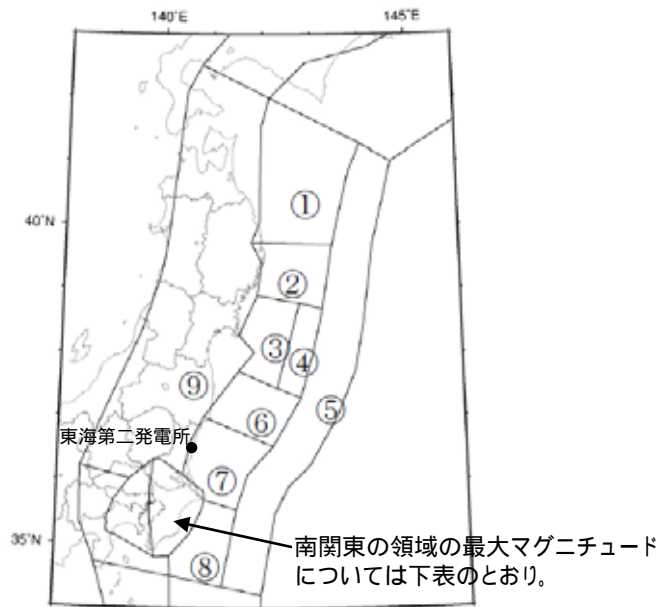
領域区分		最大マグニチュード, 設定根拠		b値
	垣見ほか(2003)の8Bに対応する領域	上限値7.5	1858年八戸・三戸の地震(M7.0-7.5)の上限値	0.483
		中央値7.3	1858年八戸・三戸の地震(M7.0-7.5)の中央値	
		下限値7.0	1858年八戸・三戸の地震(M7.0-7.5)の下限値	
	垣見ほか(2003)の8Cに対応する領域	上限値7.5	1766年津軽の地震(M7 1/4 ± 1/4)の上限値	1.124
		中央値7.3	1766年津軽の地震(M7 1/4 ± 1/4)を中央値	
		下限値7.1	1914年秋田県南部の地震(M7.1)を参照	
	垣見ほか(2003)の10A1と10B1を合わせた領域	上限値7.4	878年関東諸国の地震(M7.4)を参照 (規模の精度を考慮してロジックツリーで考慮)	0.987
		中央値7.3	1924年神奈川県の地震(M7.3)を参照	
		下限値7.3	1924年神奈川県の地震(M7.3)を参照	

内陸地殻内地震の領域区分(調査モデル)

領域震源モデル 推本参考モデル：海溝型地震(1 / 2)

■地震調査研究推進本部(2012)の知見

地震調査研究推進本部(2012)では、三陸沖から房総沖にかけての「震源断層を予め特定しにくい地震」の領域区分とそれぞれの領域内で想定する最大マグニチュードについて示され、最大マグニチュードについては「モデル1」、「モデル2」の2ケースが想定されている。



領域または地震系	震元	長期評価結果	モデル値
相模トラフ その他の南関東 で発生する M7程度の地震	マグニチュード	M6.7～7.2程度	M6.7～7.2
	平均発生間隔	23.8年に1回	23.8年
	最新発生時期	(ボアソン過程)	-
	ばらつき	-	-
	30年発生確率	70%程度	72%
	50年発生確率	90%程度	88%

地震調査研究推進本部(2009a)に一部加算

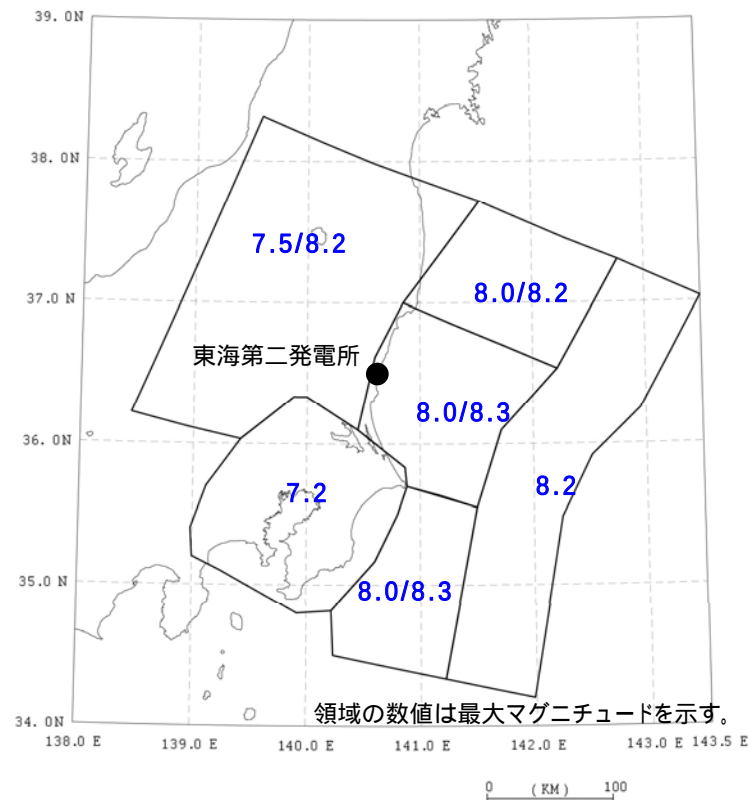
領域番号	領域・地震	従来モデル	評価第二版	モデル1	モデル2
※ 東北地方太平洋沖型	(1) 確証なし	(なし)	M=8.4~9.9 P30=0	同左	同左
① 三陸沖北部	(1) 確証なし	M=8.9 P30=6.3	M=8.9 P30=7.3	同左	同左
	(2) 確証以外	M=7.1~7.6 P30=93(P)	M=7.1~7.6 P30=98(P)	同左	同左
	(3) 震源不特定	M=7.0		変更なし	変更なし
② 三陸沖中部	(1) 確証なし	(なし)	(なし)	(なし)	(なし)
	(2) 確証以外	(なし)	(なし)	(なし)	(なし)
	(3) 震源不特定	M=7.0		M=8.0/7.5	M=8.2/8.2
③ 宮城県沖	(1) 確証なし	M=7.5 P30=100	M=7.4 P30=不明	M=7.4 P30=65(P)	(なし)
	(2) 確証以外	(なし)	M=7.0~7.3 P30=61(P)	同左	(なし)
	(3) 震源不特定	M=7.2		M=8.0/7.5	M=8.4/8.2
④ 三陸沖南部・海溝寄り	(1) 確証なし	M=7.7 P30=81	M=7.9 P30=0	同左	宮城県沖と 統合
	(2) 確証以外	(なし)	M=7.2~7.6 P30=61(P)	同左	
	(3) 震源不特定	M=7.5		M=8.0/7.5	
⑤ 三陸沖北部から関根沖の 海溝寄り	(1) 確証(津波)	M=8.2(6.8) P30=20(P)	M=8.6(8.0) P30=25(P)	同左	同左
	(1) 確証(正断層)	M=8.2 P30=5.1(P)	M=8.2 P30=5.1(P)	同左	同左
	(2) 確証以外	(なし)	(なし)	(なし)	(なし)
	(3) 震源不特定	M=7.5		M=8.0/-	M=8.0/-
⑥ 福島県沖	(1) 確証なし	M=7.4 P30=7.2(P)	M=7.4 P30=14(P)	同左	(なし)
	(2) 確証以外	(なし)	(なし)	(なし)	(なし)
	(3) 震源不特定	M=7.1		M=8.0/7.5	M=8.2/8.2
⑦ 茨城県沖	(1) 確証なし	M=7.0 P30=99	M=7.0 (6.7~7.2) P30=95	同左	(なし)
	(2) 確証以外	(なし)	M=6.9~7.8 P30=69(P)	同左	(なし)
	(3) 震源不特定	M=7.3		M=8.0/7.5	M=8.3/8.2
⑧ 房総沖	(1) 確証なし	(なし)	(なし)	(なし)	(なし)
	(2) 確証以外	(なし)	(なし)	(なし)	(なし)
	(3) 震源不特定	M=7.0		M=8.0/7.5	M=8.3/8.2
⑨ 駿河湾		M=7.1		M=8.0/7.5	M=8.2/8.2

・P30は30年間の発生確率(%)で、(P)はボアソン過程で計算されたことを示す。なお、従来モデルは2011年1月、その他は2012年1月時点での値である。
 ・M₀は震源不特定の地震(震源断層をあらかじめ特定しにくい地震)にG-マスを適用する際の最大マグニチュードで、値の左側はプレート間地震、右側はプレート内地震に対するものである。
 ・モデル2の震源不特定のプレート間地震のM₀は、その領域全体の大きさに基づき設定された値。
 ・①と②を除く領域のプレート内地震のM₀は、モデル1では7.5、モデル2では8.2とする。
 ・三陸沖北部から関根沖の海溝沖で評価されているプレート間地震(津波地震)のマグニチュード計は、無震動を生じる場合(M=8.0)と生じる場合(M=6.8)にそれぞれ0.5の確率を付与する。

