

大間原発建設差止等請求訴訟
11月6日 第21回口頭弁論期日

震源を特定せず策定する地震動 (隠れ断層による地震動)



原告訴訟代理人弁護士 只野 靖

・地震動

各地点での大地の揺れ

変位(センチ)

速度(カイン)

加速度(ガル)

・地震

地下の岩石破壊

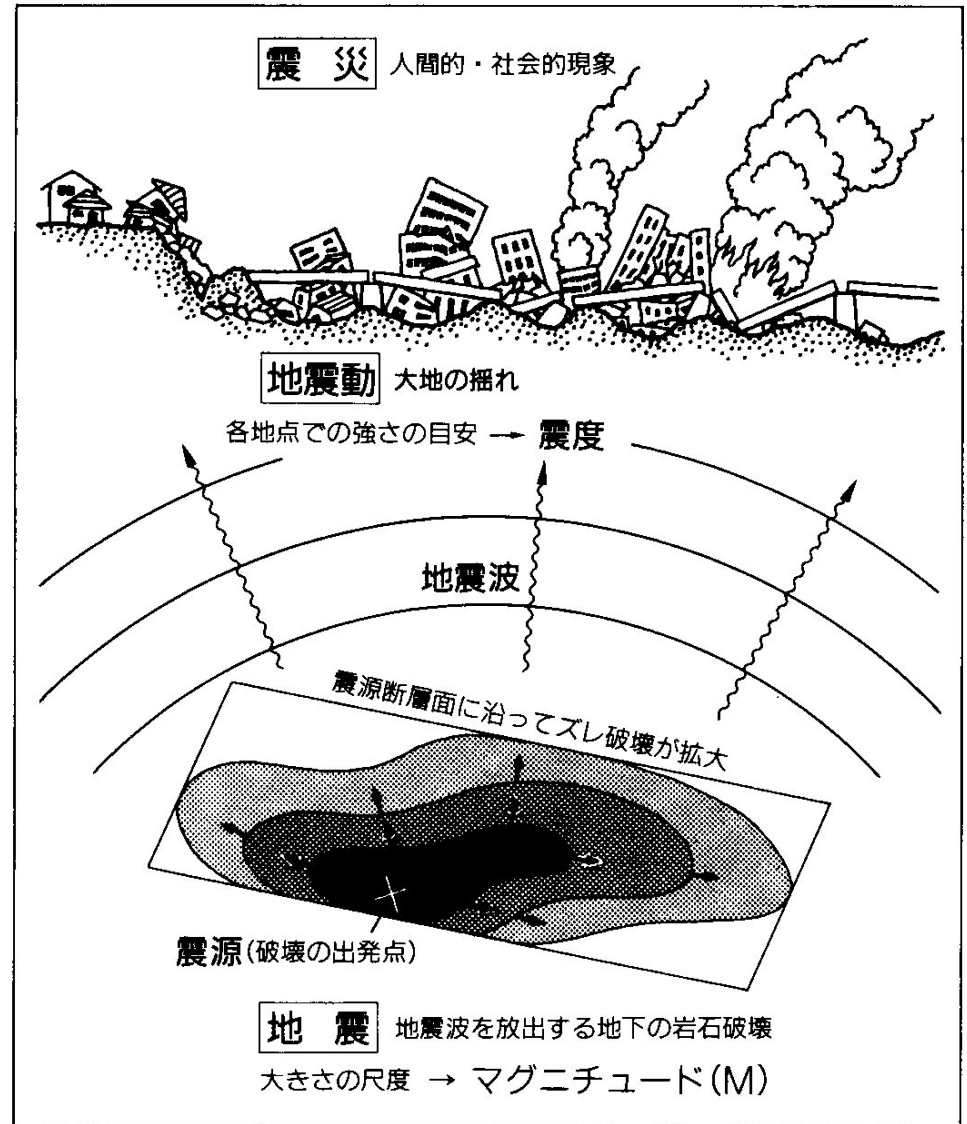
気象庁マグニチュード(Mj)

モーメントマグニチュード
(Mw)

地震モーメント(Mo)

応力降下量(Mpa)

ディレクティビティ



石橋克彦(1997)

基準地震動の重要性

- ア 原子炉設置許可は、「発電用原子炉施設の位置，構造及び設備が核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること。」（「4号要件」原子炉等規制法43条の3の6第1項4号）。
- イ 「耐震重要施設は，その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力（以下「**基準地震動**による地震力」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。」（**实用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則**（「設置許可基準規則」）第4条3項）
- ウ 「重大事故等対処施設」は，「**基準地震動**による地震力に対して」，「重大事故に至るおそれがある事故」ないし「重大事故」に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること」（設置許可基準規則39条1項，3項，4項）

基準地震動の重要性

設置許可基準規則の解釈別記2(第4条地震による損傷の防止)5項

- 5 第4条第3項に規定する『**基準地震動**』は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものとし、次の方針により策定すること。
 - 一 **基準地震動**は、「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」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。
 - 三 上記の「震源を特定せず策定する地震動」は、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について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定すること。」

