

# 柏崎刈羽原子力発電所における 基準地震動の策定に関する補足説明

平成20年10月9日  
東京電力株式会社



東京電力

---

## 【ご説明内容】

---

柏崎刈羽原子力発電所における基準地震動Ssの策定に関連して、以下の事項に関する補足説明を行う。

「震源を特定せず策定する地震動」について

地震ハザード評価について  
(基準地震動Ssとの比較)

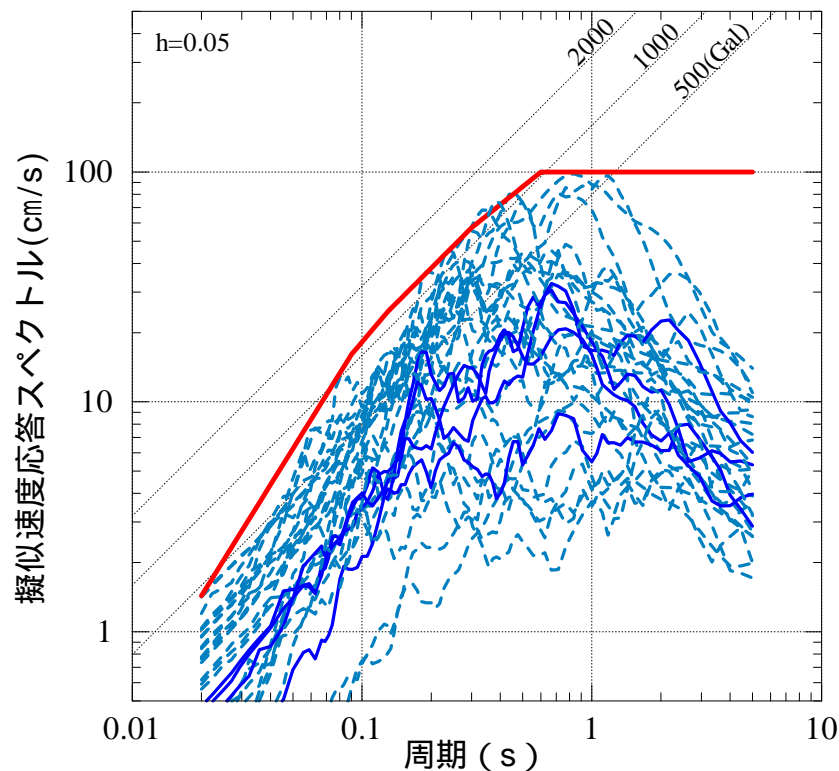
---

## 「震源を特定せず策定する地震動」について

# 1. 評価手法

加藤ほか(2004)は、内陸地殻内地震を対象として、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を予め特定できない地震による震源近傍の硬質地盤上における強震記録に基づき、S波速度0.7km/sの解放基盤表面における水平方向の応答スペクトルを提案している。

鉛直方向については、加藤ほか(2004)による水平方向の応答スペクトルをNoda et al.(2002)に基づき変換することにより、地震動レベルを把握することが可能である。



— 加藤ほか(2004)による応答スペクトル

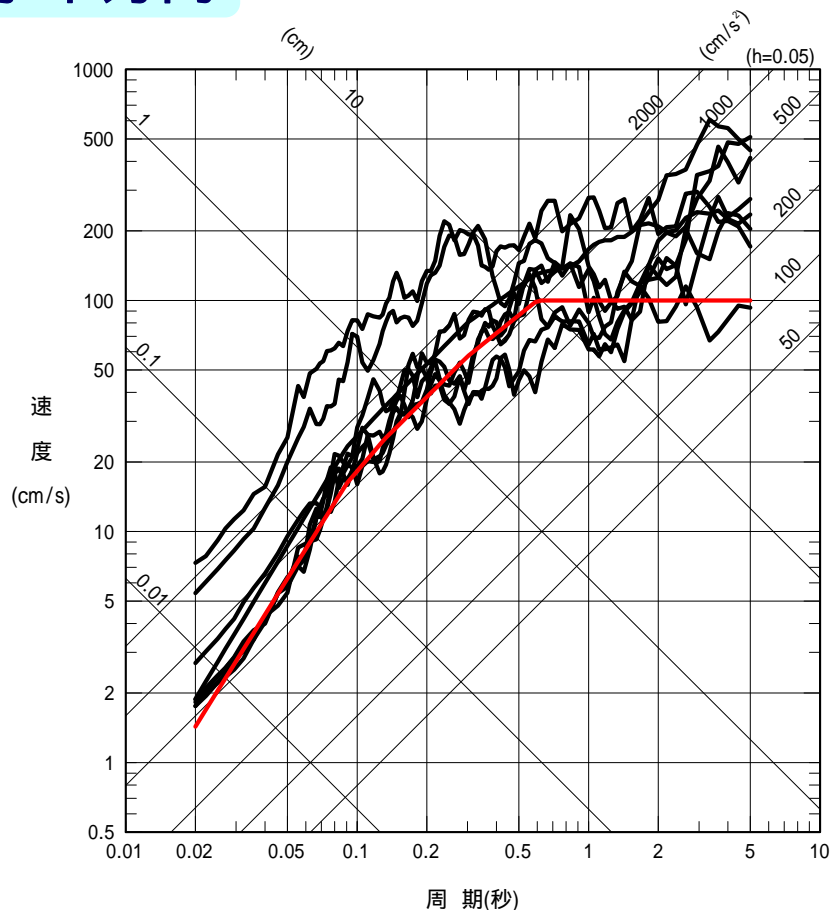
加藤ほか(2004)による震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録に基づく水平方向の応答スペクトル

## 2. 加藤ほか(2004)と基準地震動Ssの比較

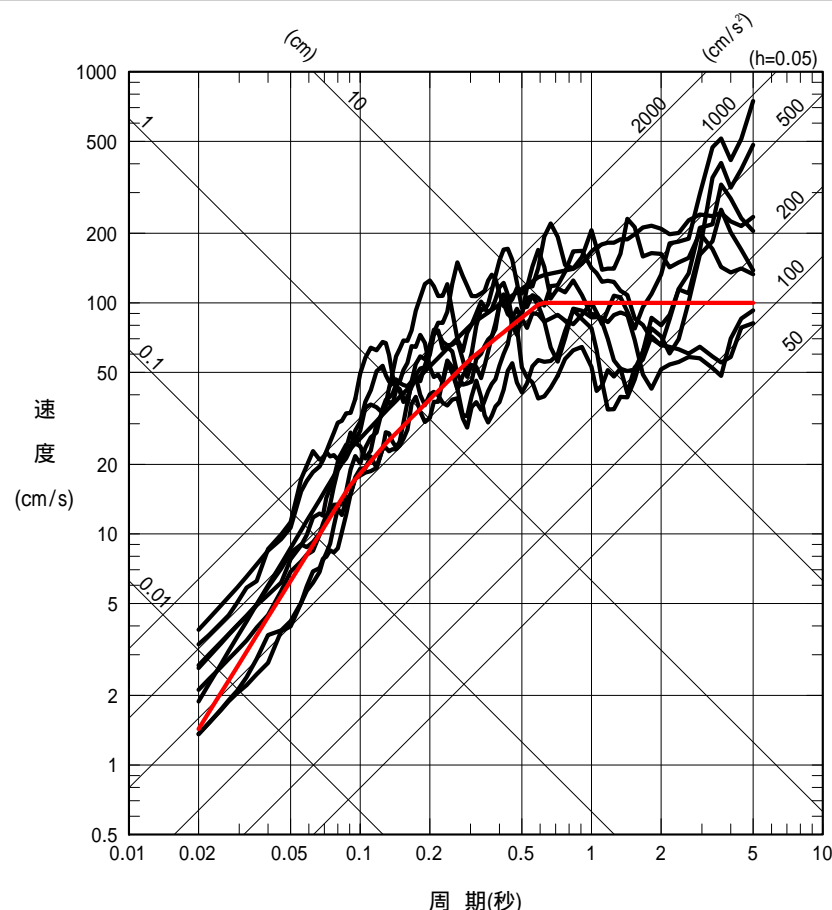
参考として、加藤ほか(2004)による応答スペクトルと、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動Ssの設計用応答スペクトルを比較。

### 水平方向

— 基準地震動Ss (Ss-1 ~ Ss-5)  
— 加藤ほか(2004)による応答スペクトル



荒浜側 (1 ~ 4号機)