地震調査研究推進本部(2012)に一部加算

領域震源モデル 推本参考モデル：海溝型地震(2 / 2)

- 海溝型地震の領域区分については、地震調査研究推進本部(2012)の「震源断層を予め特定しにくい地震」等を参考に設定する。
- 領域内の最大マグニチュードについては、地震調査研究推進本部(2012)等を参考に設定する。上記で示されている「モデル1」、「モデル2」についてはロジックツリーの分岐で考慮する。
- 各領域の地震発生頻度については、気象庁地震カタログを用いG - R式より算定する。



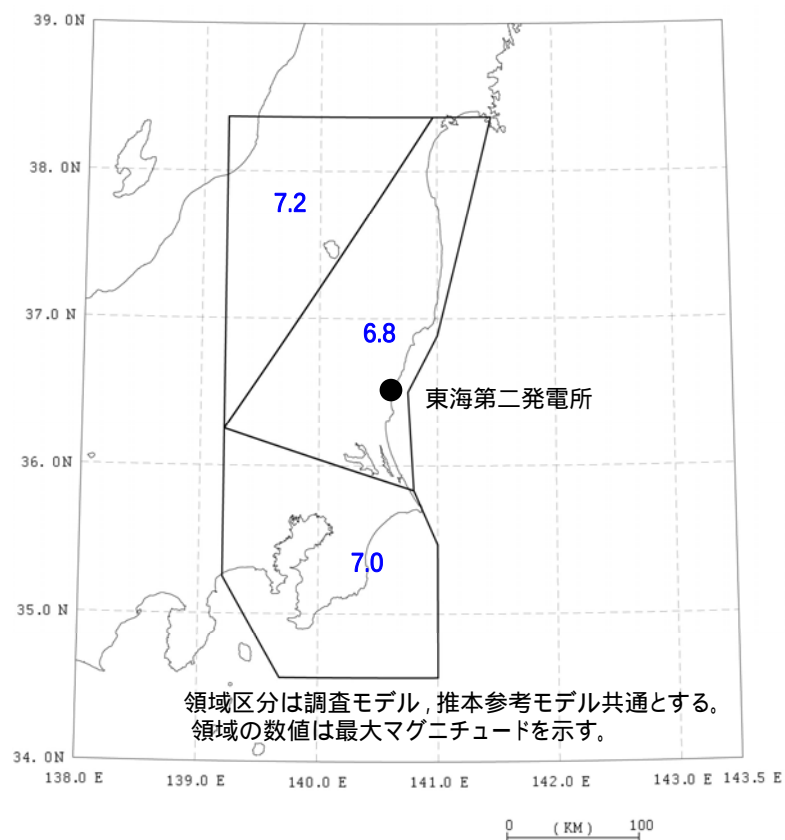
領域区分, 設定根拠		最大マグニチュード	b値
	地震調査研究推進本部(2012)の	モデル1, 2共通: 8.2	1.031
	地震調査研究推進本部(2012)の	モデル1: 8.0	0.936
		モデル2: 8.2	
	地震調査研究推進本部(2012)の	モデル1: 8.0	0.873
		モデル2: 8.3	
	地震調査研究推進本部(2012)の	モデル1: 8.0	1.023
		モデル2: 8.3	
	地震調査研究推進本部(2012)の	モデル1: 7.5	1.054
		モデル2: 8.2	
	地震調査研究推進本部(2009a)「その他の南関東で発生するM7程度の地震」の領域	モデル1, 2共通: 7.2	1.165

海溝型地震の領域区分(推本参考モデル)

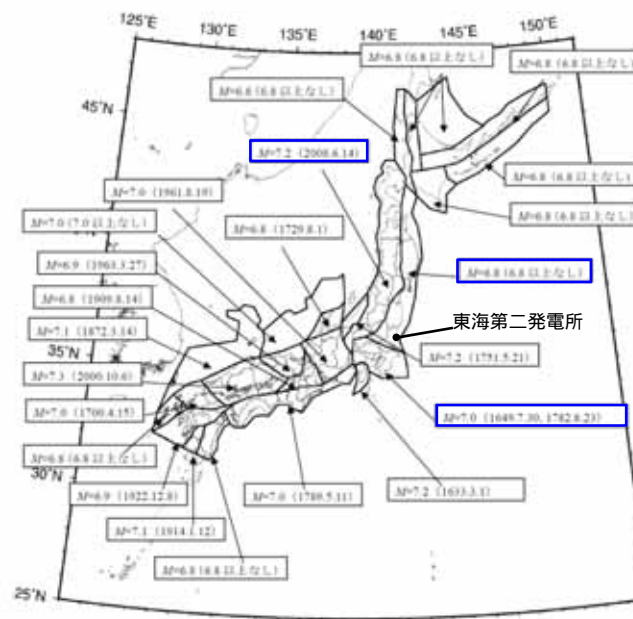
領域震源モデル 推本参考モデル： 内陸地殻内地震

- 地震調査研究推進本部の内陸地殻内地震に対する領域区分は、垣見ほか(2003)に基づいていることから、推本参考モデルの内陸地殻内地震に対する領域区分は調査モデル同様垣見ほか(2003)に基づき設定する。
- 領域内の最大マグニチュードについては、地震調査研究推進本部(2009a)に基づき設定する。
- 各領域の地震発生頻度については、気象庁地震カタログを用いG - R式より算定する。

領域区分		最大マグニチュード, 設定根拠		b値
	垣見ほか(2003)の8Bに対応する領域	6.8	地震調査研究推進本部(2009a)	0.483
	垣見ほか(2003)の8Cに対応する領域	7.2	地震調査研究推進本部(2009a)	1.124
	垣見ほか(2003)の10A1と10B1を合わせた領域	7.0	地震調査研究推進本部(2009a)	0.987



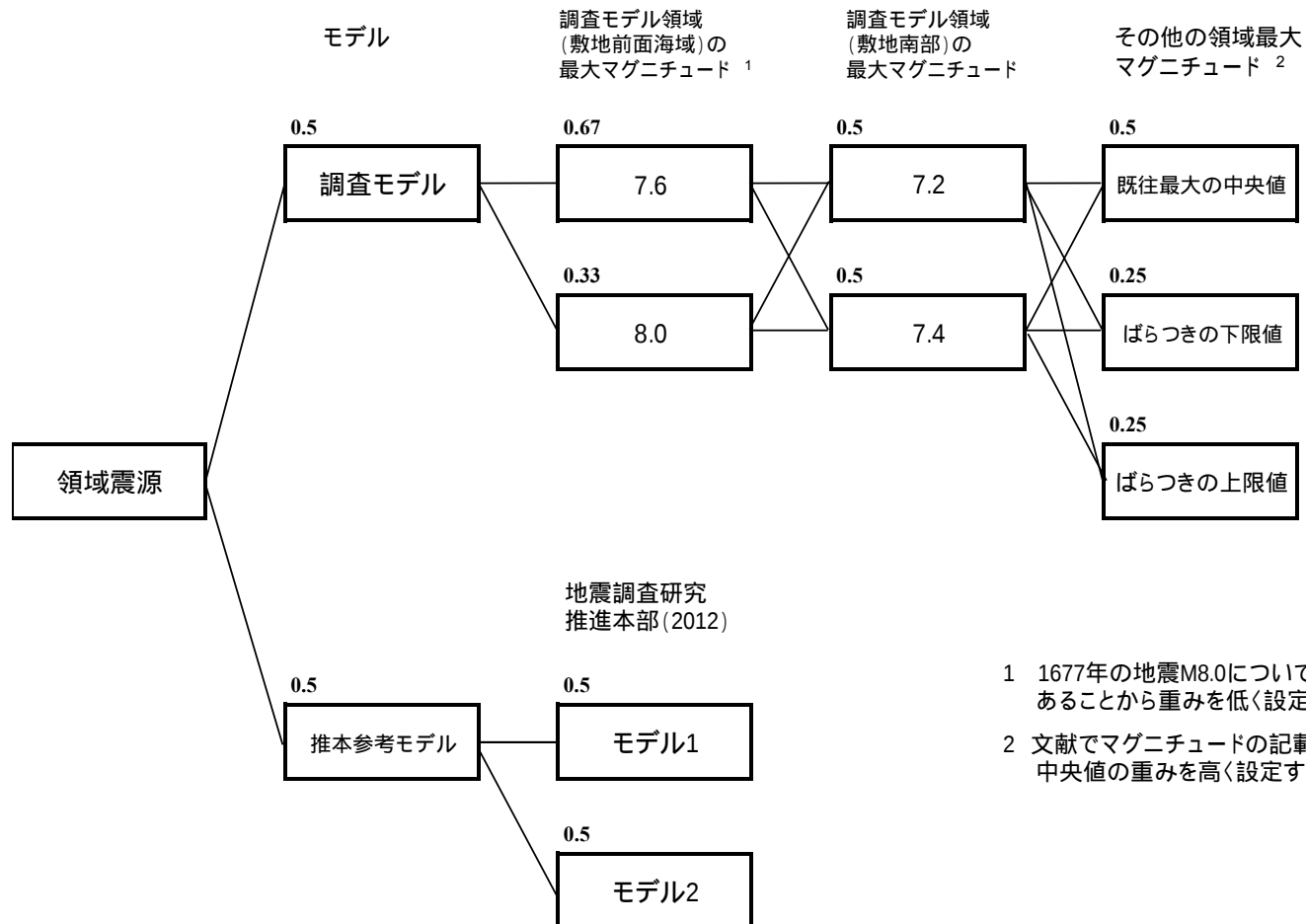
内陸地殻内地震の領域区分(推本参考モデル)