震源を特定せず策定する地震動

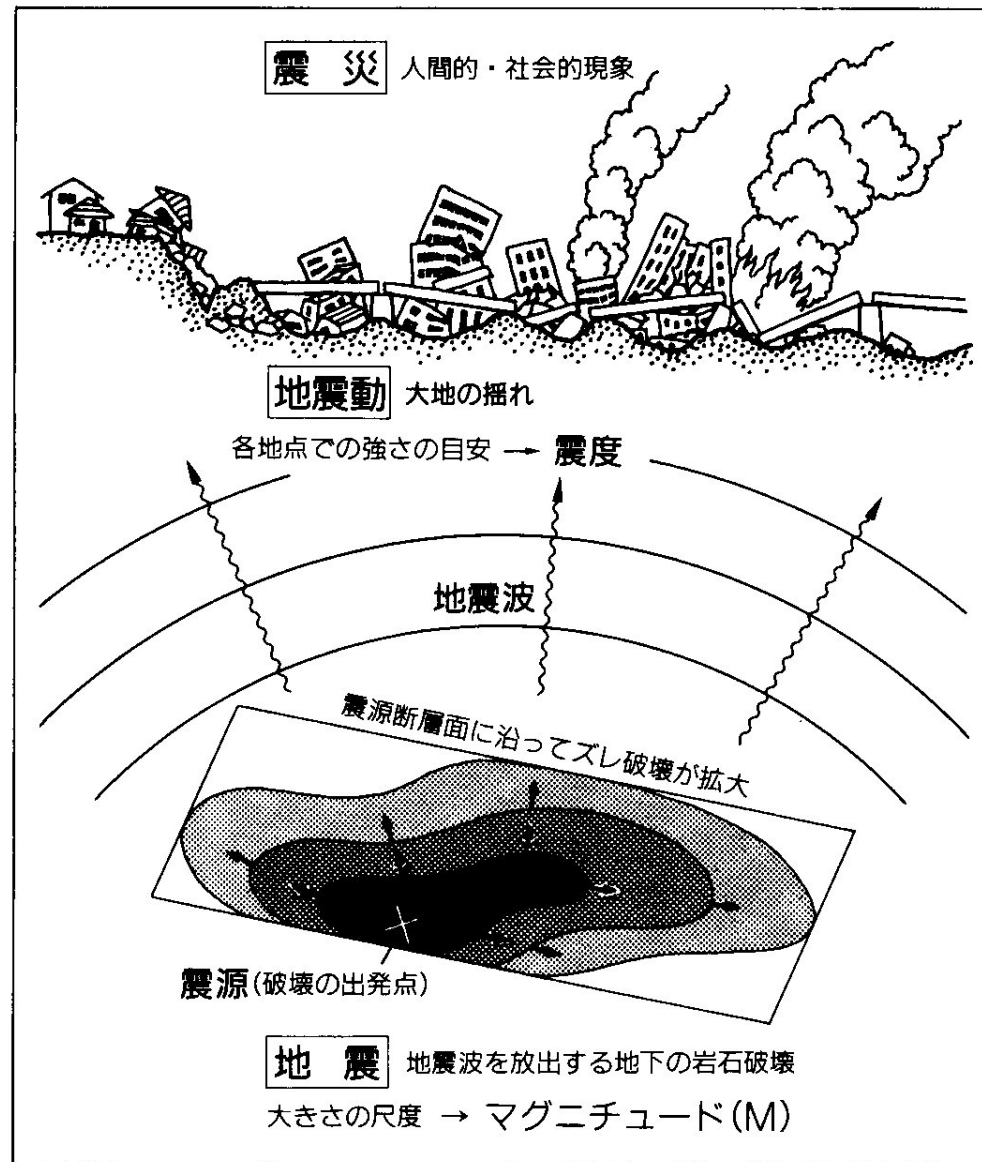
- 敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果にかかわらず、全ての敷地(対象サイト)において共通的に考慮すべき地震動であると意味付けた地震動
- 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を相補的に考慮することによって、敷地で発生する可能性のある地震動全体を考慮した地震動として策定されていること。

震源を特定して策定する 地震動

- ・内陸活断層地震
- ・プレート間地震
- ・プレート内地震

震源を特定せず策定する 地震動

= 隠れ断層による地震動



石橋克彦(1997)

地震動審査ガイドの16地震の例示

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

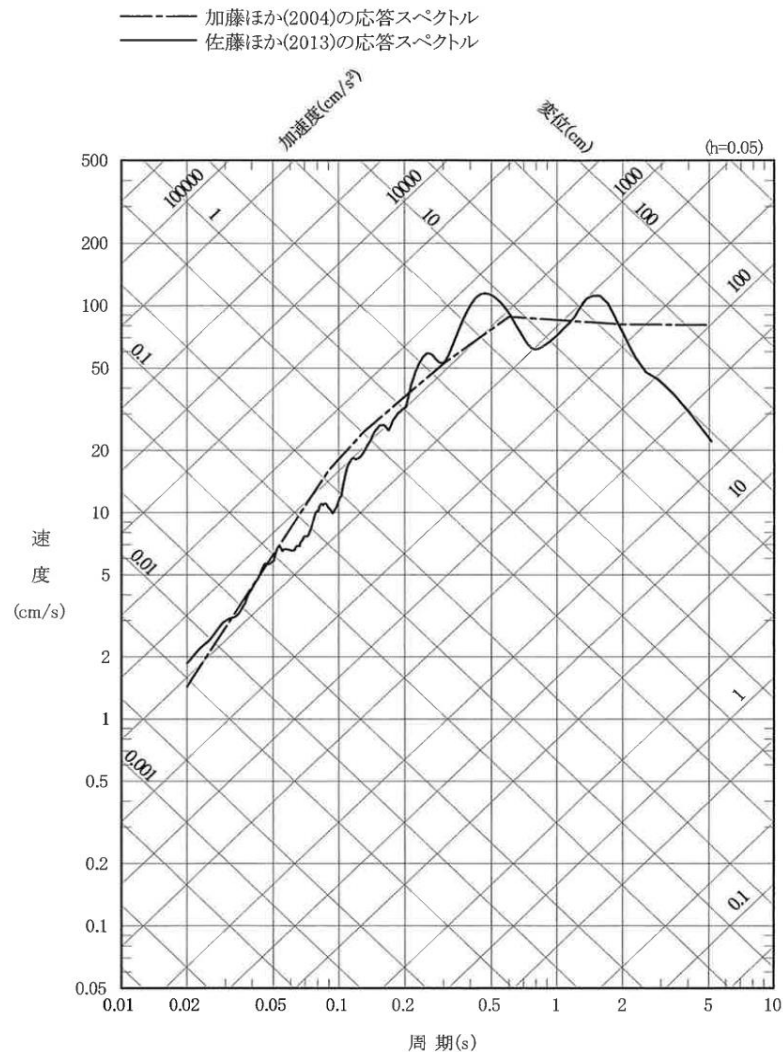
No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

ア 加藤ほか(2004)による応答スペクトル

イ 地震動審査ガイドが
あげる16地震のうち、2
004年北海道留萌支庁
南部地震に係る佐藤ほ
か(2013)の応答スペク
トル

→地震動審査ガイドの
要求を満たしていない

電源開発準備書面4, 61頁~69頁



図表 2-2-28
震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル
(水平動)

〔丙F第4号証(6-5-148頁)を基に作成した。〕

藤原広行 防災科学技術研究所・社会防災システム研究領域長

「『審査ガイドの考え方と違う』

『原発を襲う可能性がある揺れの『全体』を考えて基準地震動を決める』という規定が生かされていない。

『過去の揺れをほとんどそのまま基準地震動にするだけでは、今後、より強い(隠れ断層の)揺れが出るのはほぼ確実。『襲い得る揺れ全体』を考えたとは言えない』

『襲い得る揺れとして、過去最強の揺れの何割増しを考えるべきか、議論が必要だ』

(甲D135)

「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」
新規制基準適合性審査においては、「震源を特定
せず策定する地震動」のうち、「地表地震断層が出
現しない可能性がある地震」[モーメントマグニ
チュード(Mw)6.5 程度未満の地震]については、
「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイ
ド」(以下「審査ガイド」という。)に例示されている
Mw6.5 未満の14地震の中から敷地に及ぼす影響
が大きいとして抽出された5地震のうち、2004年北
海道留萌支庁南部地震について佐藤ほか(2013)
で推定された基盤地震動に不確かさを考慮した地
震動を「震源を特定せず策定する地震動」として策
定することを妥当と判断してきた。(甲D136)