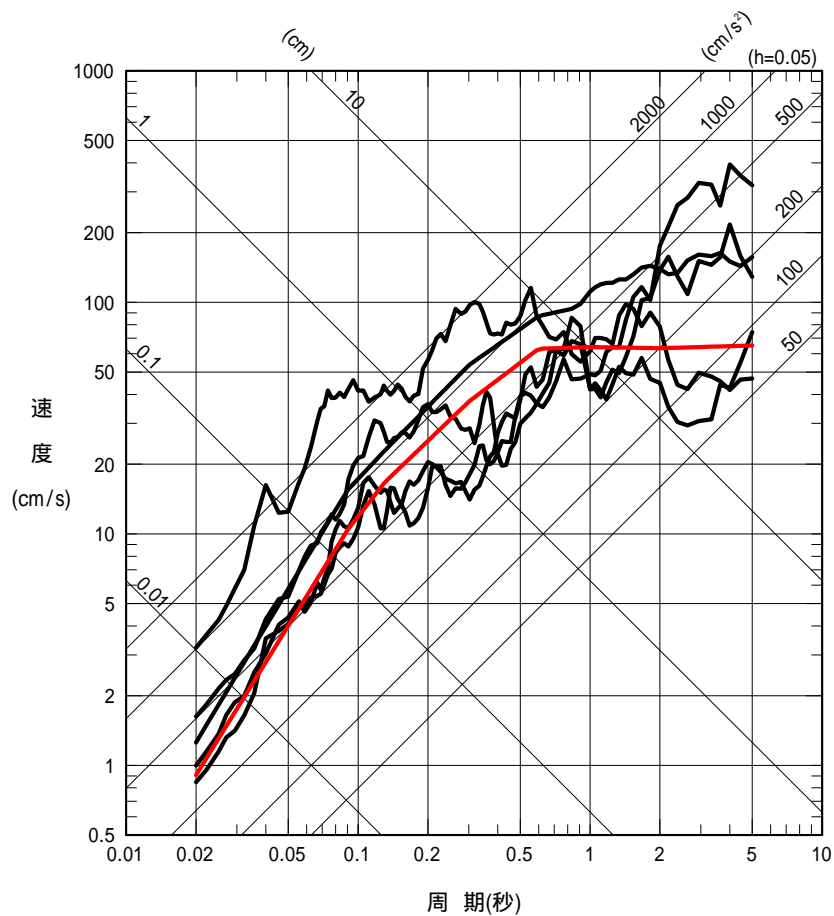


大湊側 (5 ~ 7号機)

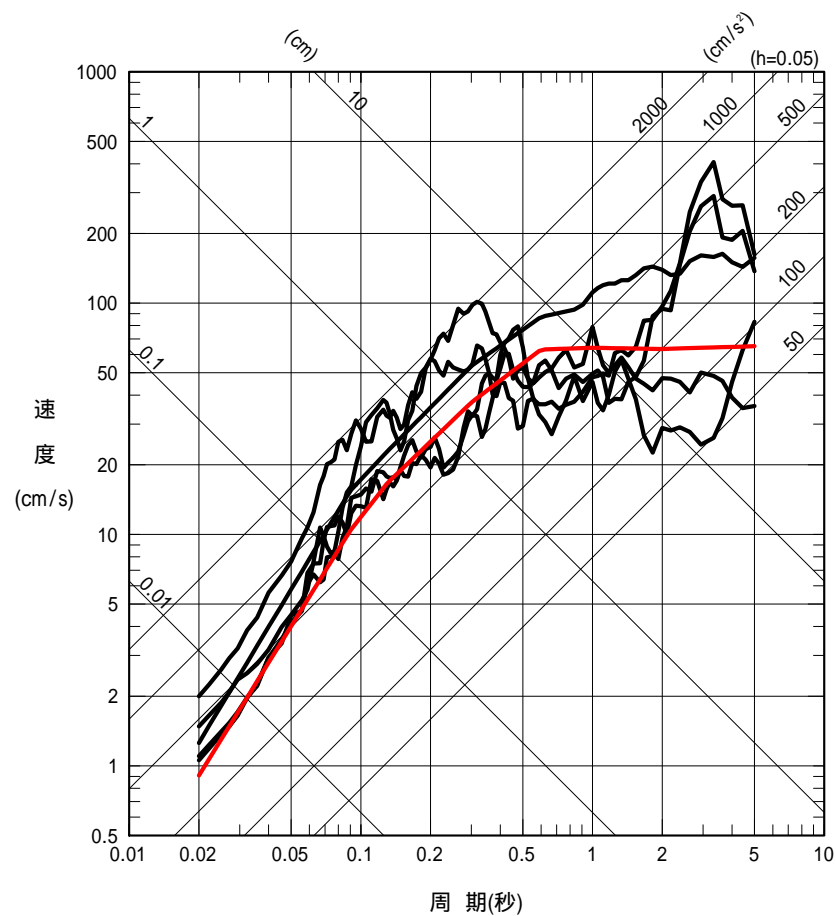
## 2. 加藤ほか(2004)と基準地震動Ssの比較

鉛直方向

— 基準地震動Ss (Ss-1 ~ Ss-5)  
— 加藤ほか(2004)による応答スペクトル



荒浜側 (1 ~ 4号機)



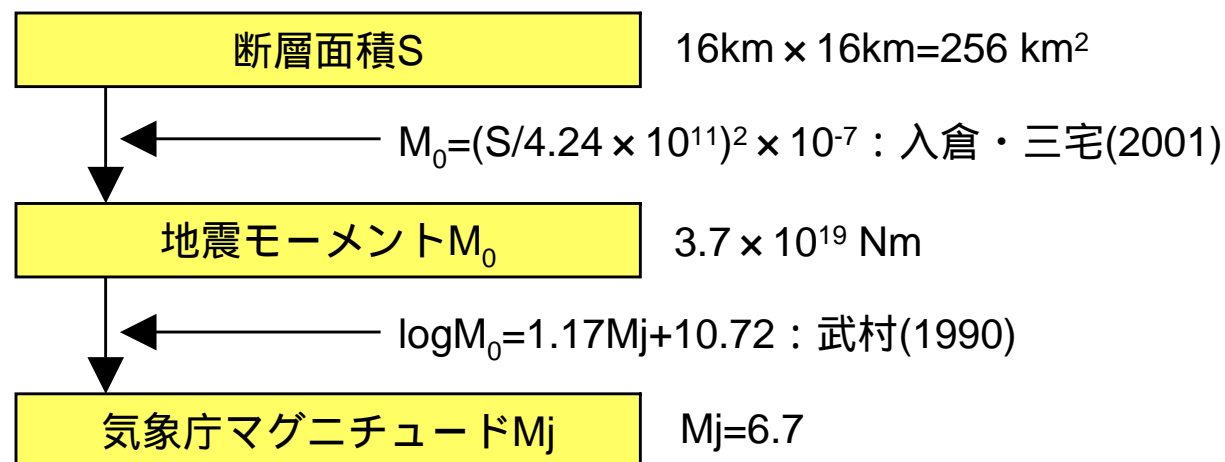
大湊側 (5 ~ 7号機)

### 3 . 地域性に関する検討（地震発生層から推定される地震規模）

震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は，地震発生層を飽和する震源断層による地震と考え，地震発生層の上端から下端まで広がる断層幅及びそれに等しい断層長さをもつ震源断層を仮定。

地震調査研究推進本部（2008）による強震動予測レシピによると，逆断層で断層の傾斜角に関する資料が得られない場合は，傾斜角45°が基本とされている。

➡地震発生層厚さ及び断層傾斜角より，断層長さ $L =$ 断層幅 $W = 16\text{ km}$ の震源断層を仮定。



震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は，M6.7に相当

### 3 . 地域性に関する検討（領域震源区分から推定される地震規模）

地震調査研究推進本部（2006）は、確率論的地震動予測地図の作成において、「震源を予め特定しにくい地震」を領域震源として考慮している。

敷地が位置する領域における「震源を予め特定しにくい地震」の最大規模は、1751年越後の地震のM7.2とされている。

一方、敷地周辺では半径30kmを目安として詳細な地質調査が実施されており、この地質調査の範囲内で過去に地震活動があった場合には、その痕跡が何らかの形で残ると考えられ、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」として評価可能と考えられる。

