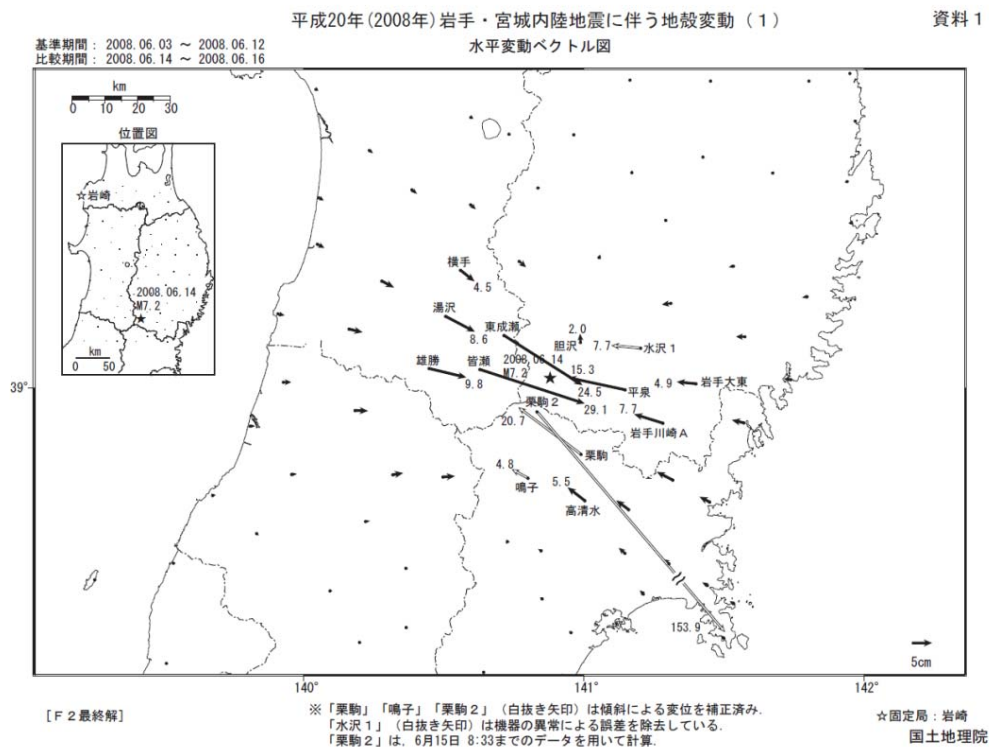
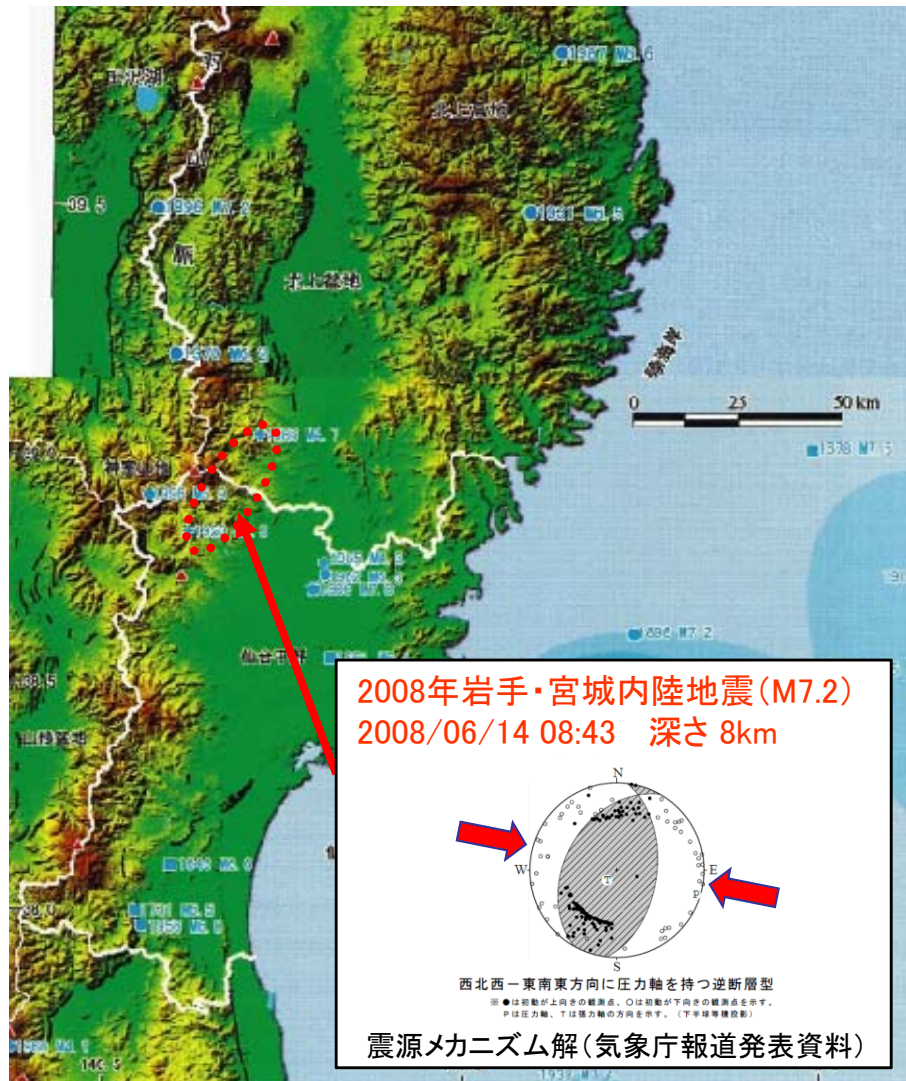