「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」

事業者は、残りの4地震の検討については、各観測地点における詳細な地盤物性値が得られておらず、精度の高い解放基盤表面における地震動の推定が困難なことから、今後取り組むべき中長期課題と整理し、各観測地点の地盤調査等による地盤物性値の評価等に時間を要していた。

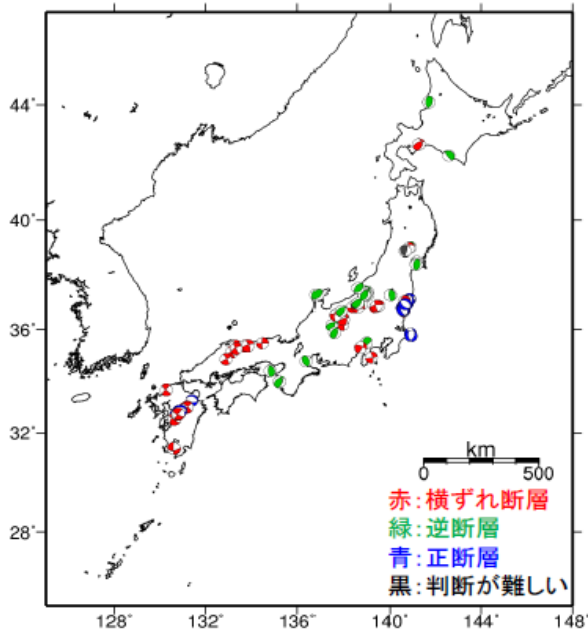
原子力規制委員会は、「震源を特定せず策定する地震動」(Mw6.5程度未満の地震)の検討対象地震については、地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震と位置づけられていることから、全国の原子力発電所等において共通に適用できる地震動の策定方法を早期に明示することが望ましいと考えた。(甲D136)

3. 地震動観測記録の収集・整理 (1/4)

甲D136

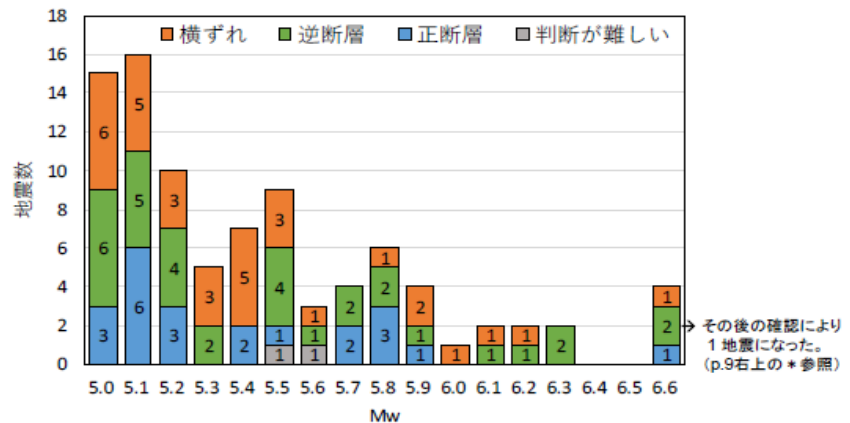
地震動観測記録の収集条件

- 観測期間： 2000年1月1日～2017年12月31日
- 地震規模： Mw5.0～6.6 (F-netの震源メカニズム情報)
- 震源深さ： 0～20km*¹ (気象庁一元化震源) *1: 地殻内地震であることを気象庁資料を参考に確認。
- 地震動観測記録： 震央距離30km以内にKiK-netによる記録がある



収集条件を満たす地震の震央分布 (90地震)

※ 震央位置が重なっている地震があるため、詳細はp.39を参照。
 ※ 断層タイプは、地震調査研究推進本部(以降「地震本部」という)による公開情報を参考に分類した。
 ただし、断層タイプに関する十分な情報が得られない地震については、F-netのメカニズムから断層タイプを推定した。



断層タイプごとの地震数

	横ずれ	逆断層	正断層	判断が難しい	合計
地震数※	33	33 (32)	22	2	90 (89)

【収集結果】

→ 収集条件を満たす90地震のうち、解析には89地震(水平動614波、上下動304波)*²を採用した。

*2: PS検層未実施の観測点や不適切と考えられる記録(成分毎)は解析から除外した。

→ 断層タイプごとの地震数の偏りは小さい。

7

3. 地震動観測記録の収集・整理

甲D136

対象地震一覧 (1/3)

朱書き: 審査ガイドに例示の9地震

気象庁一元化震源

防災科学技術研究

地震 No.	発生時刻	震央地名	気象庁一元化震源				防災科学技術研究			断層 タイプ
			緯度 (°)	経度 (°)	深さ (km)	Mj	Mw	M ₀ (N・m)		
01	2000/10/06-13:30	鳥取県西部	35.2742	133.3490	8.96	7.3	6.6	8.62E+18	横ずれ	
02	2000/10/08-13:17	鳥取県西部	35.1393	133.1502	6.80	5.6	5.1	4.65E+16	横ずれ	
03	2000/10/08-20:51	鳥取県西部	35.3688	133.3107	8.30	5.2	5.0	3.11E+16	横ずれ	
04	2001/01/04-13:18	新潟県中越地方	36.9565	138.7687	11.23	5.3	5.2	7.50E+16	逆断層	
05	2001/01/12-08:00	兵庫県北部	35.4660	134.4900	10.59	5.6	5.2	7.11E+16	横ずれ	
06	2001/03/31-06:09	栃木・群馬県境	36.8210	139.3750	4.73	5.2	5.0	3.28E+16	横ずれ	
07	2002/09/16-10:10	鳥取県中・西部	35.3700	133.7393	9.64	5.5	5.1	5.43E+16	横ずれ	
08	2003/07/26-00:13	宮城県北部	38.4345	141.1642	11.55	5.6	5.5	1.71E+17	逆断層	
09	2003/07/26-07:13	宮城県北部	38.4050	141.1710	11.87	6.4	6.1	1.53E+18	逆断層	
10	2003/07/26-16:56	宮城県北部	38.5003	141.1895	12.04	5.5	5.3	9.45E+16	逆断層	
11	2004/10/23-17:56	新潟県中越地方	37.2925	138.8672	13.08	6.8	6.6	7.53E+18	逆断層	
12	2004/10/23-18:03	新潟県中越地方	37.3540	138.9833	9.38	6.3	5.9	9.33E+17	逆断層	
13	2004/10/23-18:07	新潟県中越地方	37.3482	138.8650	14.90	5.7	5.3	1.19E+17	逆断層	
14	2004/10/23-18:11	新潟県中越地方	37.2530	138.8295	11.52	6.0	5.7	4.11E+17	逆断層	
15	2004/10/23-18:34	新潟県中越地方	37.3063	138.9300	14.17	6.5	6.3	2.93E+18	逆断層	
16	2004/10/23-18:57	新潟県中越地方	37.2063	138.8635	7.53	5.3	5.1	4.86E+16	逆断層	
17	2004/10/23-19:36	新潟県中越地方	37.2170	138.8243	10.97	5.3	5.0	4.13E+16	逆断層	