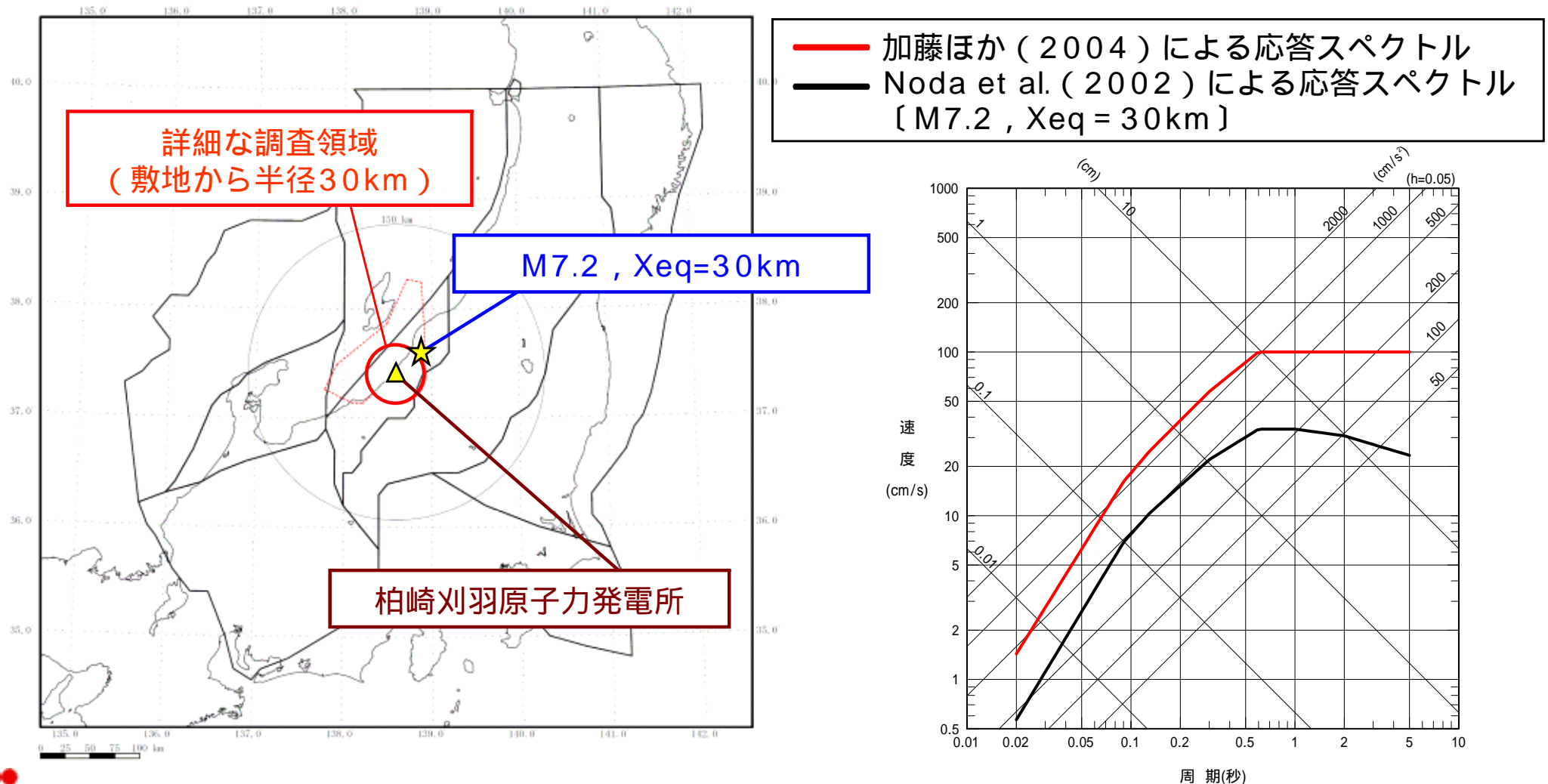


地質調査の範囲内において考慮すべき震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は、「地震発生層から推定される地震規模」において示したM6.7程度と考えられる。



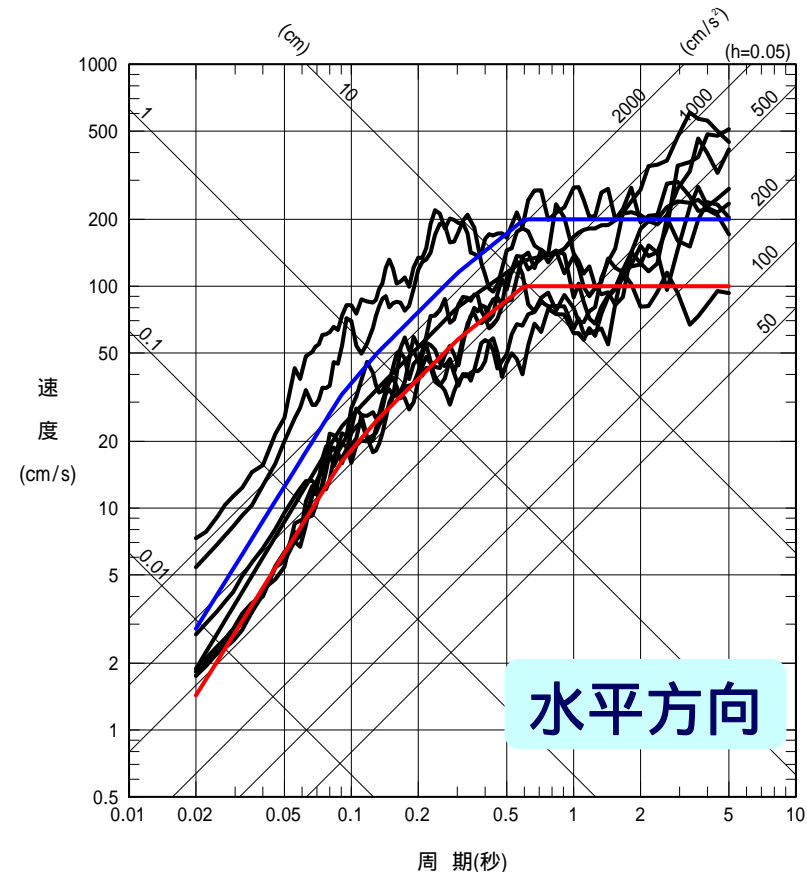
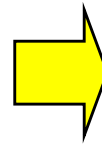
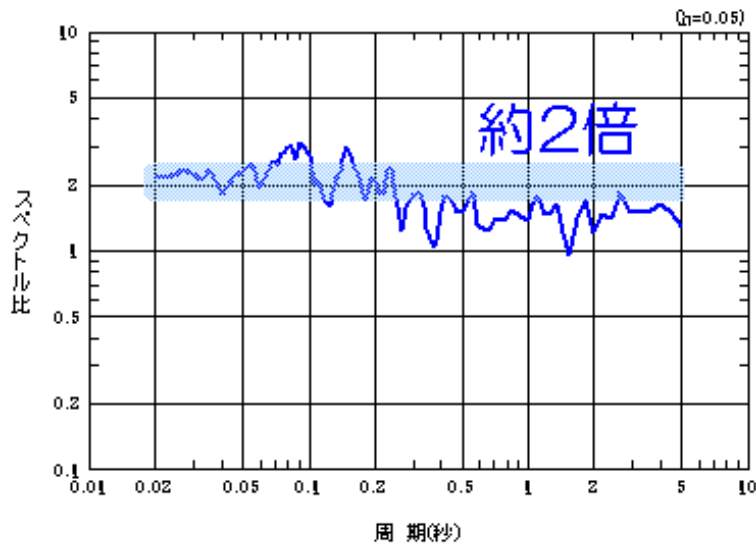
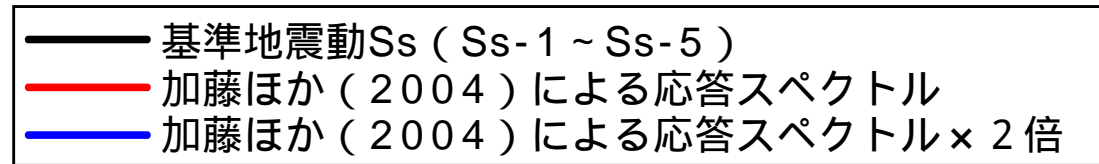
### 3 . 地域性に関する検討 (領域震源区分から推定される地震規模)

仮に, 1751年越後の地震と同規模 (M7.2) の地震が, 詳細な地質調査範囲の外縁である敷地から30kmの位置で発生することを想定した場合, Noda et al. (2002) による応答スペクトルの評価結果は, 加藤ほか (2004) による応答スペクトルを下回る。



### 3. 地域性に関する検討（補足）

仮に，加藤ほか（2004）による応答スペクトルに対して，中越沖地震本震における荒浜側と大湊側の地震動特性の相違を考慮した場合においても，「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動  $S_s$  のレベルを下回る。



中越沖地震本震における解放基盤波の比（荒浜側 / 大湊側）

荒浜側（1～4号機）

## 4 . まとめ

敷地周辺における震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は、M6.7程度であると考えられ、それを上回るような規模の震源と活断層とを関連付けることが困難な地震が発生する可能性は低いと考えられる。

一方、加藤ほか（2004）においては、M6.7を上回る規模の地震をスペクトル設定時の検討対象に加えていることから、加藤ほか（2004）による応答スペクトルは、柏崎刈羽サイト周辺における「震源を特定せず策定する地震動」のレベルとして、地域性を適切に考慮したものであると考えられる。

加藤ほか（2004）による応答スペクトルは、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動 $S_s$ のレベルを下回る。



「震源を特定せず策定する地震動」による基準地震動 $S_s$ は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」による基準地震動 $S_s$ （ $S_s-1 \sim S_s-5$ ）で代表させる。

---

地震ハザード評価について  
( 基準地震動 $S_s$ との比較 )