地震調査研究推進本部(2009a)に一部加筆

領域震源モデル： ロジックツリー

■ 領域震源モデルのロジックツリーは、下記のとおり設定する。

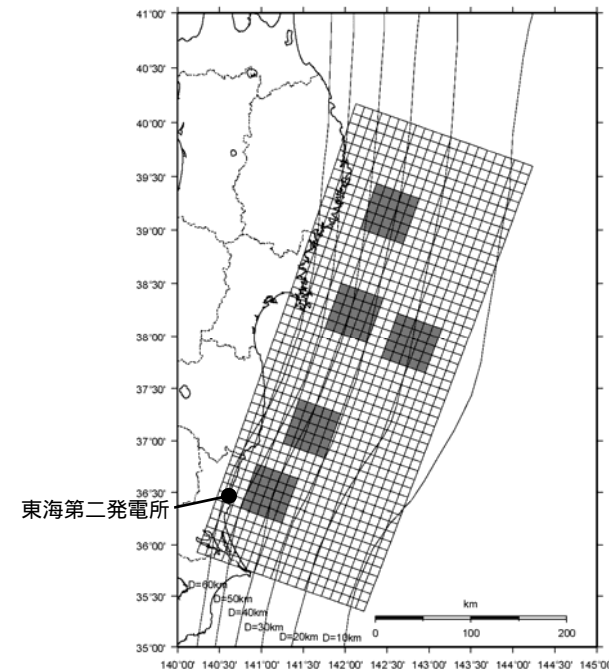


- 1 1677年の地震M8.0については、津波地震との指摘があることから重みを低く設定する。
- 2 文献でマグニチュードの記載に幅が示されている場合、中央値の重みを高く設定する。

地震動伝播モデル：地震動評価方法

■ 東北地方太平洋沖型の地震について

断層モデル手法による地震ハザード評価を実施する。2011年東北地方太平洋沖型地震の震源モデルを用い評価を行う。



東北地方太平洋沖型の地震の震源モデル

■ 東北地方太平洋沖型の地震以外の震源について

・Noda et al.(2002)による距離減衰式を用いる。

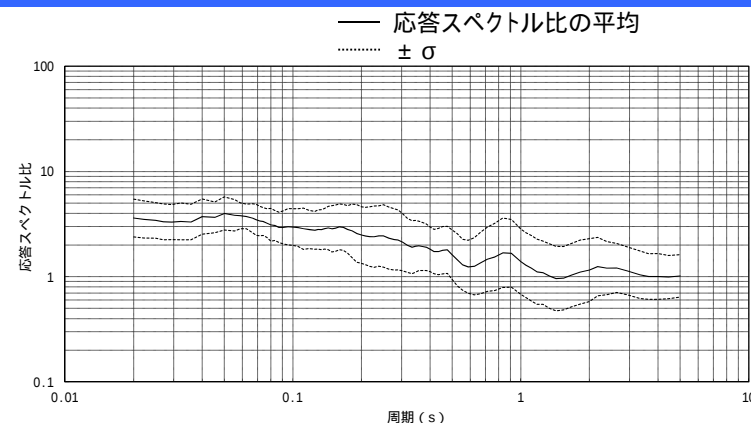
・観測記録による補正係数については、基準地震動 S_s 策定の過程における分析結果を踏まえ、海溝型地震では茨城県沖の鹿島灘付近で発生した地震、海洋プレート沈み込んだ深部で発生する地震、内陸地殻内地震では福島県と茨城県の県境付近で発生した地震について考慮する(次頁以降で詳述)。

地震動伝播モデル：海溝型地震に対する補正係数(1 / 2)

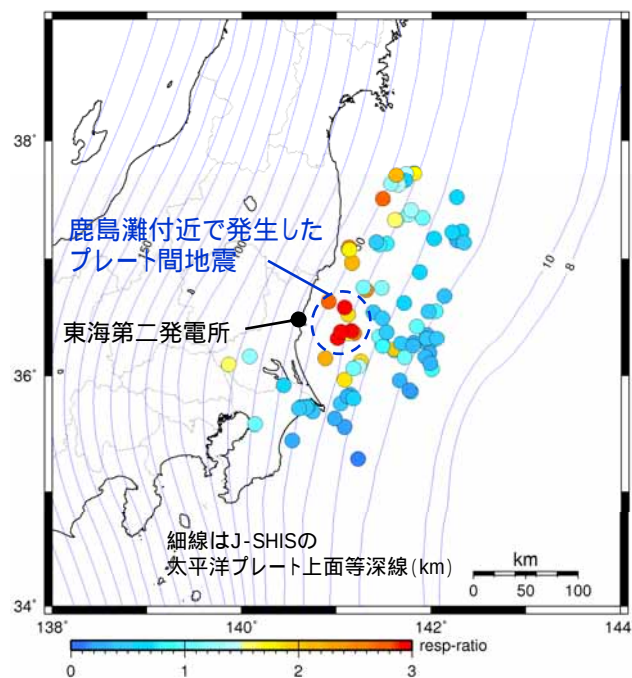
■ 鹿島灘で発生する地震に対して考慮する補正係数

鹿島灘で発生した地震については, Noda et al.(2002)と観測記録の応答スペクトル比が大きくなる領域があるため, 当該領域については補正係数を考慮する。補正係数を考慮する領域の大きさについて, 2ケースをロジックツリーで考慮する。

補正係数は観測記録の平均値を用いる。また, その時に用いる距離減衰式のばらつきは, 観測記録から算定する(右図参照)。

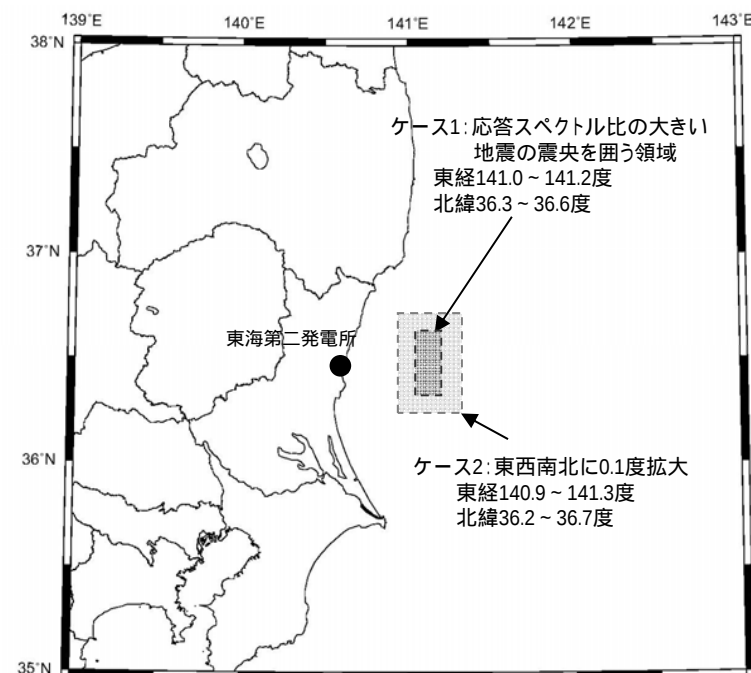


観測記録の応答スペクトル比



図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し, 応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

プレート間地震の震央分布図(水平成分)



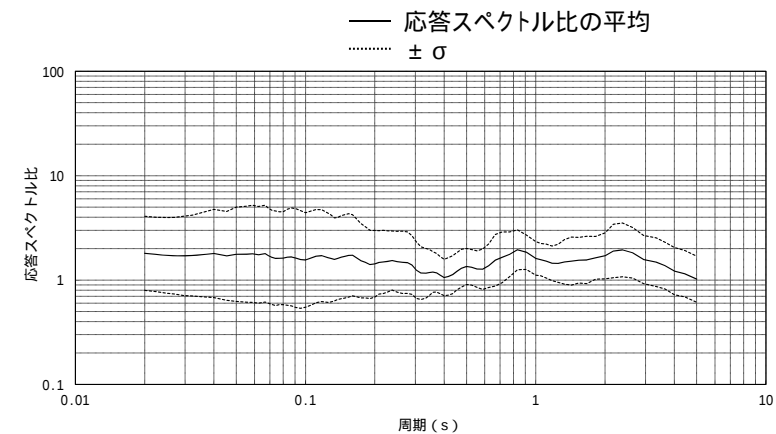
補正係数を適用する領域(調査モデル, 推本参考モデル共通)