標準応答スペクトルの策定に係る観測地震動の補正(1/3)

○目的

- 全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」について、観測地震動(はぎとり波)の統計処理に基づく標準応答スペクトルの策定に必要な、応答スペクトルの合理的な補正方法を定める。

○方針(方法)

- 各観測地震動の応答スペクトルに対して、適切な応答スペクトル距離減衰式を用いて、震源距離の補正及び地盤物性の補正を施す。

(1) 震源距離の補正

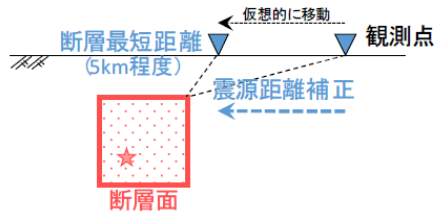
- ✓ 震源距離の補正として、硬質地盤に適用可能な応答スペクトル距離減衰式による相対補正を行う。地震動(応答スペクトル)の統計処理及びラベル付けに基づく分析を行う上で、断層最短距離5km程度に補正する。

(2) 地盤物性の補正

- ✓ 地盤物性の補正として、硬質地盤に適用可能な応答スペクトル距離減衰式による地盤増幅率を用いることにより相対補正を行う。地震基盤相当層(S波速度2~3km/s)に補正する。

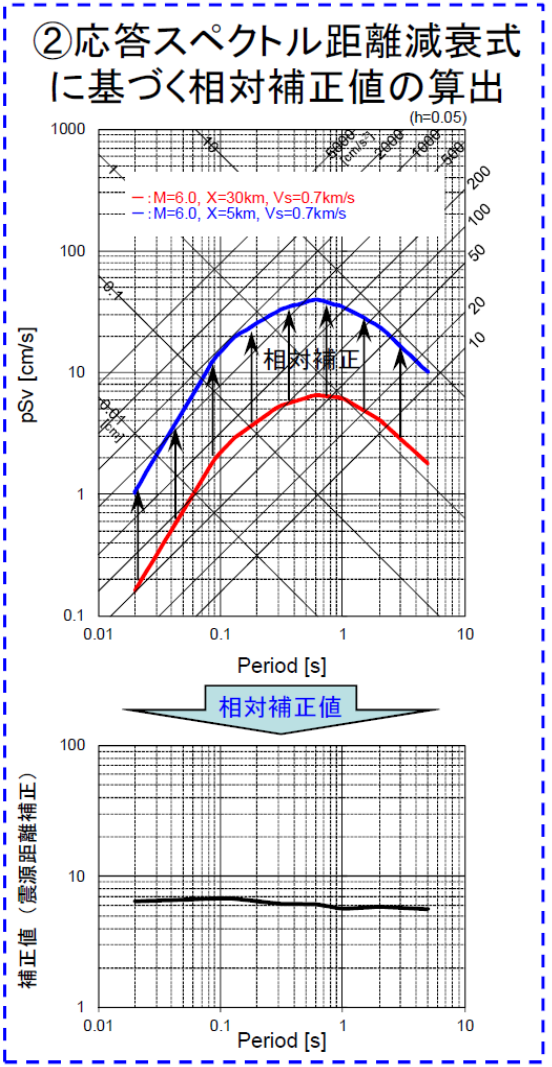
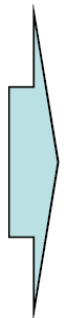
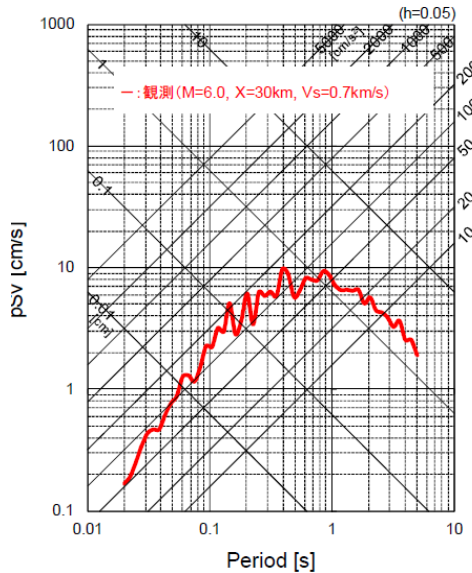
標準応答スペクトルの策定に係る観測地震動の補正 (2/3)

○震源距離の補正の考え方

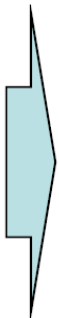


【補正概念図】

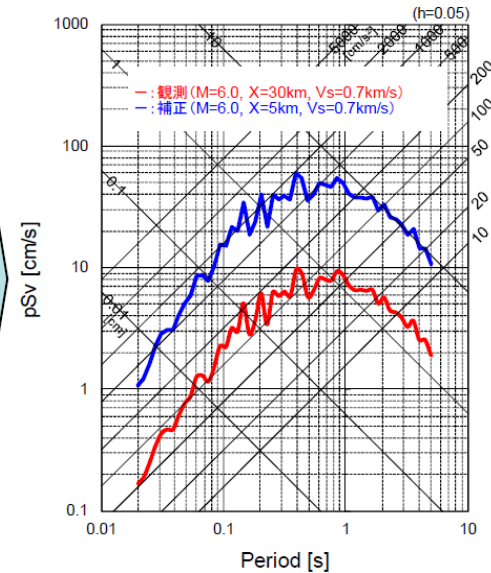
①観測地震動(はぎとり波)の評価



➤ 震源距離30kmから5kmへの地震動の補正事例

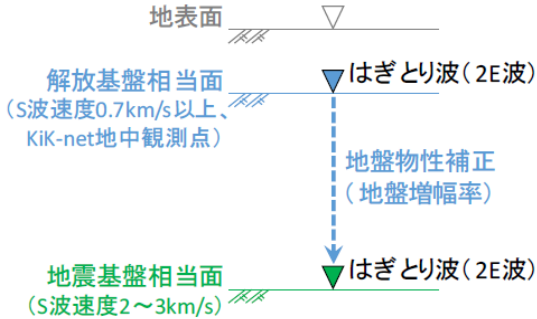


③相対補正値に基づく観測地震動の補正



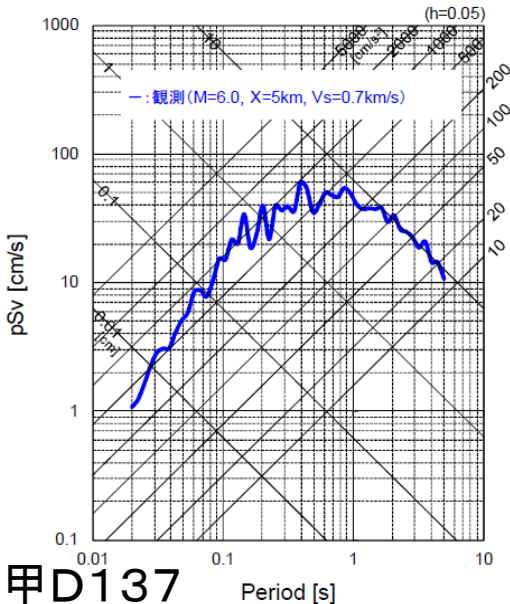
標準応答スペクトルの策定に係る観測地震動の補正 (3/3)