# 【ご説明内容】

## 背景

「新潟県中越沖地震を踏まえ原子力発電所等の耐震安全性に反映すべき事項に関する原子力安全委員会への報告及び原子力事業者等への通知について（平成20年9月4日原子力安全・保安院）」では、「検討用地震による地震動の評価における震源モデルの不確かさの考慮について」の中で、「不確かさの考慮は、将来的には確率論的評価手法による結果も利用して実施することが考えられるが、現時点では耐震設計審査指針においても確率論的評価手法による確率値は地震動等の判断基準として採用しておらず、超過確率を参照するという位置づけになっている。このため、不確かさを考慮して策定された基準地震動の超過確率を参照することとする。」とされている。また、「超過確率を参照する際には炉心損傷頻度  $10^{-4}$  回/年程度、格納容器機能喪失頻度  $10^{-5}$  回/年程度を施設のフラジリティも考慮しつつ参考にすることが考えられる。」とされている。

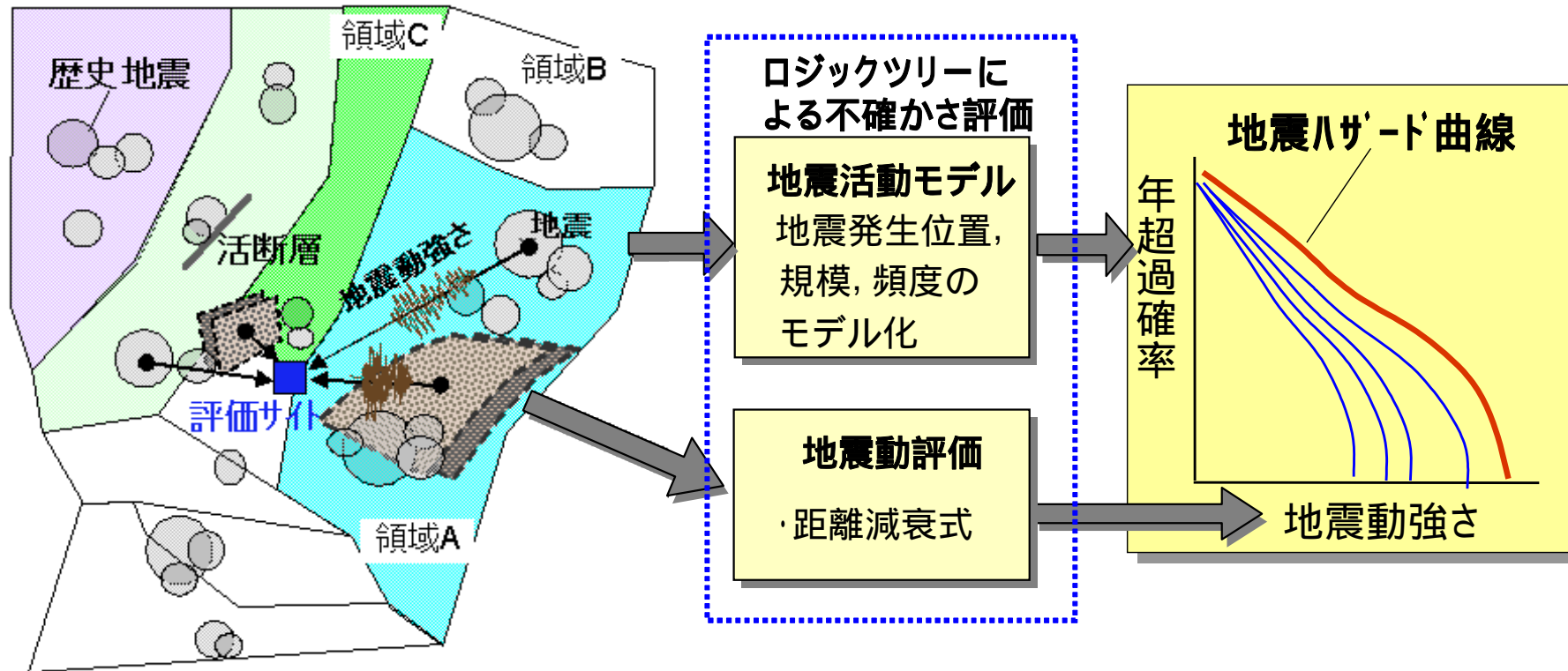
## 目的

地震動の確率論的な不確かさの検証を目的として地震ハザード評価を実施し、策定した基準地震動  $S_s$  がどの程度の超過確率に相当しているか評価する。

# 【ご説明内容】

## 地震ハザード評価手法の概要

(サイト周辺の地震活動モデルの設定)



地震ハザード：解放基盤表面での地震動の大きさ（最大加速度等）と1年間にそれを超える地震動が発生する確率、即ち、年超過確率等の関係を評価したもの。

# 1 . 地震活動モデル

---

## 特定震源の設定の考え方

原子力学会標準（2007）に基づき、サイトから150km程度の範囲を考慮する。

サイトから30km程度の範囲内は、地質調査結果に基づき設定する。

サイトから30km程度以遠については、地震調査研究推進本部の評価を加えて設定する。

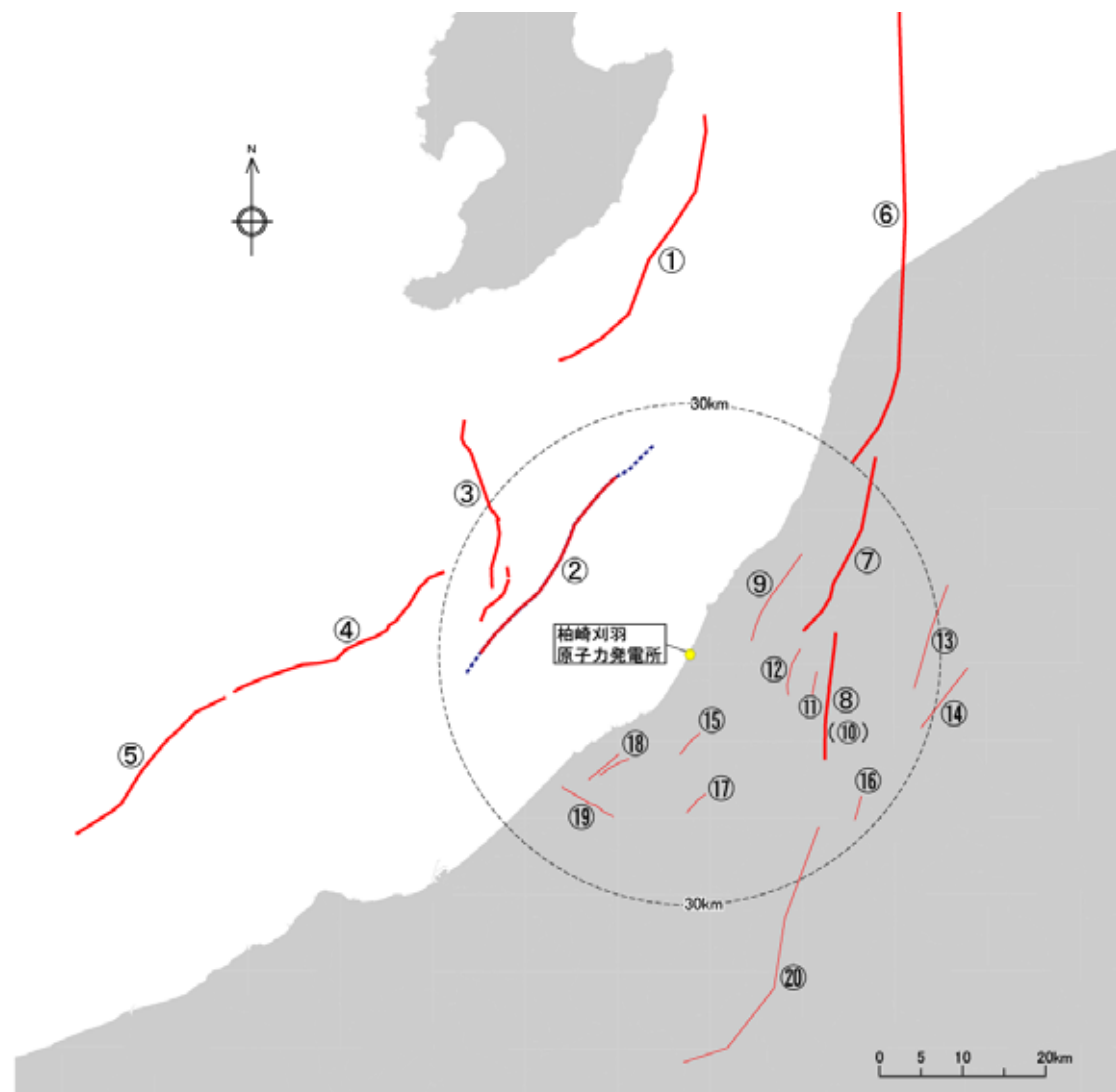
## 発生確率の考え方

平均活動間隔は、調査等によりイベントの年代推定結果から算定されたものについては、その結果に基づく。それ以外のものについては、活動度から推定した平均変位速度と地震規模から推定した単位変位量に基づき算定する。