地震動伝播モデル：海溝型地震に対する補正係数(2 / 2)

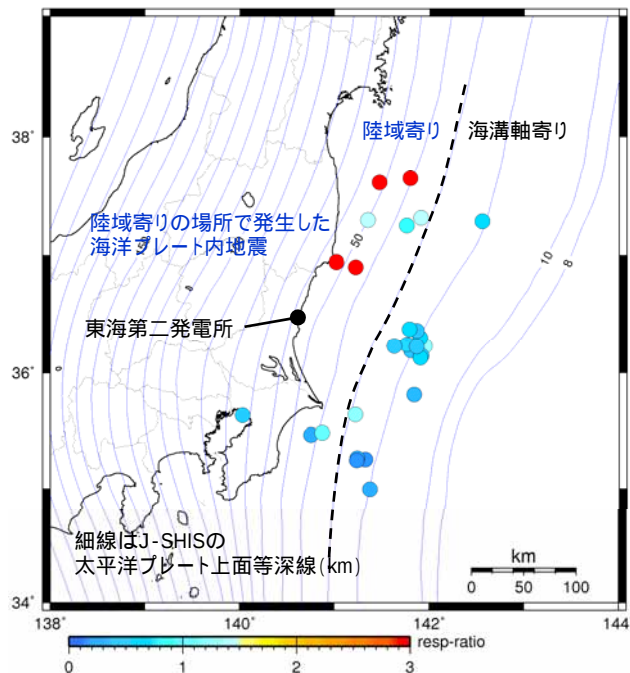
■ 陸域寄りで発生する地震に対して考慮する補正係数

陸域寄りで発生した地震については, Noda et al.(2002)と観測記録の応答スペクトル比が大きくなるため, 領域震源のうち深い部分に相当する領域については補正係数を考慮する。

補正係数は観測記録の平均値を用いる。また, その時に用いる距離減衰式のばらつきは, 観測記録から算定する(右図参照)。

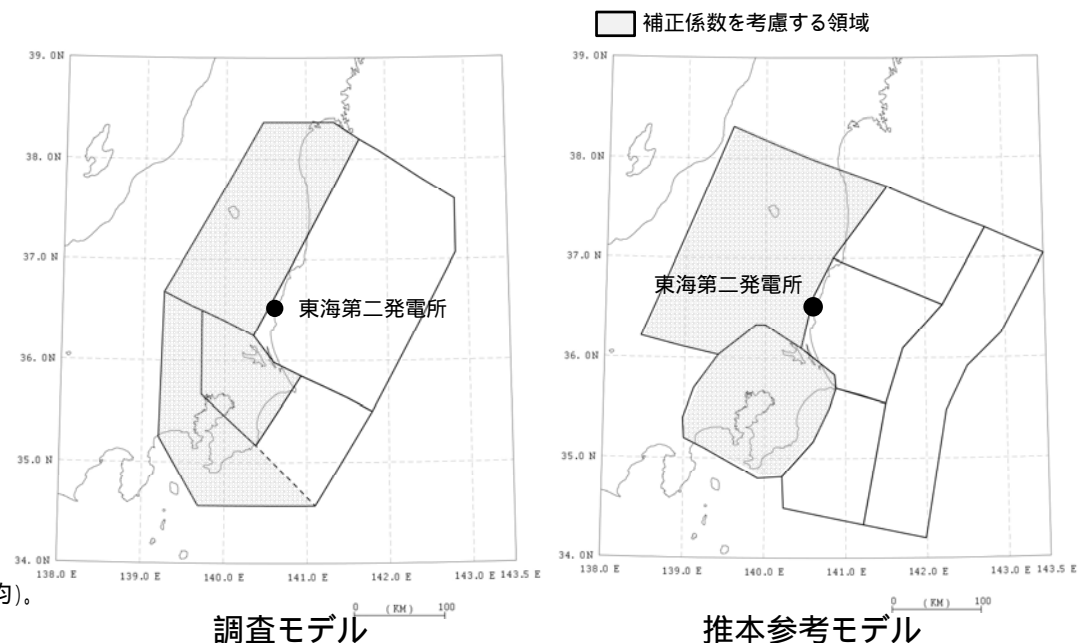


観測記録の応答スペクトル比



図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し, 応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

海洋プレート内地震の震央分布(水平成分)



調査モデル

推本参考モデル

補正係数を適用する領域

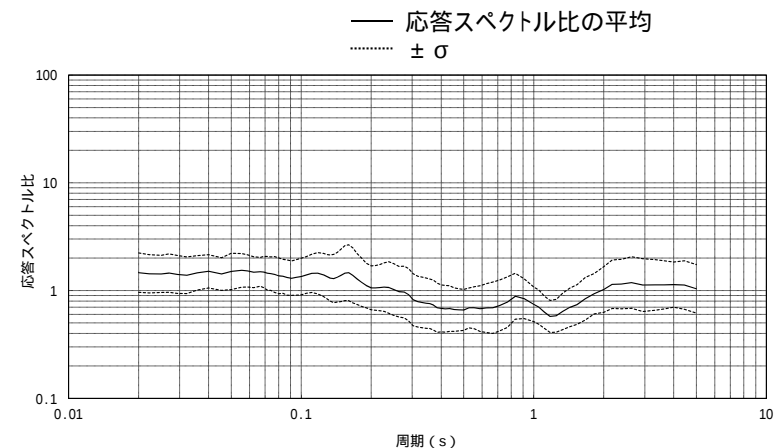
地震動伝播モデル： 内陸地殻内地震に対する補正係数

■ 福島県と茨城県の県境付近で発生する地震に対して考慮する補正係数

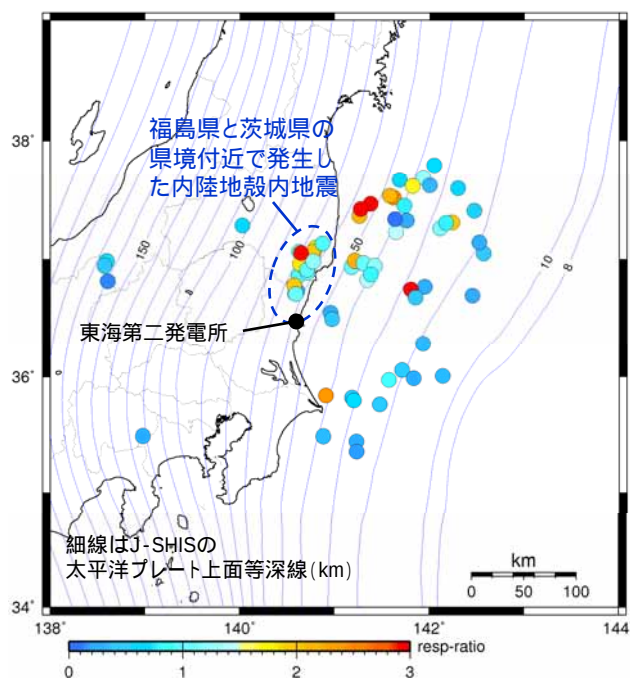
福島県と茨城県の県境付近で発生した地震については、Noda et al.(2002)と観測記録の応答スペクトル比が大きくなる領域があるため、当該領域については補正係数を考慮する。