○地盤物性の補正の考え方

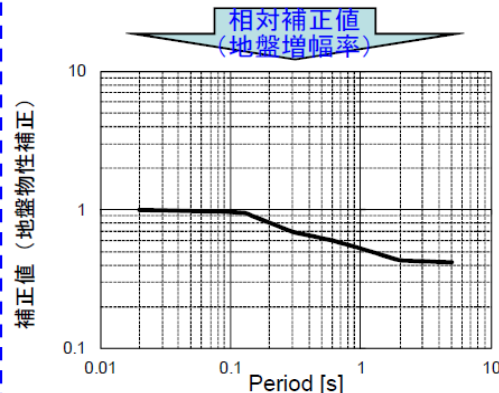
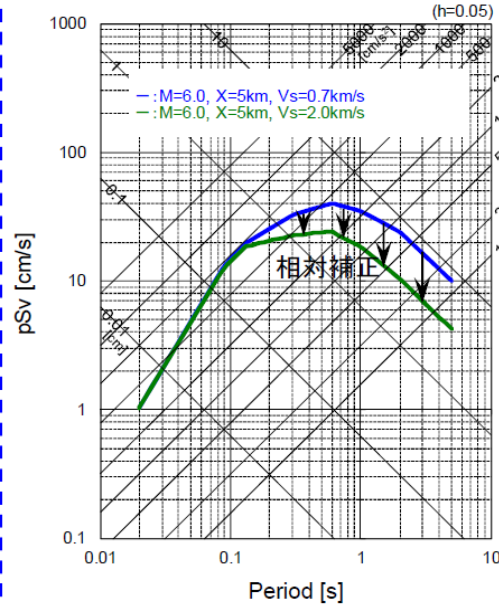


【補正概念図】

①観測地震動(はぎとり波)の評価

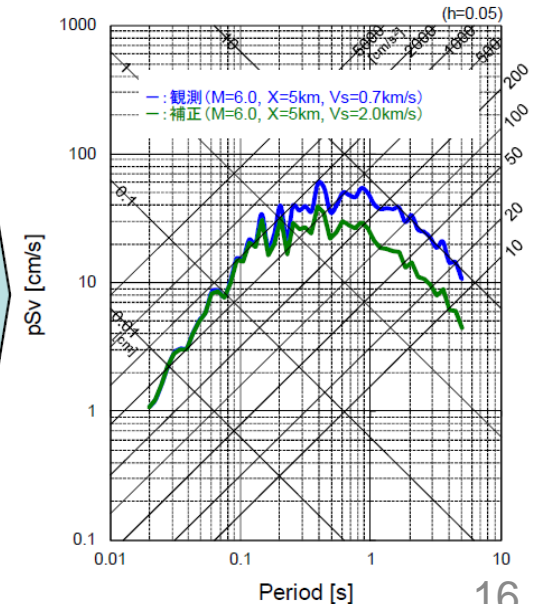


②応答スペクトル距離減衰式に基づく相対補正値の算出



➤ S波速度0.7km/sから2.0km/sへの地震動の補正事例

③相対補正値に基づく観測地震動の補正



7.2 非超過確率別応答スペクトルの算出結果 (10/20)

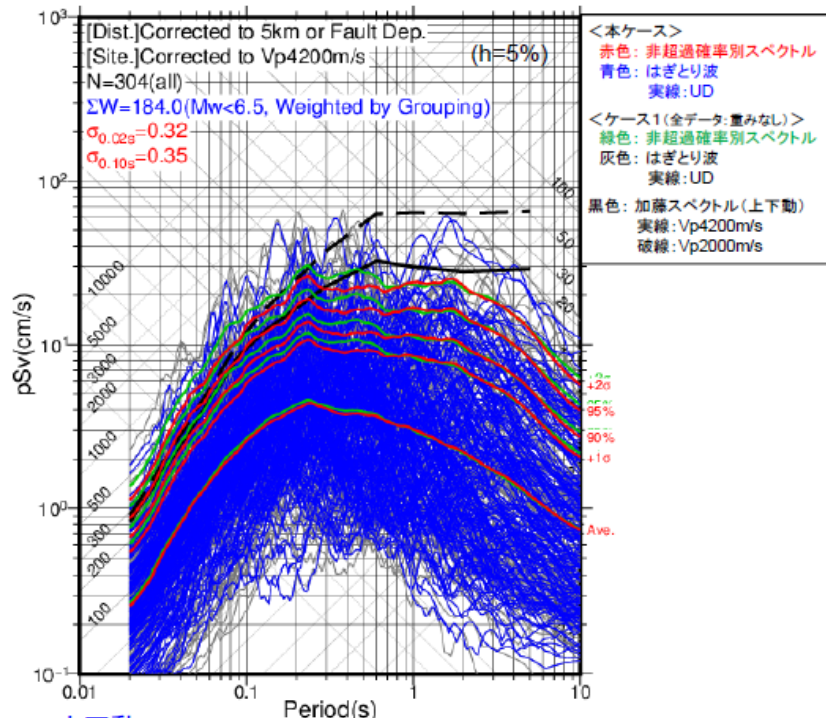
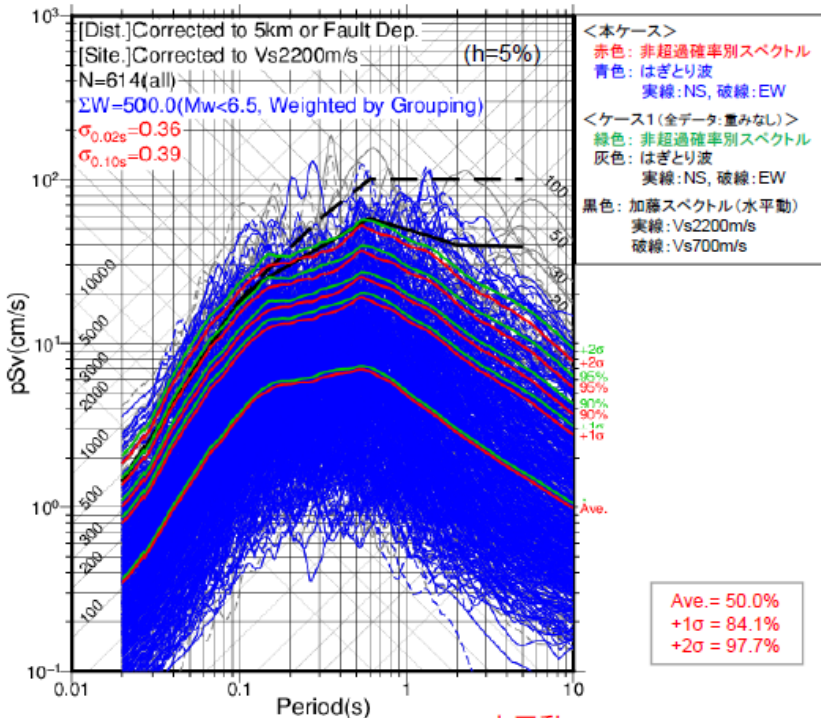
はぎとり精度の確認用 | ケース2'b: 対象地震(Mw6.5未満)、はぎとり精度(人工要因による特徴的な地震動の影響を低減※) その2