確率モデルは、調査等により最新活動時期が推定されたものについては、更新過程を考慮したBPT分布を用い、それ以外はポアソン分布を用いる。

# 1. 地震活動モデル

## 特定震源：地質調査結果に基づく



### 海域の活断層

佐渡島棚東縁部断層

F - B断層

佐渡島南方断層

F - D断層

高田沖断層

### 陸域の活断層

角田・弥彦断層

気比ノ宮断層

片貝断層

中央丘陵西縁部断層

上富岡断層

親沢断層

渋海川向斜部のリニアメント

悠久山断層

半蔵金付近のリニアメント

柏崎平野東縁のリニアメント

山本山断層

水上断層

上米山断層

雁海断層

十日町盆地西縁断層





# 1. 地震活動モデル

## 特定震源：考慮する震源の諸元

地震調査研究推進本部の調査等により推定した値

地震規模と活動度から算定した値

### 地質調査結果に基づく

特定震源の名称	マグニチュード M	等価震源距離 X <sub>eq</sub> (km)		平均活動 間隔 (年)	発生確率 モデル
		荒浜側	大湊側		
佐渡島棚東縁部断層	7.4	55	53	5500	ポアソン
F - B断層	6.8(7.0)	13	13	1000	BPT分布
佐渡島南方断層	7.3	26	25	4700	ポアソン
F - D断層	7.3	38	39	4700	ポアソン
高田沖断層	7.2	59	60	4100	ポアソン
F - D断層及び高田沖断層(全長)	7.7	41	43	7900	ポアソン
角田・弥彦断層	7.7	51	49	2450	BPT分布
気比ノ宮断層	7.1	21	20	2450	BPT分布
片貝断層	6.8	14	14	2450	BPT分布
長岡平野西縁断層帯	8.1	25	25	2450	BPT分布
悠久山断層	6.8	27	26	5800	ポアソン
半蔵金付近のリニアメント	6.8	25	25	2300	ポアソン
柏崎平野南東縁のリニアメント	6.8	15	16	2300	ポアソン
山本山断層	6.8	21	21	2300	ポアソン
水上断層	6.8	15	16	2300	ポアソン
上米山断層	6.8	17	18	2300	ポアソン
雁海断層	6.8	17	18	2300	ポアソン
十日町盆地西縁断層	7.4	32	33	2500	ポアソン

### 地震調査研究推進本部に基づく

特定震源の名称	マグニチュード M	等価震源距離 X <sub>eq</sub> (km)		平均活動 間隔 (年)	発生確率 モデル	
		荒浜側	大湊側			
会津盆地西縁断層帯	7.4	105	104	8600	BPT分布	
会津盆地東縁断層帯	7.7	120	120	16000	ポアソン	
櫛形山脈断層帯	6.9	99	98	4500	BPT分布	
月岡断層帯	7.3	67	66	7500	BPT分布	
関谷断層	7.5	110	110	3350	BPT分布	
平井 - 櫛挽断層帯	7.1	144	145	7000	ポアソン	
十日町断層帯東部	6.9	40	41	6000	ポアソン	
長野盆地西縁断層帯	7.7	74	76	1650	BPT分布	
糸魚川 - 静岡構造線断層帯(北部・中部)	Mw7.4	181	182	1000	BPT分布	
呉羽山断層帯	7.3	151	152	4000	ポアソン	
魚津断層帯	7.4	201	202	8000	ポアソン	
秋田県沖 (2つの断層面 が等確率(1/2) で発生)	東傾斜	7.5	258	257	1000	ポアソン
	西傾斜	7.5	258	257	1000	
山形県沖	7.7	172	170	1000	BPT分布	
新潟県北部沖	7.5	117	116	1000	BPT分布	
佐渡島北方沖 (6つの断層面 が等確率(1/6) で発生)	東傾斜	7.8	233	231	750	ポアソン
		7.8	198	196	750	
		7.8	148	147	750	
	西傾斜	7.8	233	231	750	
		7.8	198	196	750	
		7.8	148	147	750	

F - B断層のマグニチュードは中越沖地震の震源断層から、入倉・三宅(2001)及び武村(1998)のスケーリングに基づき断層長さ34kmの震源断層に相当する地震規模Mを設定。その他の断層は、松田(1975)に基づき設定。