3. 震源を特定せず策定する地震動

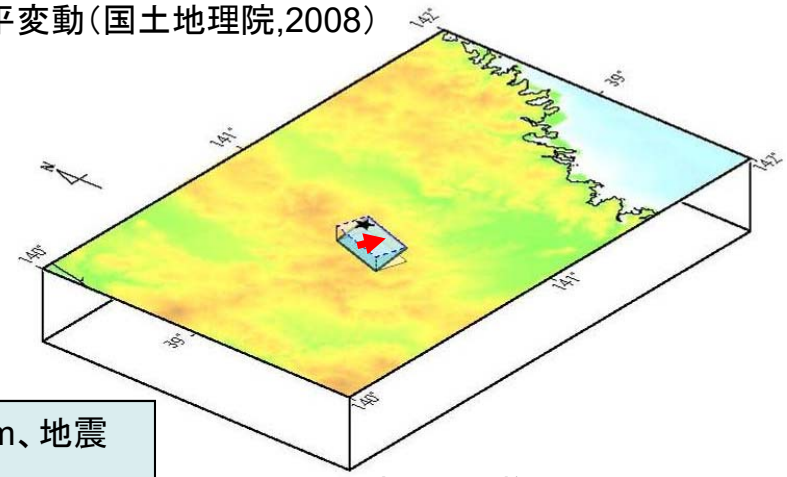
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震

2008年岩手・宮城内陸地震の概要

H30.10.31
資料1-4-2
p101 再掲



GPSで測定された水平変動(国土地理院,2008)