補正係数は観測記録の平均値を用いる。また、その時に用いる距離減衰式のばらつきは、観測記録から算定する(右図参照)。

上記領域以外で発生する地震に対しては、Noda et al.(2002)による内陸補正の考慮の有無をロジックツリーの分岐で考慮する。

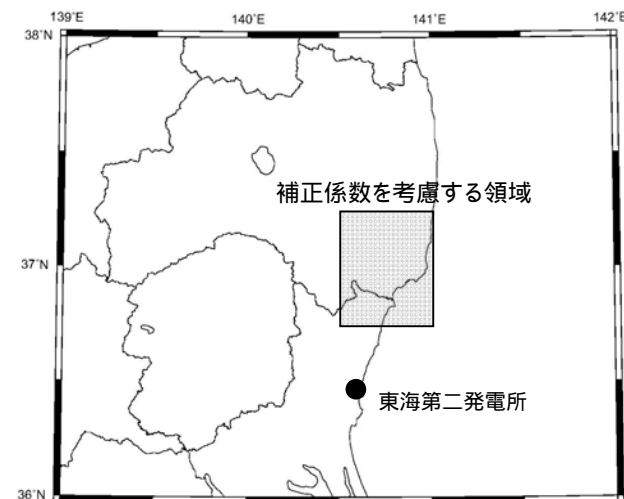


観測記録の応答スペクトル比



図中の震央の色は図下のカラーバーに対応し、
応答スペクトル比を示している(周期0.02秒~0.1秒の平均)。

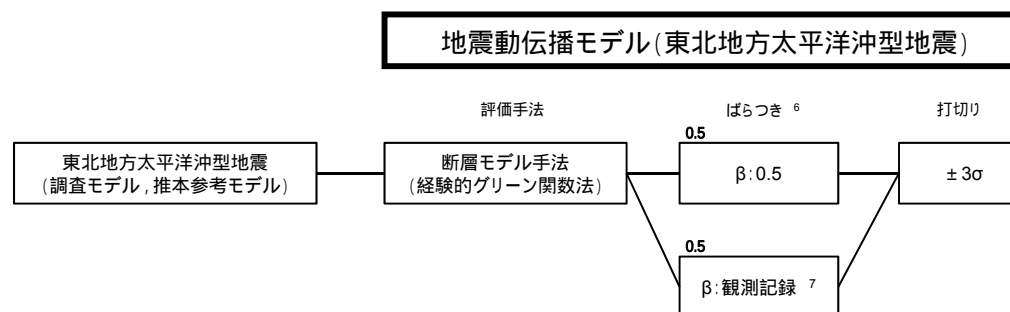
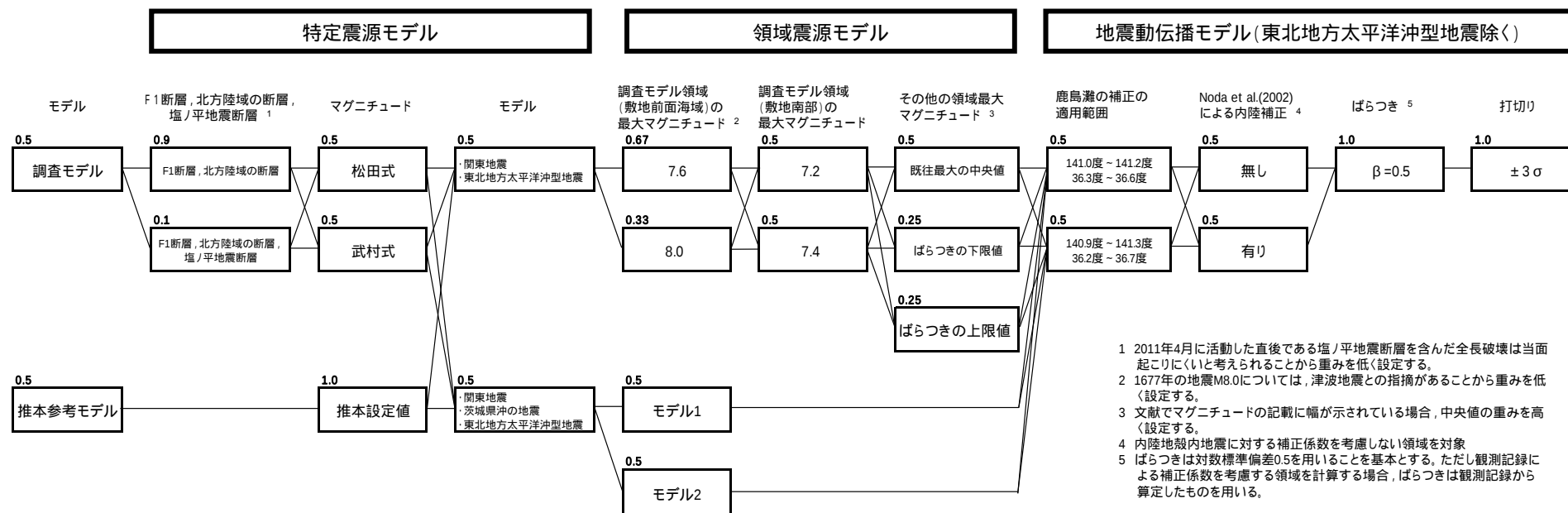
内陸地殻内地震の震央分布図(水平成分)



補正係数を考慮する領域
(調査モデル, 推本参考モデル共通)

全体ロジックツリー

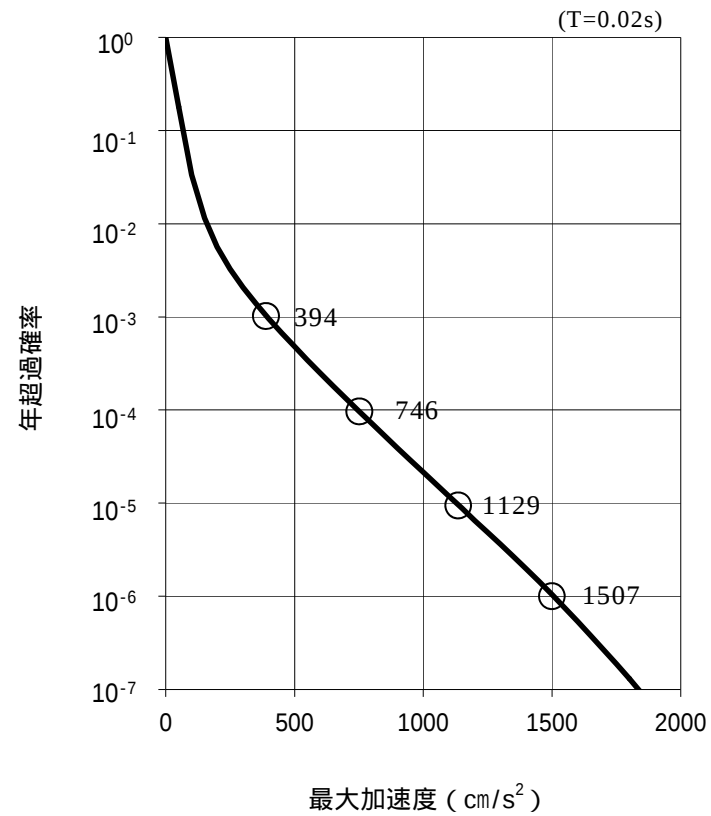
■ 特定震源のロジックツリー，領域震源のロジックツリー，地震動伝播モデルのロジックツリーを組み合わせ，全体ロジックツリーを作成する。



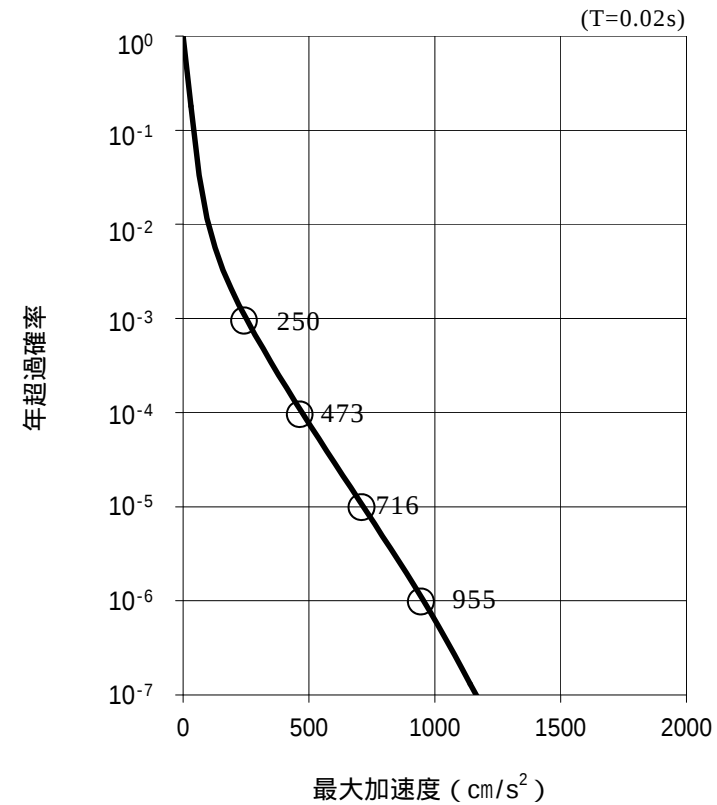
⁶ $\beta=0.5$ を用いる場合と観測記録による値を用いる場合をロジックツリーで考慮する。
⁷ 敷地への影響は敷地前面の鹿島灘の位置にあるSMGAの影響が大きいため、鹿島灘で発生する地震で考慮するばらつき(17頁)を用いる。