# 1 . 地震活動モデル

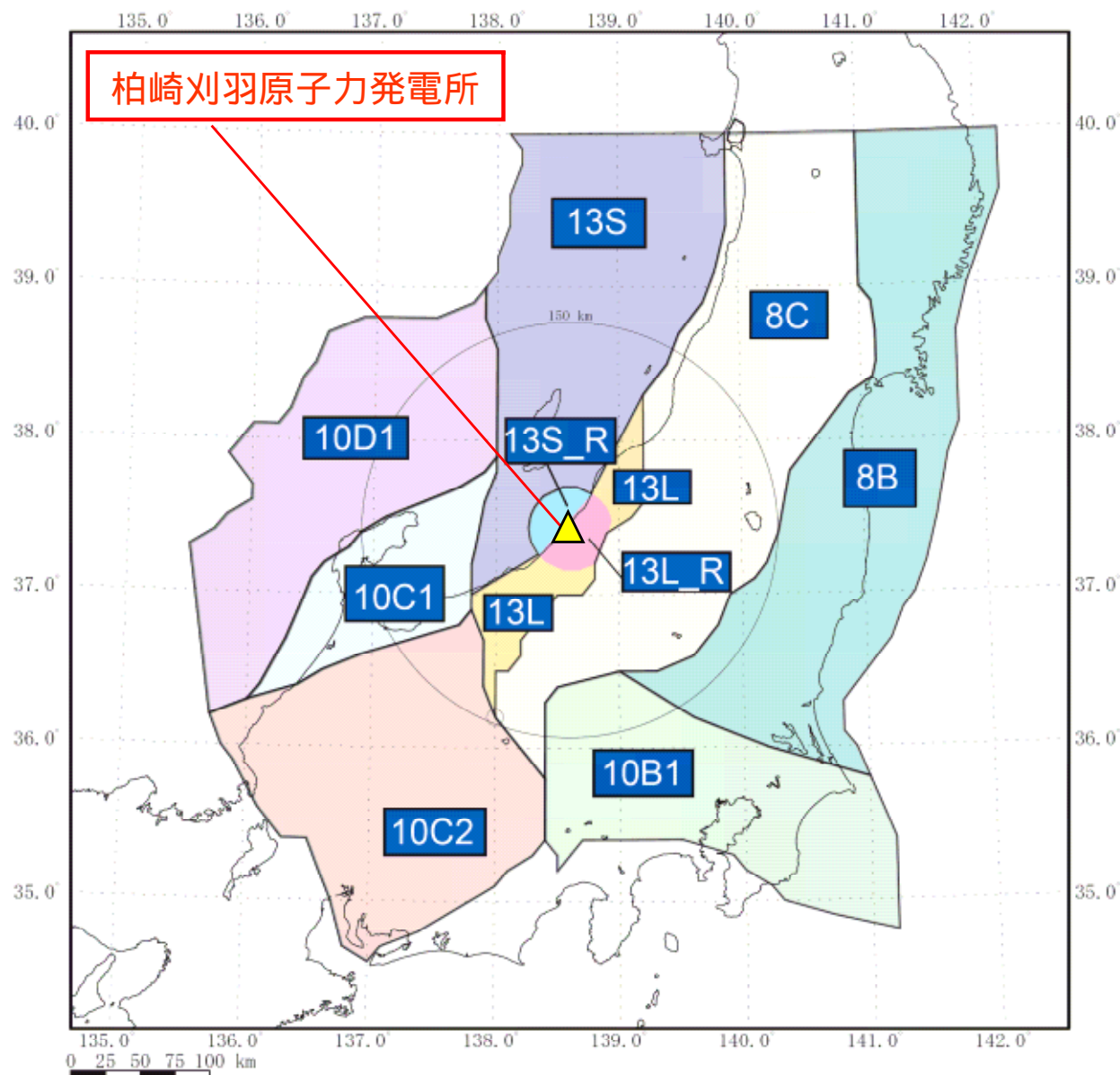
## 領域震源

### 領域震源の設定の考え方

原子力学会標準（2007）に基づき、サイトから150kmの範囲について垣見・他（2003）を参照し、領域を抽出する。

日本海東縁部に相当する領域13については、海域と陸域に分割する。

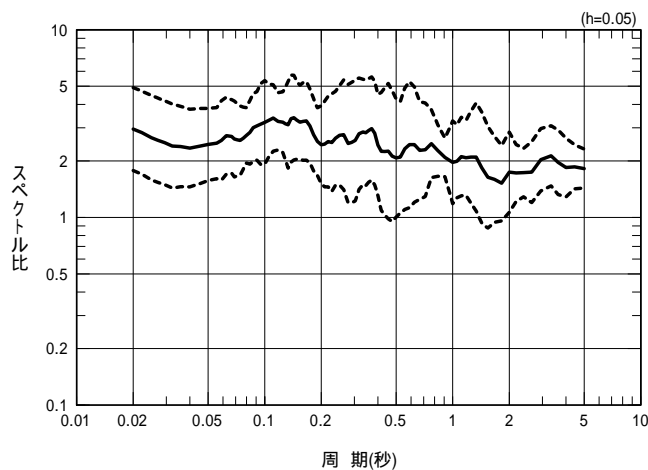
敷地から30km以内の地質調査領域を個別に設定する。



## 2 . 距離減衰式による評価

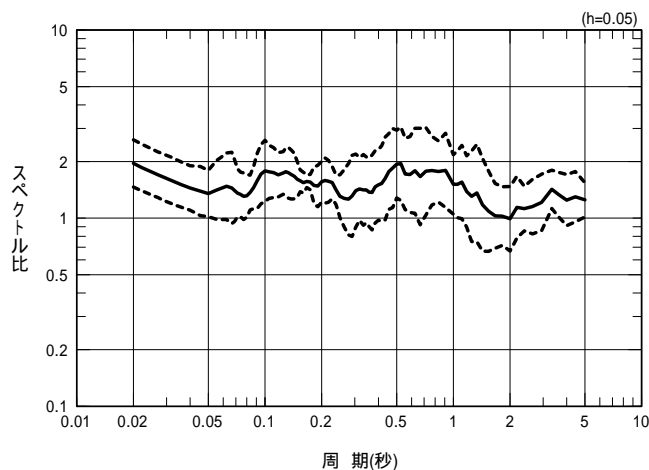
### Noda et al.(2002)に基づく

- ・ 海域と陸域の補正係数を考慮
- ・ 荒浜側と大湊側で個別に評価



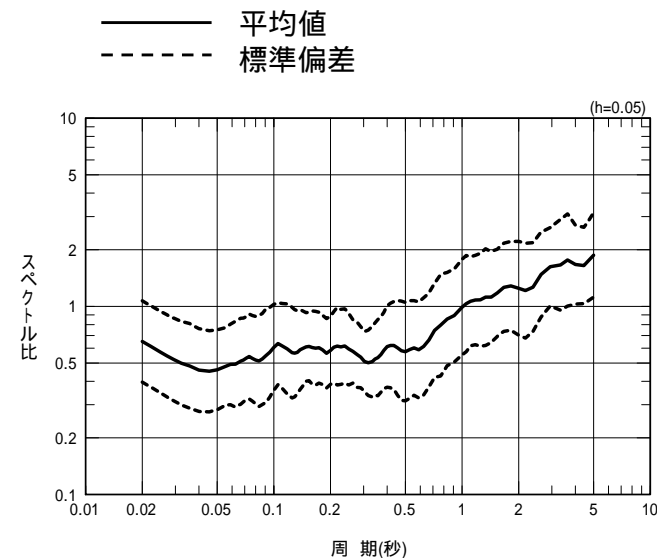
#### 海域の補正係数（荒浜側）

該当する活断層  
 佐渡島棚東縁断層  
 F - B断層  
 佐渡島南方断層  
 F - D断層  
 高田沖断層



#### 海域の補正係数（大湊側）

該当する活断層  
 佐渡島棚東縁断層  
 F - B断層  
 佐渡島南方断層  
 F - D断層  
 高田沖断層

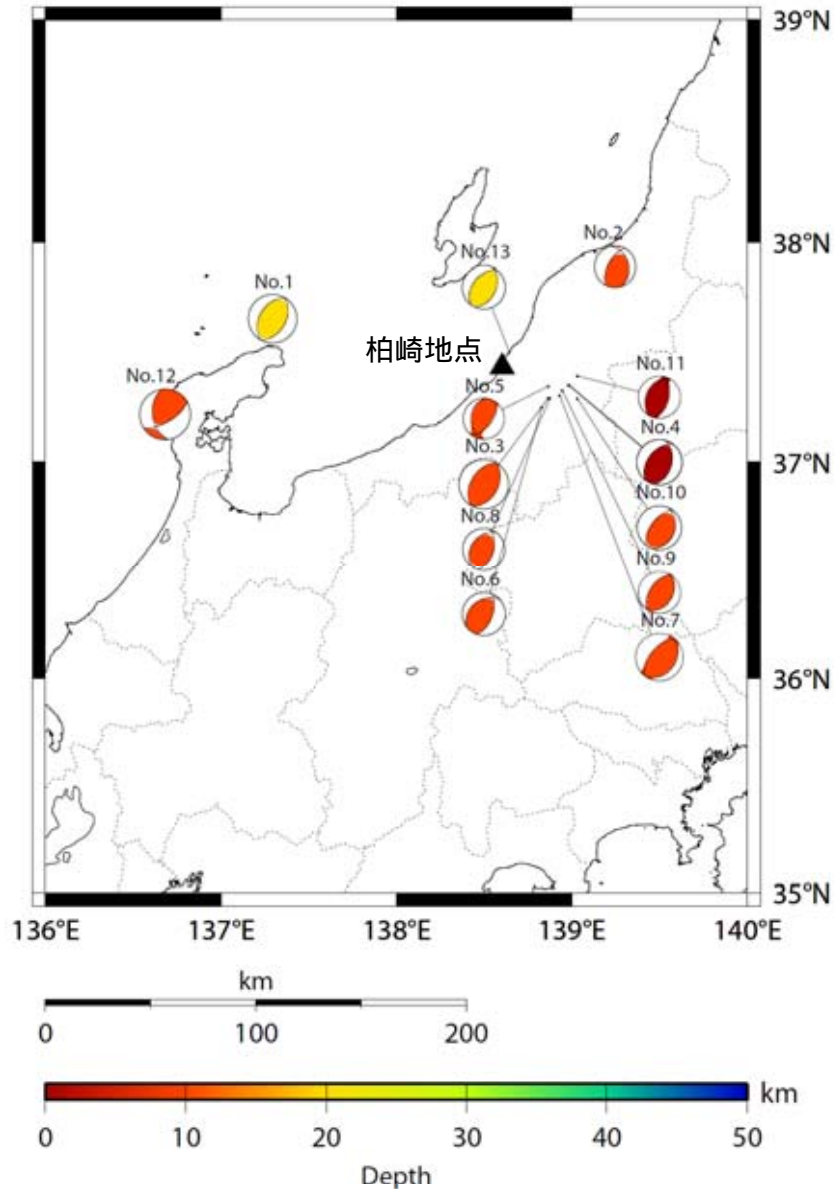


#### 陸域の補正係数 （荒浜側・大湊側共通）

該当する活断層  
 片貝断層  
 気比ノ宮断層  
 角田・弥彦断層  
 長岡平野西縁断層帯  
 十日町盆地西縁断層  
 その他の陸域の活断層

## 2. 距離減衰式による評価

## - 補正係数の算定に用いた地震記録 -



注)メカニズム解は、No.1, No.2はHarvard大,  
No.3以降はF-netによる。

No.	発震月日	地震規模	最大加速度 (Gal)	
			荒浜側	大湊側
1	1993. 02. 07 22: 27	6.6	20.6 26.0	13.5 17.3
2	1995. 04. 01 12: 49	5.6	4.8 3.7	5.8 5.4
3	2004. 10. 23 17: 56	6.8	-	52.8 84.7
4	2004. 10. 23 18: 03	6.3	-	30.6 41.1
5	2004. 10. 23 18: 07	5.7	-	16.7 16.4
6	2004. 10. 23 18: 11	6.0	-	28.8 60.3
7	2004. 10. 23 18: 34	6.5	-	62.0 123.5
8	2004. 10. 23 19: 45	5.7	13.7 19.8	17.1 16.8
9	2004. 10. 25 06: 04	5.8	25.1 36.2	21.6 43.3
10	2004. 10. 27 10: 40	6.1	28.8 39.2	28.7 56.0
11	2004. 11. 08 11: 15	5.9	8.0 10.7	10.8 15.0
12	2007. 03. 25 09: 41	6.9	51.5 34.4	19.4 13.9
13	2007. 07. 16 15: 37	5.8	190.1 241.0	265.4 251.0

注 1) 最大加速度は上段がNS成分, 下段がEW成分 (解放基盤表面)