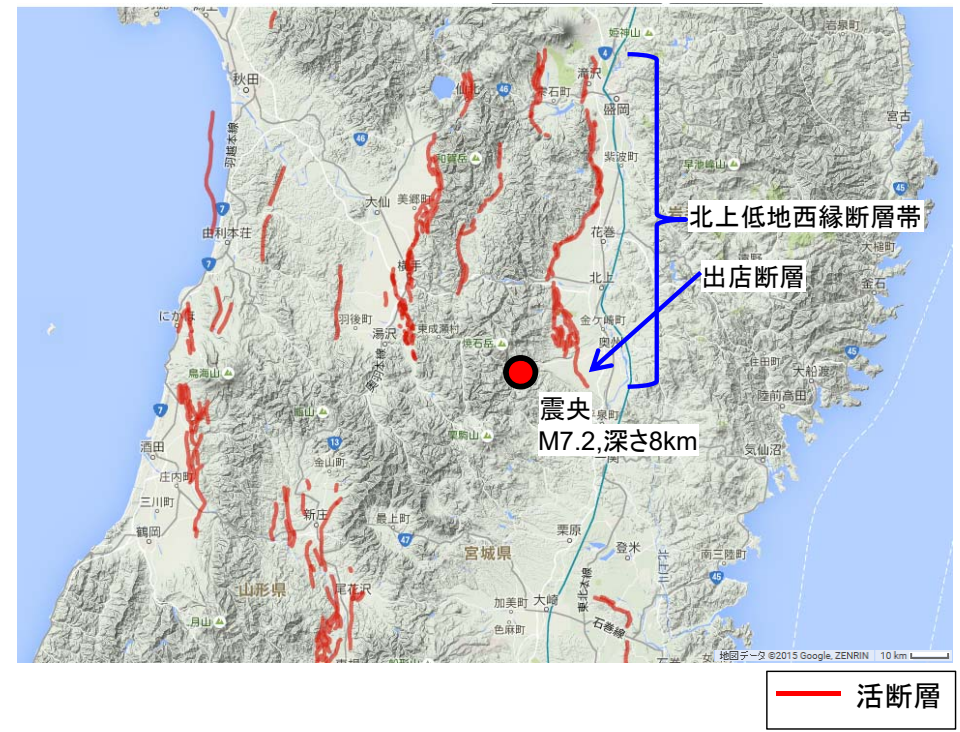
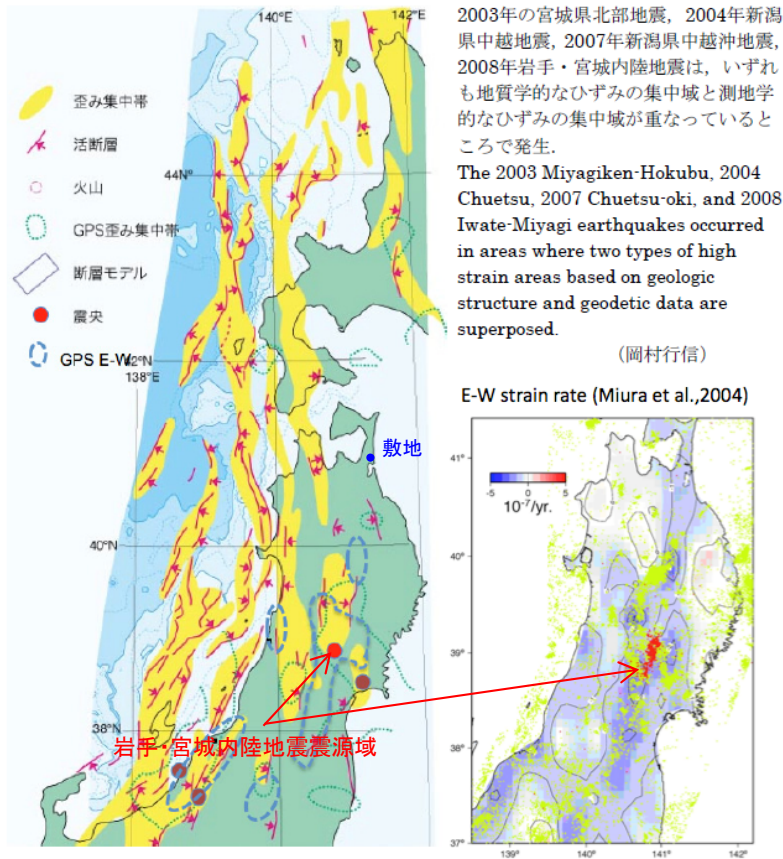