甲D136

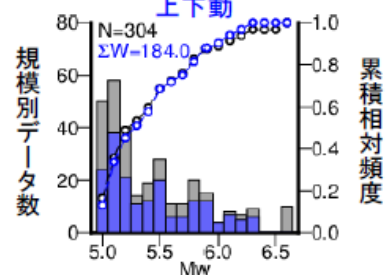
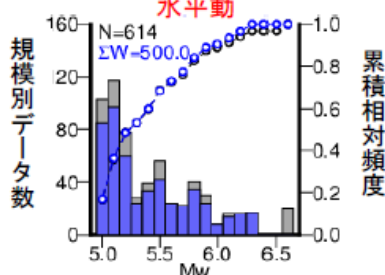
水平動

※重みをGroup A=1, B=1, C=0, D=0とした場合
(グループ分けの詳細はp.61参照)

上下動



規模別の記録数→
灰色: 全記録
青色: 本ケースでの対象記録
※地震動強さのヒストグラム
(対数正規分布との比較確認)
はp.93に示す。

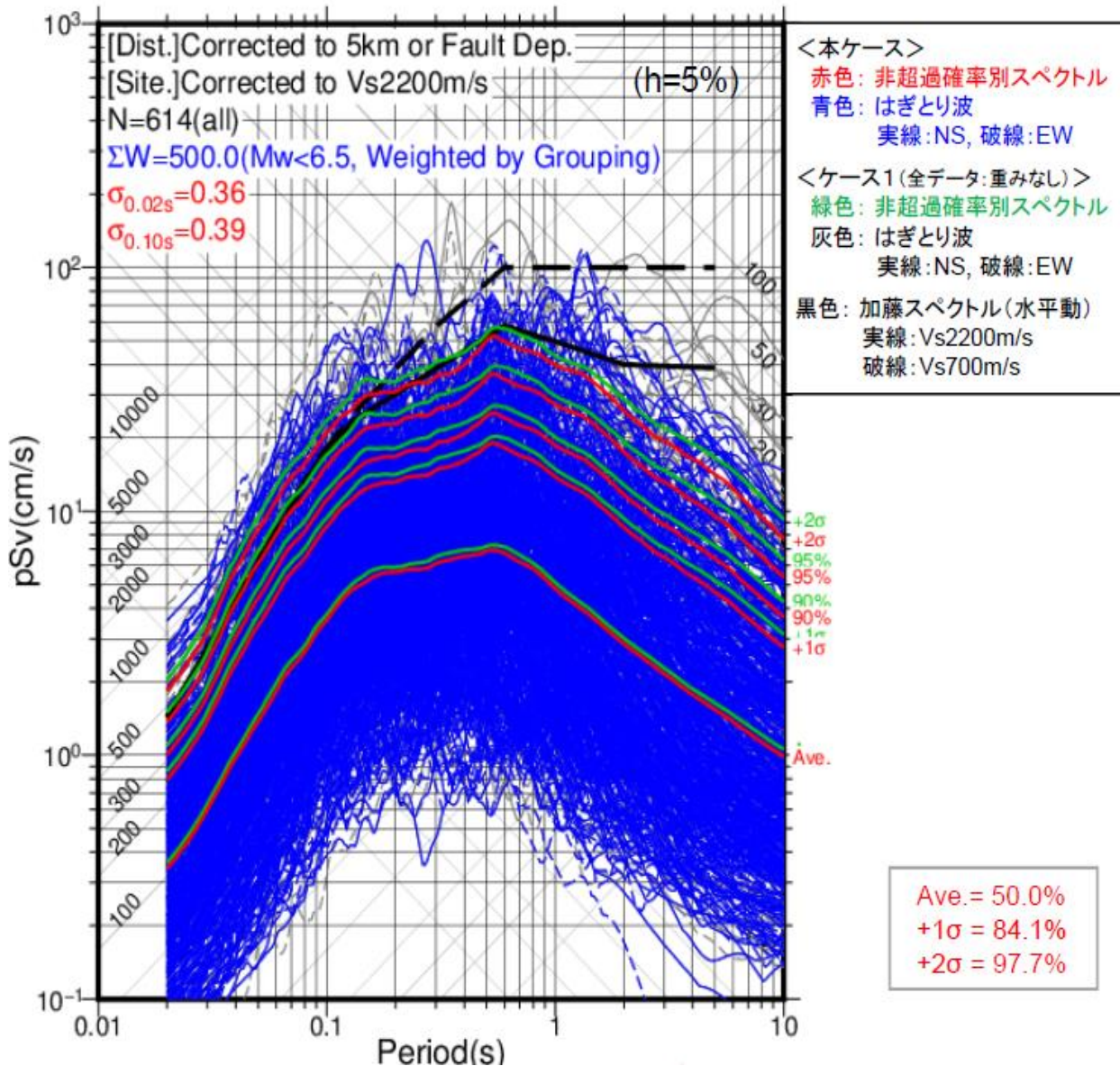


ケース2 (Mw6.5未満)について、ケース4と同様に人工要因による影響を低減。
・データ充足度がやや低い。
・震源を特定せず策定する地震動(全国共通)の対象地震の概念と調和的である。
・はぎとり精度による不確かさがより低い。
→ 標準応答スペクトルの設定の際に、はぎとり精度の確認に使用。

水平動

※重みをGroup A=1, B=1, C=(
(グループ分けの詳細はp.61参)