2) 最大加速度の数値の右側の記号は、  
は海域の補正係数の算定に用いた地震  
は陸域の補正係数の算定に用いた地震

3) 陸域の補正係数は、荒浜側(5地震)と大湊側(10地震)の平均

### 3 . ロジックツリーの構築

## ロジックツリーにおける分岐の例

#### 特定震源の不確かさ

セグメンテーションの考慮

長岡平野西縁断層帯  
片貝断層  
気比ノ宮断層  
角田・弥彦断層

傾斜角の設定

長岡平野西縁断層帯  
50°  
35°

アスペリティ位置の設定

長岡平野西縁断層帯  
中央  
至近  
遠方

地震規模の設定

F-B断層  
M6.8  
M7.0

#### 領域震源の不確かさ

発生最大規模の設定

歴史地震の最大規模を参照  
誤差範囲の最小値  
誤差範囲の中央値  
誤差範囲の最大値

発生頻度の設定

中小地震カタログを参照し、グーテンベルグ - リヒター式より設定  
地震調査研究推進本部の評価値

#### 距離減衰式の不確かさ

補正係数の設定

陸域の補正係数  
観測記録による補正考慮  
観測記録による補正なし

ばらつきの設定

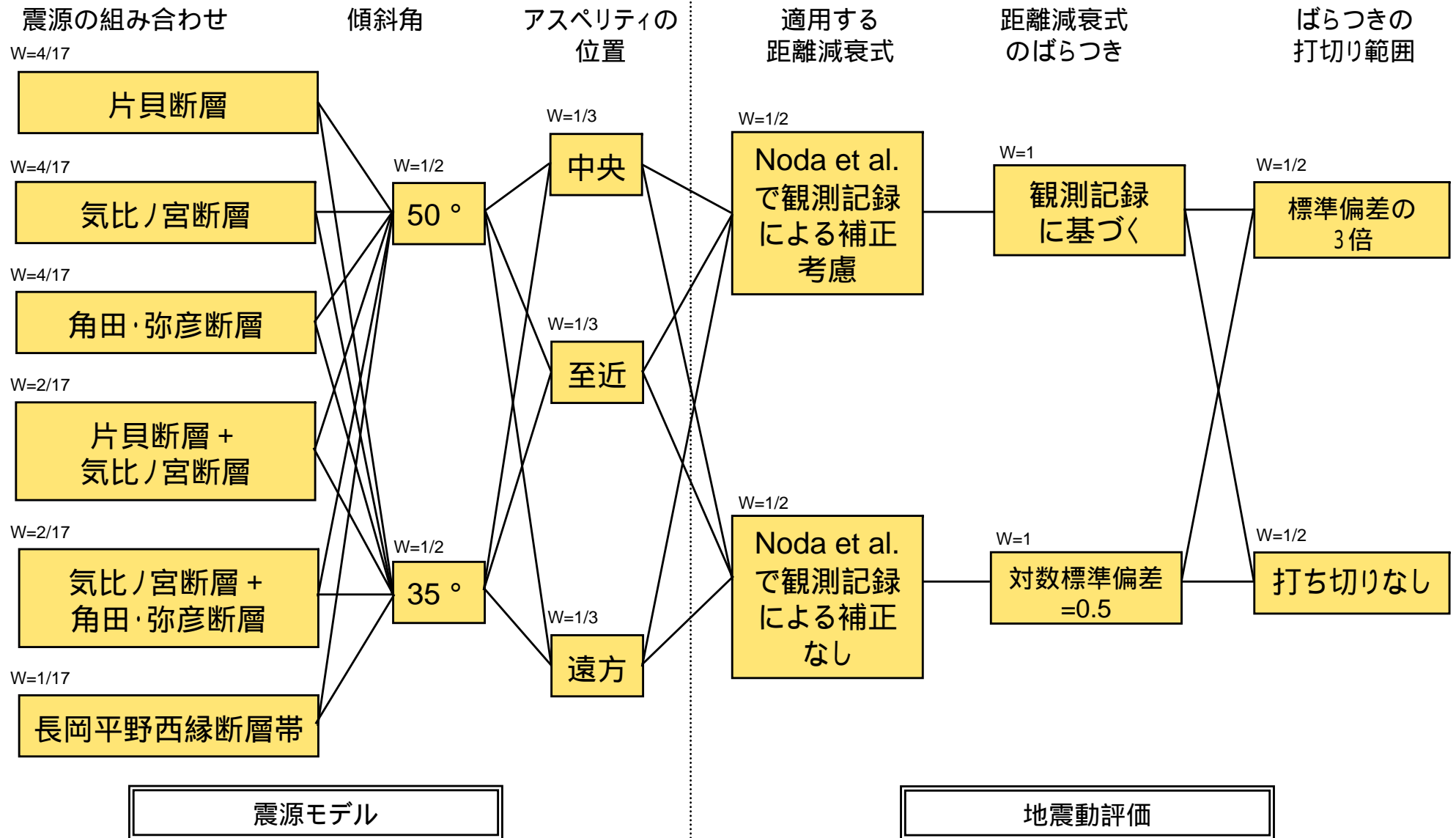
陸域の補正係数  
観測記録に基づくばらつき  
対数標準偏差 = 0.5

ばらつきの打ち切りの設定

標準偏差の3倍  
打ち切りなし

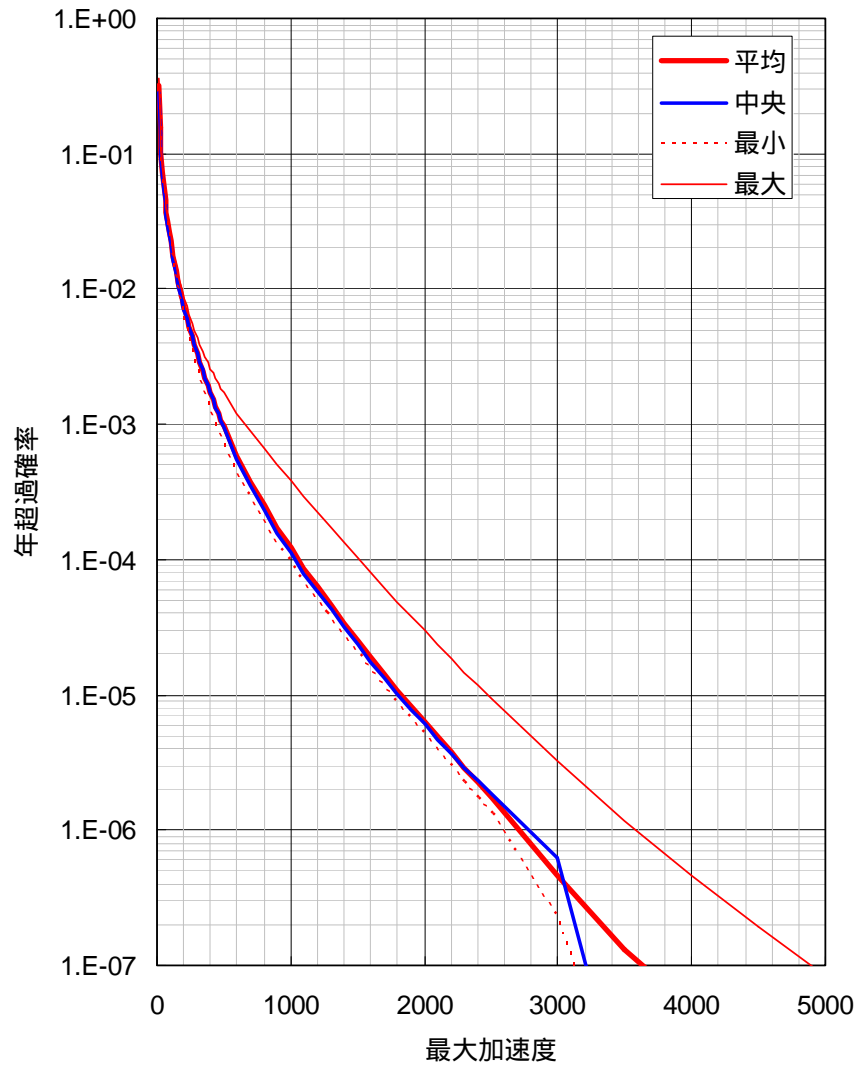