評価結果 平均ハザード曲線

- 平均ハザード曲線を示す。



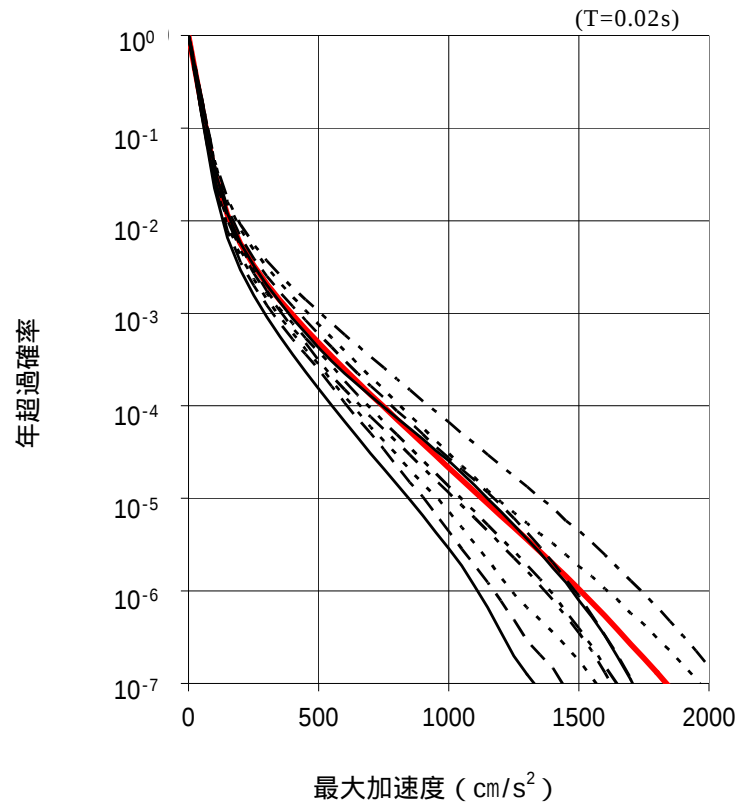
水平成分



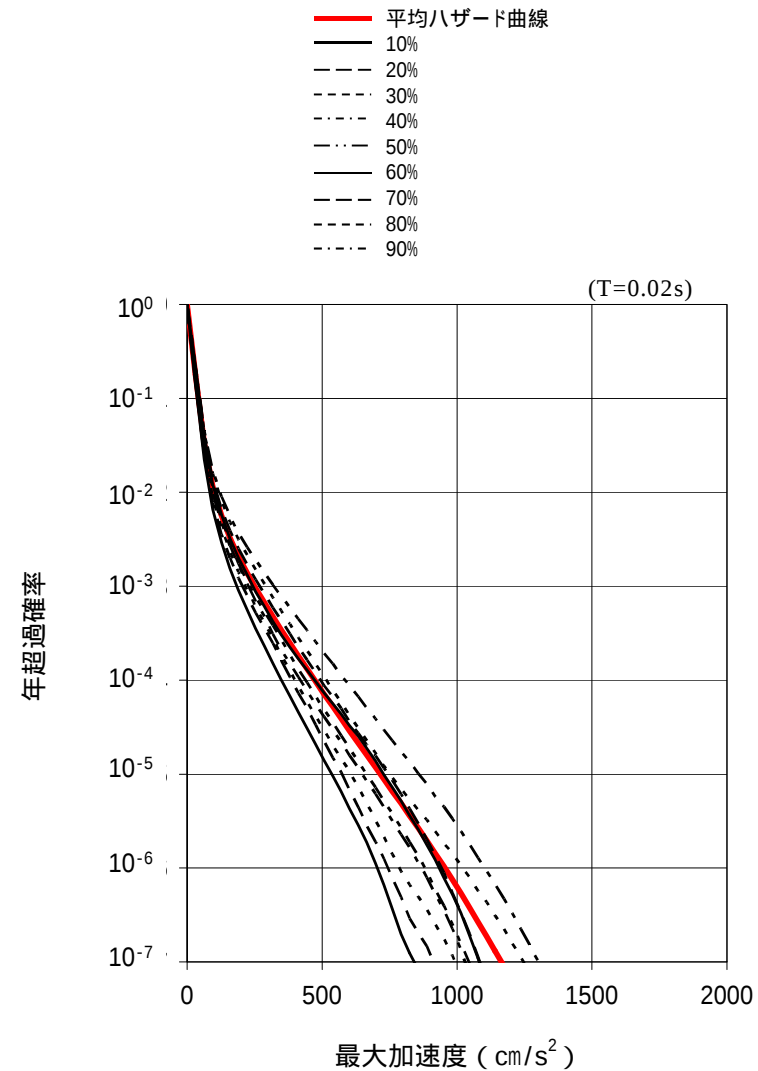
鉛直成分

評価結果 フラクタイルハザード曲線

■ フラクタイルハザード曲線を示す。



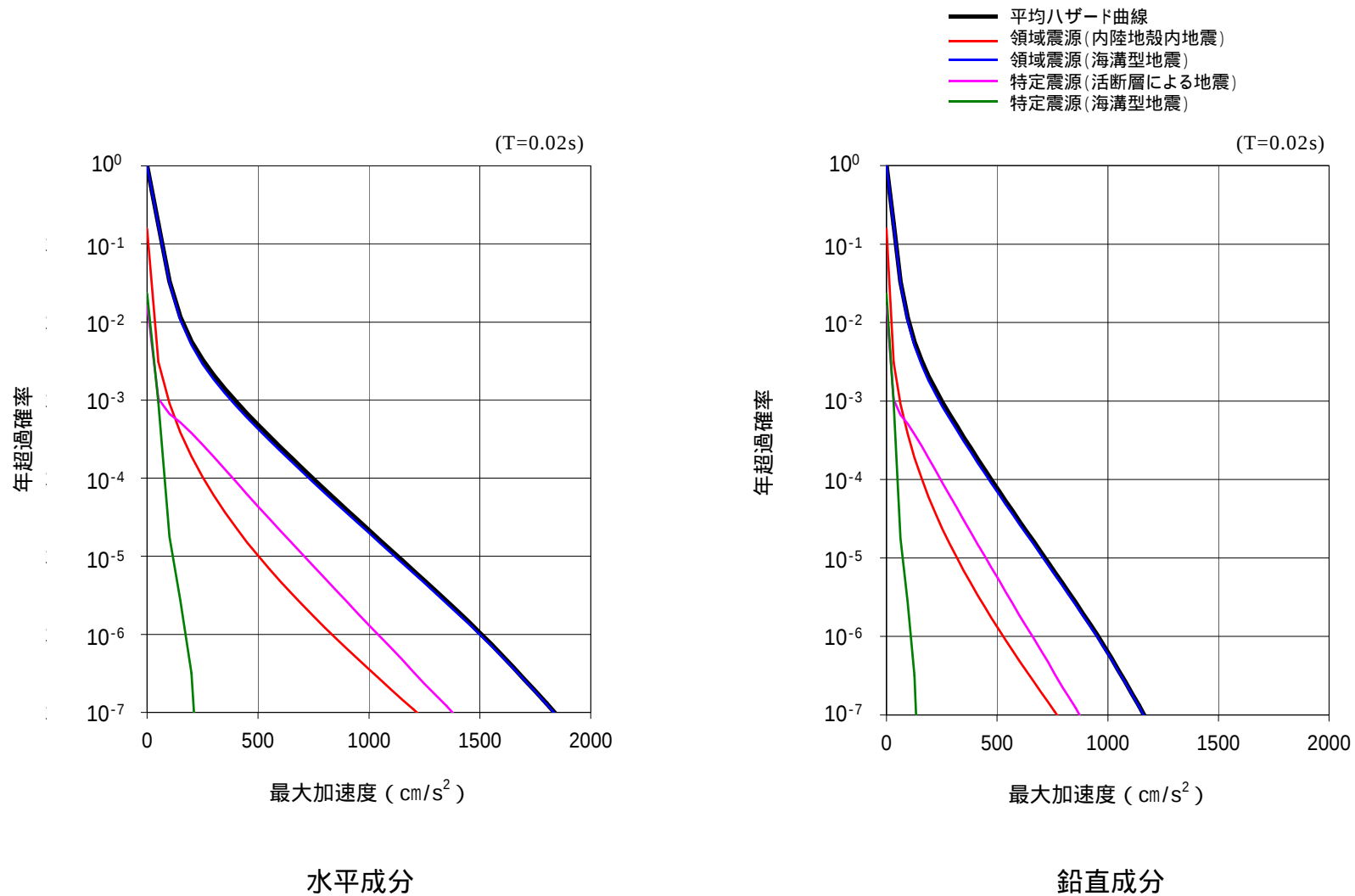
水平成分



鉛直成分

評価結果 震源別ハザード曲線

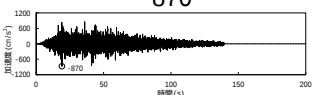
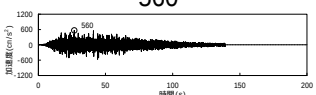
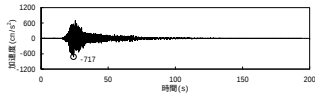
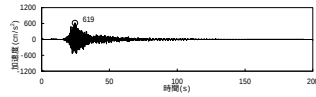
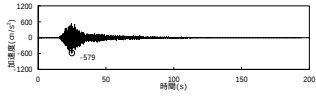
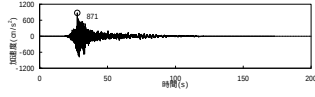
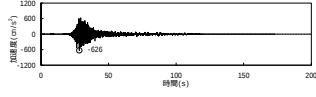
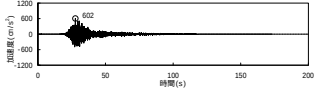
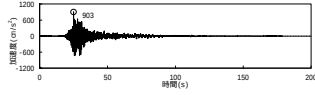
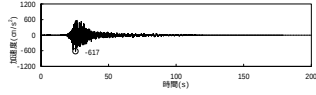
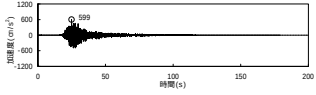
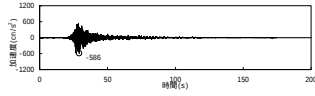
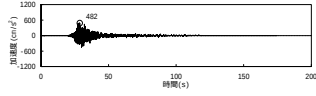
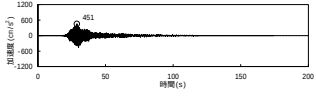
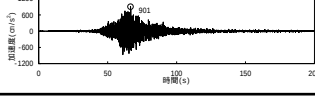
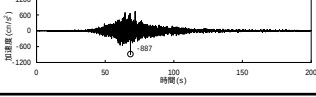
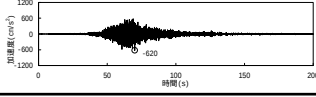
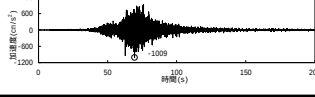
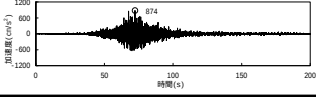
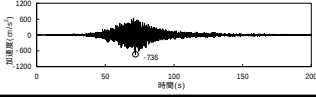
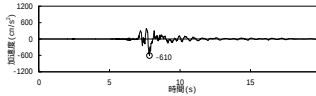
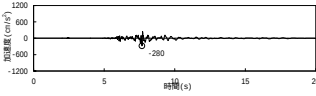
■ 平均ハザード曲線に対する各震源の影響を示す。



支配的な震源は領域震源の海溝型地震である。

基準地震動 S s

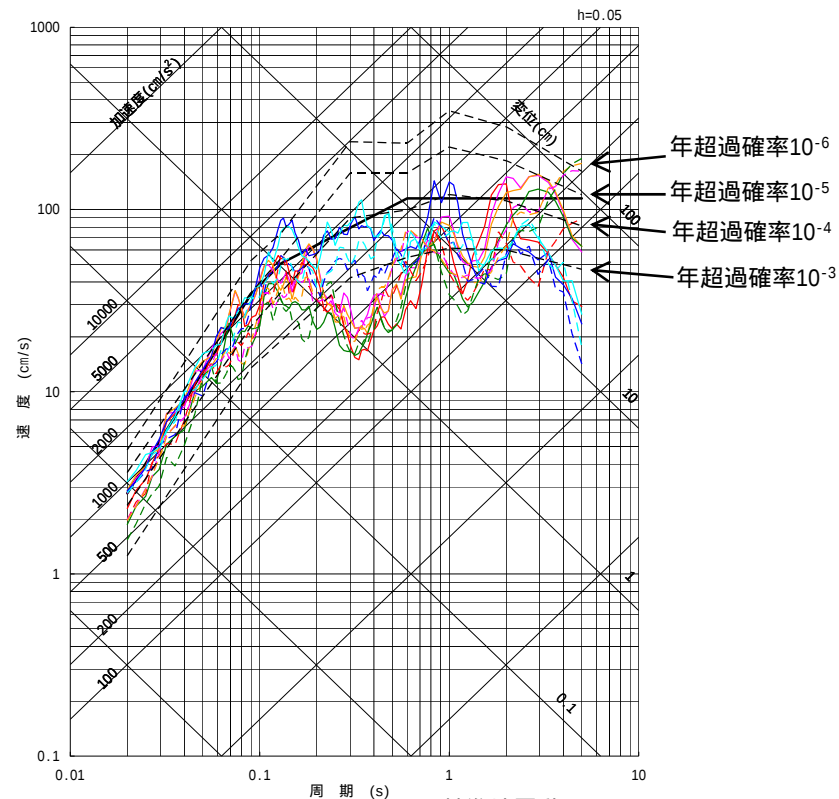
■ 基準地震動 S s の最大加速度の一覧を示す。