甲D136



- 標準応答スペクトルは、非超過確率97.7%(平均+2σ)のスペクトルに基づいて設定するという。

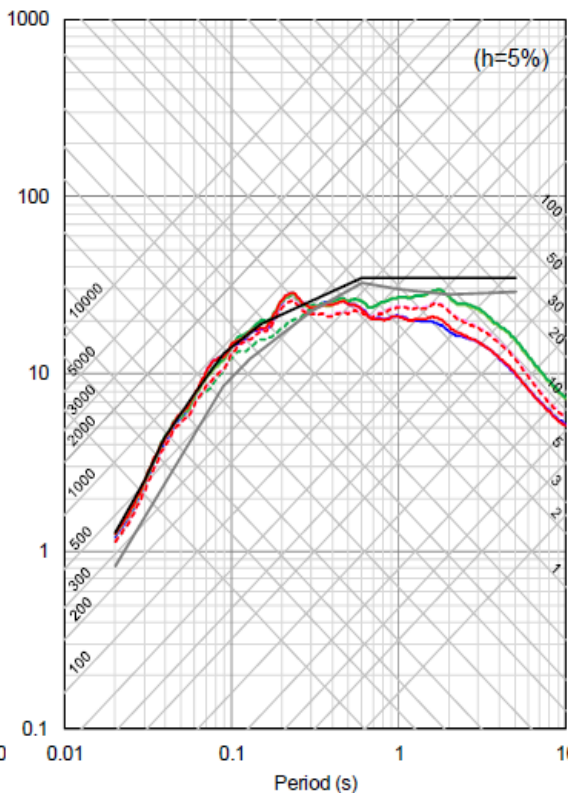
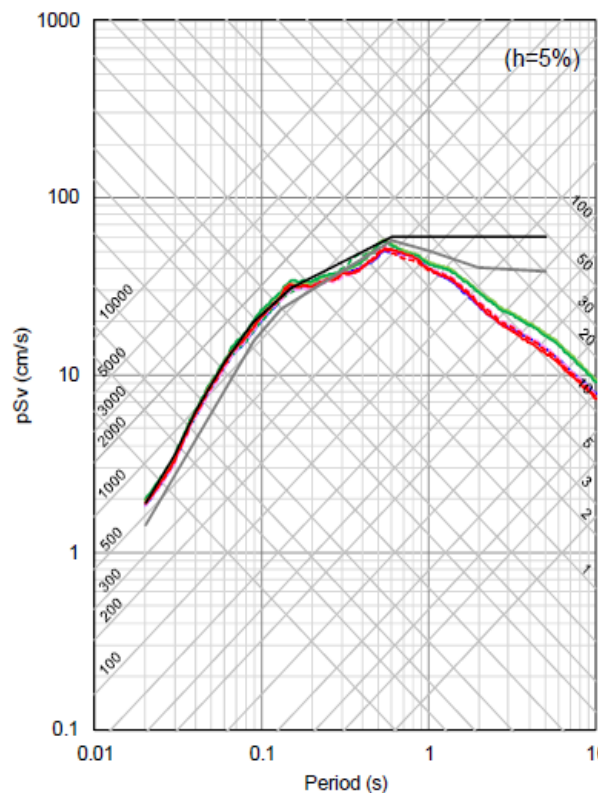
8.1 標準応答スペクトルの設定 (3/11)

非超過確率97.7%(平均+2σ)の応答スペクトルに基づく地震動レベルの設定

甲D136

水平動

上下動



- 標準応答スペクトル
- 加藤スペクトル
水平動: Vs=2200m/s、上下動: Vp=4200m/s
- <非超過確率97.7%の応答スペクトル>
- 【標準応答スペクトルの設定に使用】
- ケース2: 対象地震 (Mw6.5未満)
- ケース3: 規模別の地震・記録数 (G-R則想定)
- ケース4a: はぎとり精度 (人工要因による特徴的な地震動の影響を低減) その1
※重み: Group A=1, B=1, C=0.5, D=0の場合
- ケース4b: はぎとり精度 (人工要因による特徴的な地震動の影響を低減) その2
※重み: Group A=1, B=1, C=0, D=0の場合
- 【はぎとり精度の確認に使用】
- - - ケース2'a: 対象地震 (Mw6.5未満)、はぎとり精度 (人工要因による特徴的な地震動の影響を低減) その1
※重み: Group A=1, B=1, C=0.5, D=0の場合
- - - ケース2'b: 対象地震 (Mw6.5未満)、はぎとり精度 (人工要因による特徴的な地震動の影響を低減) その2
※重み: Group A=1, B=1, C=0, D=0の場合
- - - ケース4': はぎとり解析を行わずに地中観測記録を2倍した場合
※水平動は周期0.5秒以下、上下動は周期0.3秒以下のみを表示

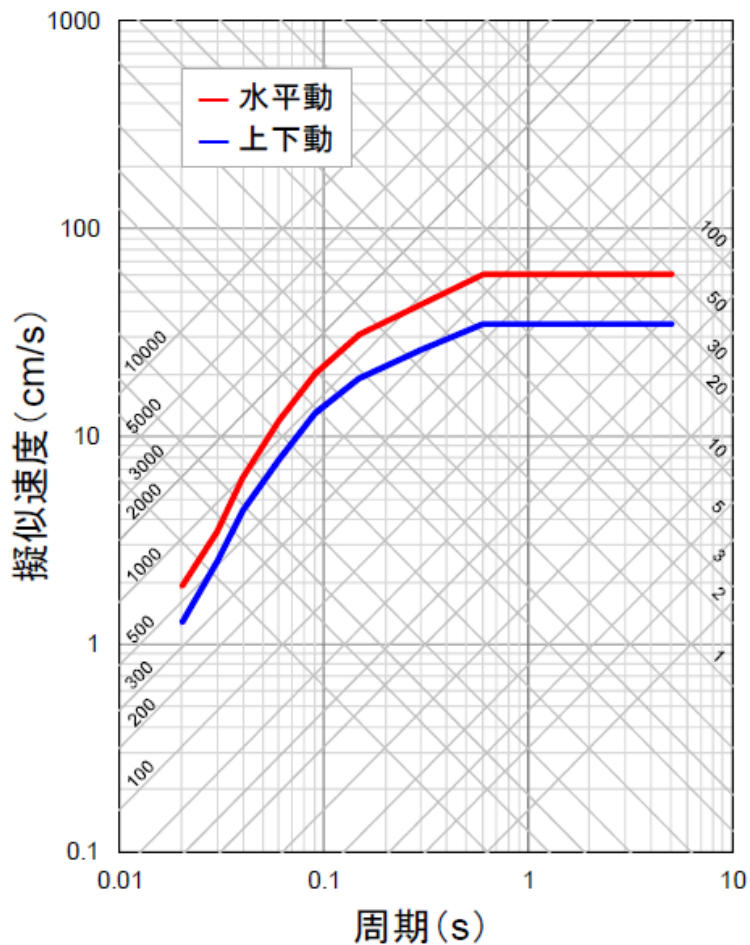
- ケース2の非超過確率97.7%の応答スペクトルを上回っている(ただし、はぎとり精度が低い※周期帯は必ずしも上回っていない)。
※ はぎとり精度については、ケース2' (a, b: はぎとり精度に係る不確かさを低減)、ケース4' (地中観測記録の2倍)との比較に基づき、はぎとり精度が低いことによる影響を受けているかを判断。
- データセットに規模Mw6.6の地震まで含めたケース3、ケース4の非超過確率97.7%の応答スペクトルとも調和的なレベルとなっている。
- 長周期側(周期1秒程度以上5秒程度未満)については、年超過確率の参照、他手法による地震動レベルとの比較による妥当性確認(詳細は8.2.参照)を踏まえて過小評価とならない地震動レベルとなっている。