地殻変動から推定された断層モデル(国土地理院,2008)

「日本の地震活動」(地震調査委員会, 1999に加筆)

- 岩手・宮城内陸地震は、2008年6月14日に奥羽山地東縁で発生した地震で、深さ8km、地震の規模は、Mj7.2とされている。
- この地震は、奥羽山地東縁から山側に傾斜する低角逆断層により発生したとされる。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 ひずみ集中帯および活断層の分布



岩手・宮城内陸地震震央周辺の活断層分布図
(産業技術総合研究所, 活断層データベースに加筆)

東大出版会 (2002) 「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」を簡略化。
ひずみ集中帯等分布図
(産業技術総合研究所, 2009に加筆)

- 東北日本弧の第四紀テクトニクスは、東西圧縮応力による逆断層の活動に特徴づけられる。
- 産業技術総合研究所(2009)では、岩手・宮城内陸地震は、地質学的ひずみ集中帯と、測地的ひずみ集中帯の重なったところで発生しているとしている。
- 震源付近には、文献に活断層の記載はないが、北方に北上低地西縁断層帯等が分布する。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 地震地体構造区分による比較・検討

H30.10.31
資料1-4-2
p103 再掲



- 地震地体構造区分とは、地震の起こり方の共通性、あるいは差異に基づいて地体構造を区分することとされている(萩原,1991)。
- 以下の代表的な文献における地震地体構造区分等について整理し、岩手・宮城内陸地震震源域と敷地周辺の比較・検討を行った。

引用文献		図の種類	構造区分の要素	特徴	区分 ○:同一区分 ×:異なる区分
宮村	1962	地震地体構造区分図	地体構造	地震の地域性を地体構造の進化の成熟度で分類し、地震地体構造区分図を作成	×
Omote et al.	1980	地震地体構造区分図	文献に未記載のため詳細不明	各地体構造区に発生する地震のマグニチュードに上限があるとし、原子力発電施設で考慮すべき限界地震 S_2 の最大マグニチュードを提示	○
松田	1990	地震地体構造区分図	活断層(活断層研究会編、1980のデータを使用)	起震断層から発生しうる最大マグニチュード M_L と歴史地震の最大マグニチュード M_h を比較し、その地体構造区で期待される最大期待地震規模 M_{max} を提示	×
Kinugasa	1990	地震地体構造区分図	活断層	活断層の長さ、走向、変位センス、活動度などが類似している地域を地震地体構造区として区分	×
萩原編	1991	地震地体構造区分図	歴史地震・活断層・第四紀テクトニクス・重力異常・震源メカニズム・キュリー点震度等	過去の地震地体構造研究から、それぞれの地形・地質学的・地球物理学的な共通の特徴を抽出し、地震地体構造区分図を作成	×
活断層研究会	1991	活断層区分図	活断層	活断層の密度、長さ、断層型、水平最大圧縮応力等に基づいて、活断層区分図を作成	×
垣見ほか	2003	地震地体構造区分図	過去の知見を比較・参照したうえで、垣見ほか(1994)の区分図を改訂	過去の知見を比較・検討したうえで、垣見ほか(1994)の区分図を改定し、新たな地震地体構造区分図を作成	×

代表的な文献における地震地体構造区分について整理を行い、岩手・宮城内陸地震震源域と敷地周辺の比較を行った結果、岩手・宮城内陸地震震源域は、「東日本内帯」に区分され、一方で敷地周辺は「東日本外帯」に区分される。

⇒以上のことから、岩手・宮城内陸地震震源域と敷地周辺では、地震地体構造区分に差異が認められる。ただし、Omote et al.(1980)では同一区分とされている。