基準地震動		最大加速度 (cm/s ²)		
		NS成分	EW成分	UD成分
Ss-D1	応答スペクトル手法による基準地震動	870 		560 
Ss-11	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)	717 	619 	579 
Ss-12	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)	871 	626 	602 
Ss-13	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)	903 	617 	599 
Ss-14	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)	586 	482 	451 
Ss-21	2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)	901 	887 	620 
Ss-22	2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	1009 	874 	736 
Ss-31	2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動	610 		280 

基準地震動 S_s の超過確率の参照 一様ハザードスペクトル(1 / 2)

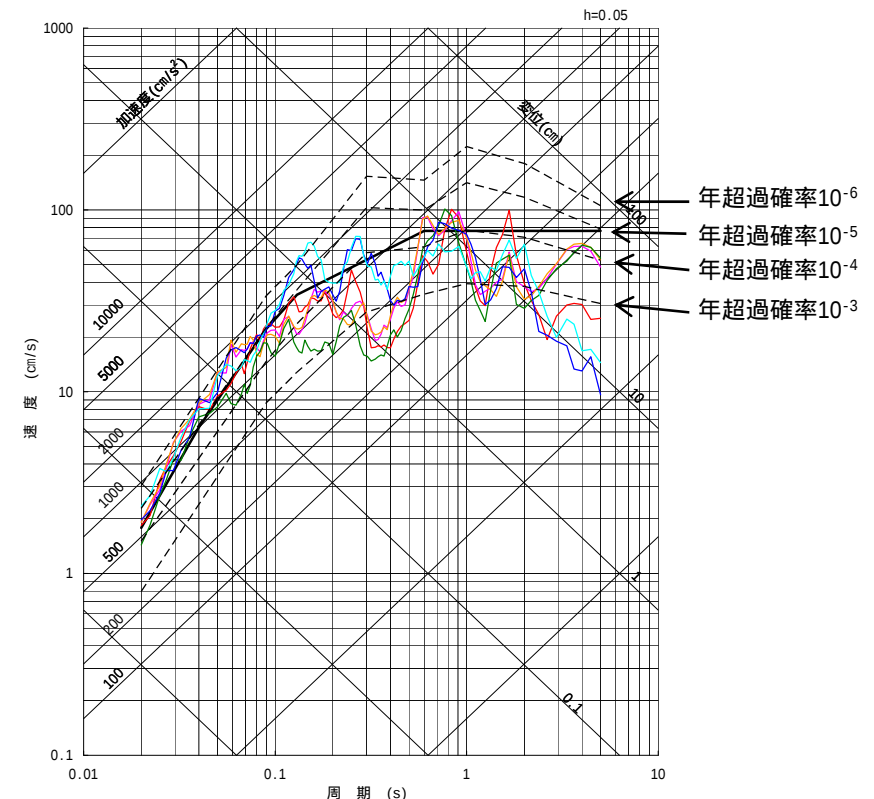
■ 基準地震動 $S_s - D1 \sim S_s - 22$ の応答スペクトルと一様ハザードスペクトルを比較する。

- 一様ハザードスペクトル
- $S_s - D1$ 応答スペクトル手法による基準地震動
- $S_s - 11$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- $S_s - 12$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- $S_s - 13$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- $S_s - 14$ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震 (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)
- $S_s - 21$ 2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)
- $S_s - 22$ 2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)