# 3 . ロジックツリーの構築

## 長岡平野西縁断層帯の例

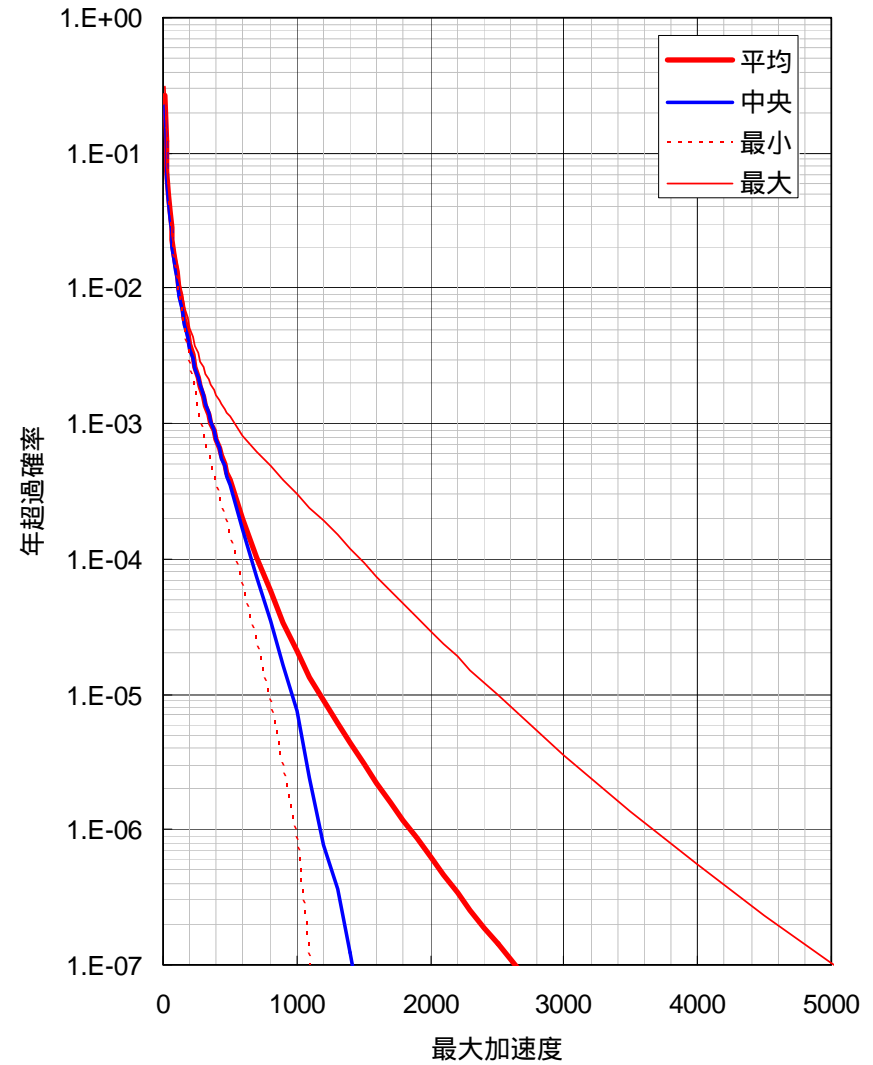


# 4 . 地震ハザード評価結果

## フラクタイルハザード曲線



荒浜側

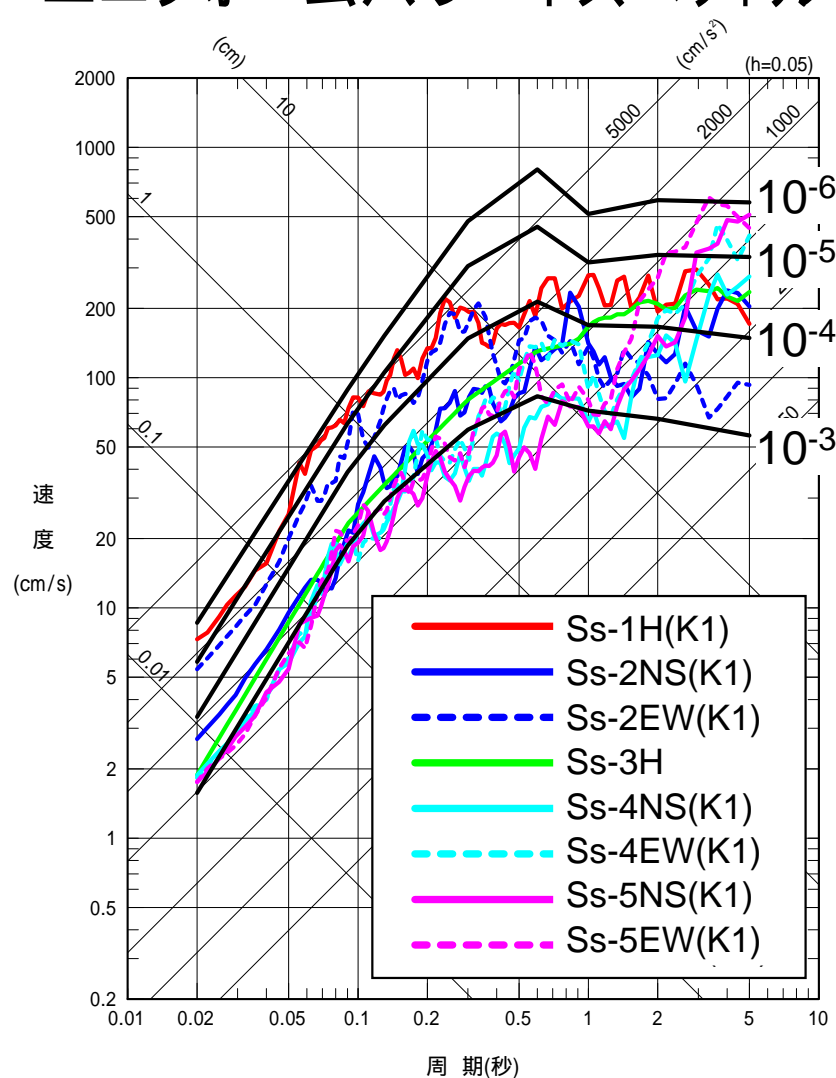


大湊側

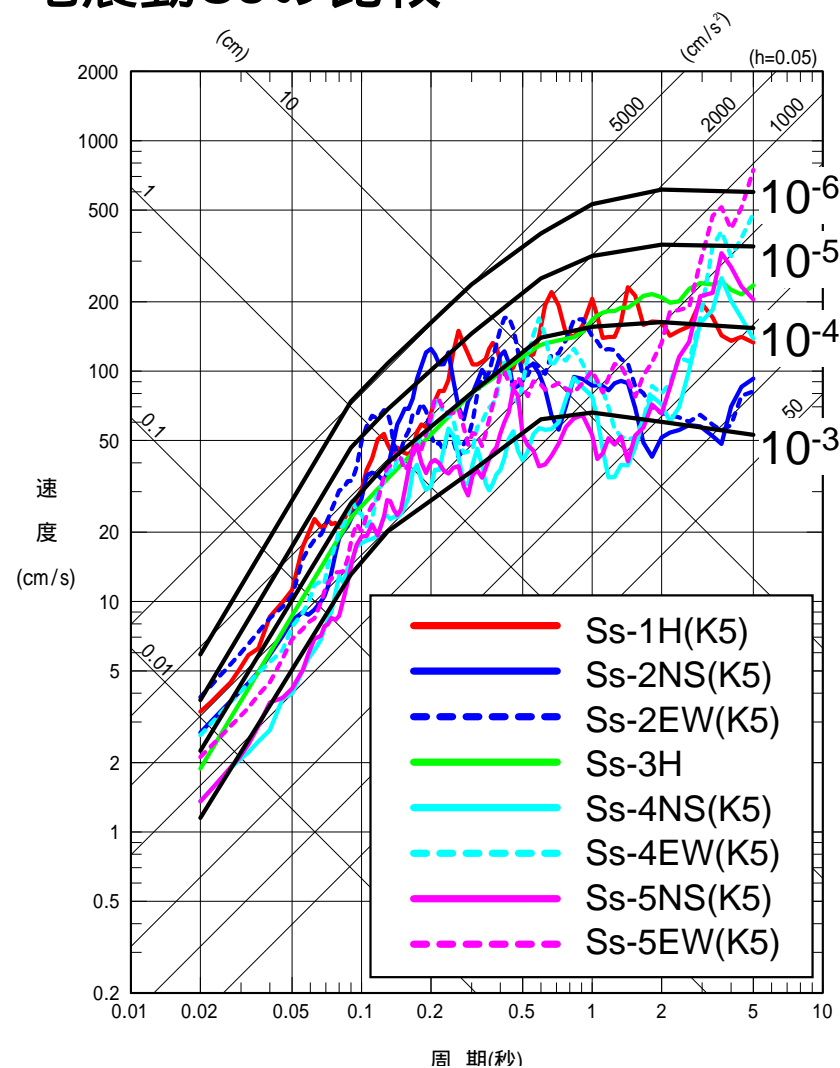


# 4 . 地震ハザード評価結果

## ユニフォームハザードスペクトルと基準地震動Ssの比較



荒浜側



大湊側

(ユニフォームハザードスペクトルは平均フラクタイルハザードに基づいた評価)

## 5 . まとめ

---

柏崎刈羽原子力発電所における地震ハザード評価を実施した。

地震活動モデルは，特定震源として活断層による地震や地震調査研究推進本部による固有地震などを考慮し，領域震源として垣見・他（2003）を参考に設定した。

距離減衰式はNoda et al.(2002)に基づき，中越沖地震に対する分析結果を反映して海域と陸域の補正係数を採用した。

地震活動モデルの不確かさや距離減衰式の不確かさ等を考慮してロジックツリーを作成し，フラクタイルハザード曲線とユニフォームハザードスペクトルを評価した。

その結果，ユニフォームハザードスペクトルと基準地震動 $S_s$ を比較すると，基準地震動 $S_s$ は年超過確率で $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であった。