8.1 標準応答スペクトルの設定 (11/11)

甲D136

標準応答スペクトルのコントロールポイント

擬似速度応答スペクトル(h=5%)



コントロールポイント

周期 (s)	水平動	上下動
	擬似速度 (cm/s)	擬似速度 (cm/s)
0.02	1.910	1.273
0.03	3.500	2.500
0.04	6.300	4.400
0.06	12.000	7.800
0.09	20.000	13.000
0.15	31.000	19.000
0.30	43.000	26.000
0.60	60.000	35.000
5.00	60.000	35.000

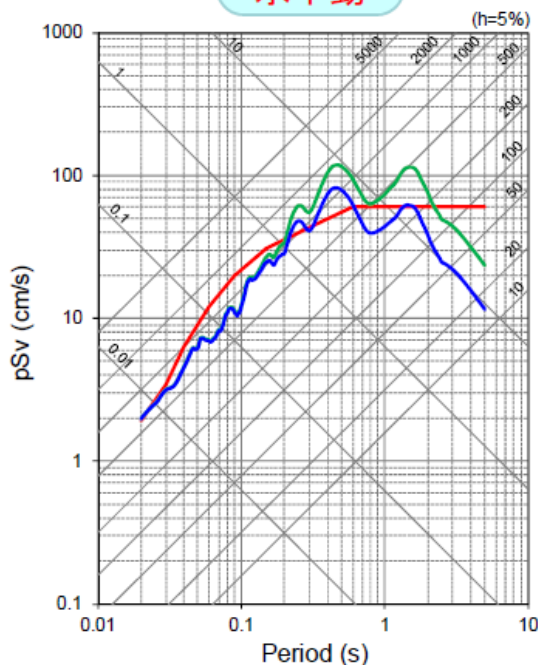
付録D：2004年北海道留萌支庁南部地震K-NET港町観測点の地震動との比較

2004年北海道留萌支庁南部地震K-NET港町観測点の解放基盤波に余裕を持たせた地震動(硬岩サイトで使用されているレベル)に対して、試行的に本検討と同様のNoda et al. (2002)の地盤増幅率による地盤物性補正*1(詳細はp.25参照)を施して地震基盤相当面の地震動を推定した場合には、水平動については周期0.2~0.6秒付近を除いては標準応答スペクトルと概ね同等又はそれを下回る地震動レベルとなり*2、上下動については全周期帯において標準応答スペクトルと概ね同等又はそれを下回る地震動レベルとなることを確認した。

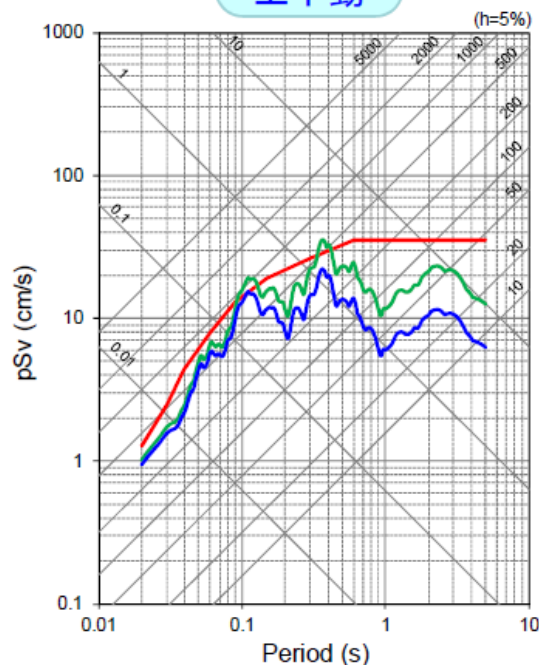
*1: ここでの地盤物性補正においては地盤の卓越周期は考慮していない。

*2: 水平動の周期0.02秒においては、2004年北海道留萌支庁南部地震のK-NET港町観測点の解放基盤波に余裕を持たせた地震動の応答スペクトルの方が標準応答スペクトルよりもわずかに大きな地震動レベルとなる。

水平動



上下動



- 標準応答スペクトル ※地盤条件: 地震基盤相当面 [$V_s=2200\text{m/s}$ 以上 ($V_p=4200\text{m/s}$ 以上)]
- 2004年北海道留萌支庁南部地震(Mw5.7)のK-NET港町観測点の地震動
- 解放基盤波に余裕を持たせた地震動(硬岩サイトで使用されているレベル)
※地盤条件: 解放基盤面 ($V_s=938\text{m/s}$, $V_p=2215\text{m/s}$)
- 上記の地震動に対して試行的にNoda et al. (2002)の地盤増幅率により地震基盤相当面に補正した地震動レベル
※地盤条件: 地震基盤相当面 ($V_s=2200\text{m/s}$, $V_p=4200\text{m/s}$)

甲D136

- 大浅田安全規制管理官
- 「統計学的に2σであるという必然性というものは当然なくて、どちらかという、97.7% というのは政策的な課題」(甲D138・第7回議事録24頁)
- 飯島首席技術研究調査官
- 「+2σでよしとして、+3σを考えなかったのか、+3σを考える必要がないというふうに判断した理由は一体何なんですかということをお問われた」場合について、「積極的な回答というものはなかなか今のところはない」(甲D139・第9回議事録26頁)。

- ともあれ、震源を特定せず策定する地震動に関する検討チームによる見直しの議論は、これまでの震源を特定せず策定する地震動＝隠れ断層による地震動が、いかに不十分なものだったのかをあからさまに浮き彫りにしたといえる。
- 大間原発では、このような見直しは全くされておらず、旧態以前とした、
 - ① 加藤のスペクトル
 - ② 2004年留萌支庁南部地震
- が採用されているにとどまっている。

- したがって、被告の大間原発の震源を特定せず策定する地震動＝隠れ断層による地震動は、「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」を相補的に考慮することによって、敷地で発生する可能性のある地震動全体を考慮した地震動として策定されているものとはいえ、明らかに、過少である。