水平成分

基準地震動 S_s について,
実線はNS成分, 破線はEW成分を示す。

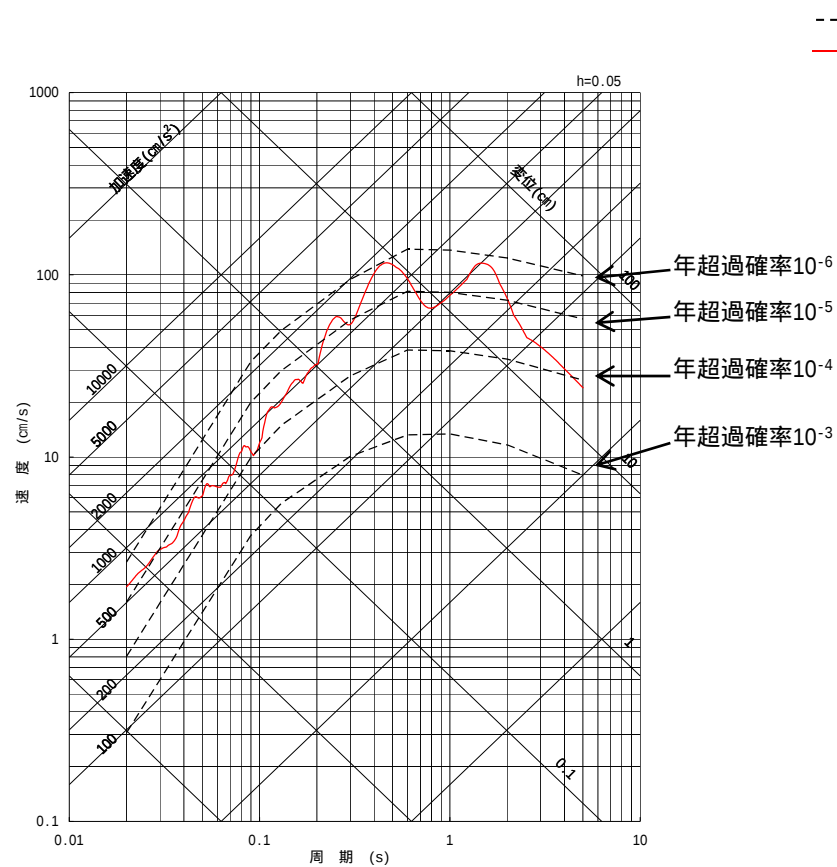


鉛直成分

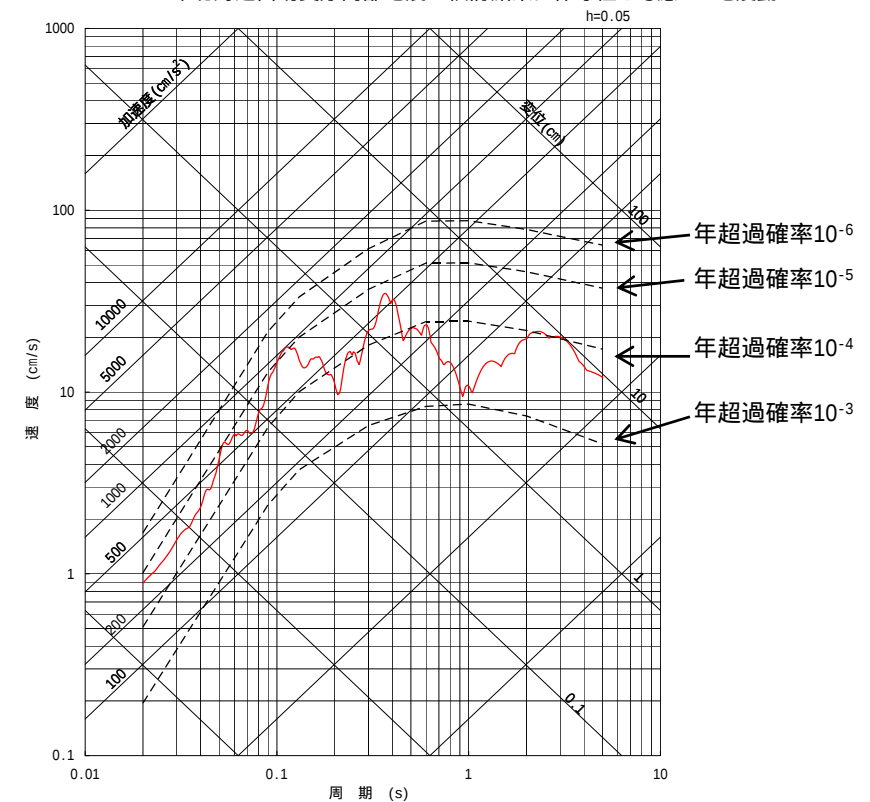
基準地震動 $S_s - D1$ の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度である。基準地震動 $S_s - 11 \sim 22$ の年超過確率は、基準地震動 $S_s - D1$ を超過する周期帯で $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。

評価結果 一様ハザードスペクトル(2 / 2)

- 内陸地殻内地震の領域震源モデルによる一様ハザードスペクトルを、震源を特定せず策定する地震動に基づき策定している基準地震動Ss - 31とあわせて示す。



水平成分



鉛直成分

内陸地殻内地震の領域震源モデルによる一様ハザードスペクトルとの比較によれば、基準地震動Ss - 31の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。

参考文献

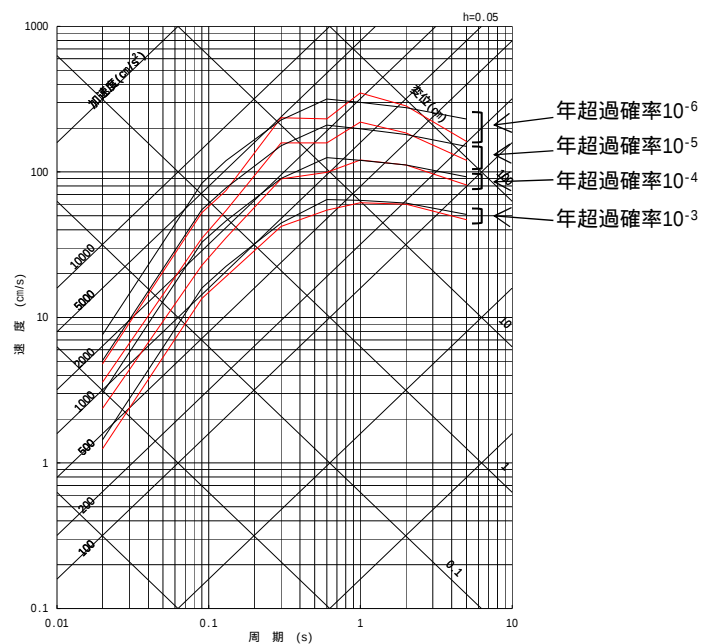
- ・日本原子力学会(2015):日本原子力学会標準,原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準:2015
- ・活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層,東京大学出版会
- ・松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について,地震 第2輯,第28巻,269-284
- ・武村雅之(1998):日本列島における地殻内地震のスケーリング則:地震断層の影響および地震被害との関連,地震第2輯,第51巻,211-228
- ・地震調査研究推進本部(2012):「今後の地震動ハザード評価に関する検討～2011年・2012年における検討結果～」
- ・地震調査研究推進本部(2009a):「全国地震動予測地図」,技術報告書
- ・地震調査研究推進本部(2009b):三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価の一部改訂について
- ・地震調査研究推進本部(2011):三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について
- ・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
- ・Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsuya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide 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 Analysis,Oct.16-18,Istanbul

設置変更許可申請時との比較

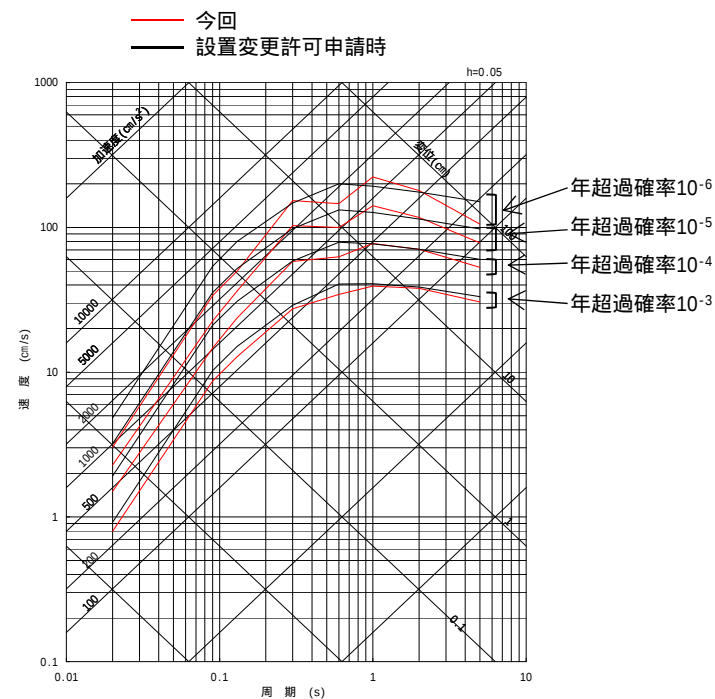
■ 一様ハザードスペクトルの比較

確率論的地震ハザード評価については、基準地震動 S_s の審議等を踏まえ、設置変更許可申請時から評価条件を変更している。設置変更許可申請時の一様ハザードスペクトルと今回の一様ハザードスペクトルを比較して示す。

項目	設置変更許可申請時からの変更内容	変更理由
活断層データ	・F11断層の追加 ・F1断層, 北方陸域の断層→F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層に見直し	地質・地質構造の調査結果等を反映
Noda et al.(2002)の補正係数及びばらつき	申請時: 観測記録を直線に近似した補正係数及びばらつき 今回: 補正係数は観測記録の平均値とし、ばらつきは観測記録から算出	保守性を含んだ設定値から、より現実的な設定値への変更
Noda et al.(2002)のばらつき打ち切り	申請時: 頭打ち無し。 今回: 3 σ で打ち切り。	地震調査研究推進本部の手法の取り込み
海溝型地震の領域(南関東)の最大マグニチュード	申請時: M7.3 今回: M7.4	海洋プレート内地震の審査結果を反映(茨城県南部の地震の評価で考慮した地震規模の不確かさをロジックツリーの分岐として反映)



水平成分



鉛直成分