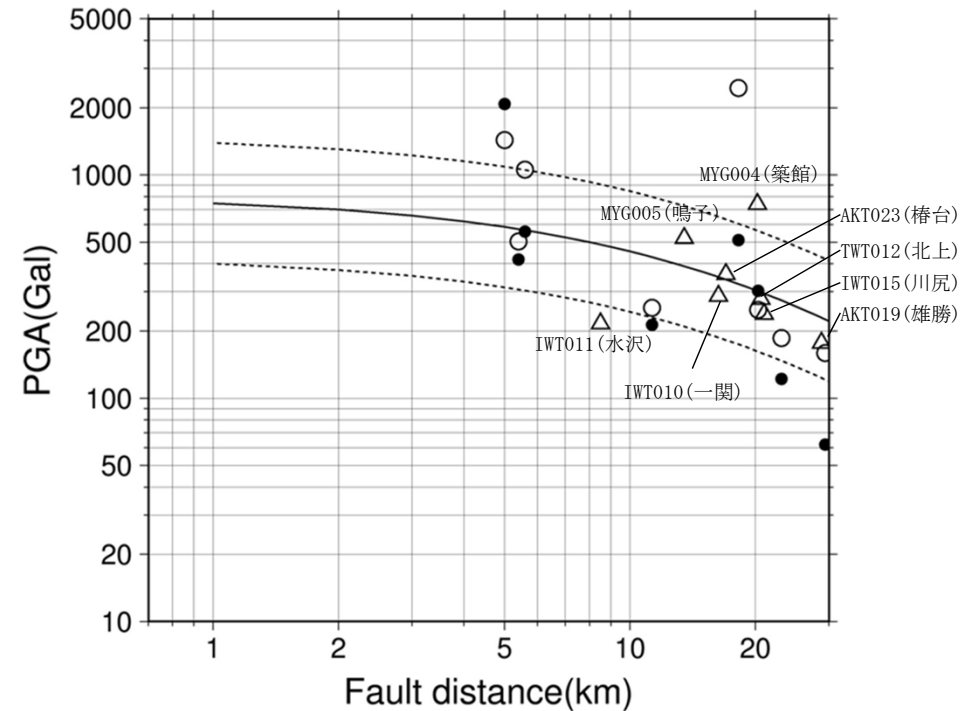
K-NET観測点の観測記録



K-NETの最大加速度

観測点		断層最短距離 (km)	AVS ₃₀ (m/s)	最大加速度(Gal)			
				水平(NS)	水平(EW)	鉛直(UD)	
K-NET (地表)	AKT019	雄勝	29	310	159	177	140
	AKT023	樺台	17	429	359	359	248
	IWT010	一関	16	668	219	287	210
	IWT011	水沢	9	250	151	216	213
	IWT012	北上	21	214	278	237	142
	IWT015	川尻	21	417	197	238	123
	MYG004	築館	20	430	740	678	224
	MYG005	鳴子	14	351	440	521	666

断層最短距離: Suzuki et al.(2010)による震源断層モデルに基づく

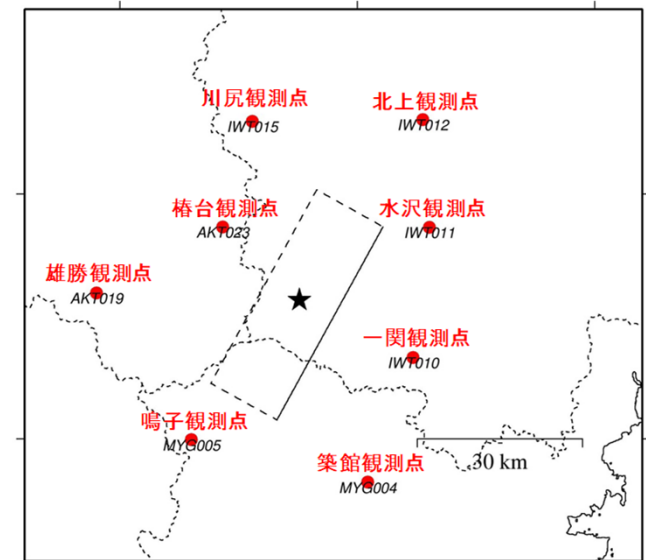
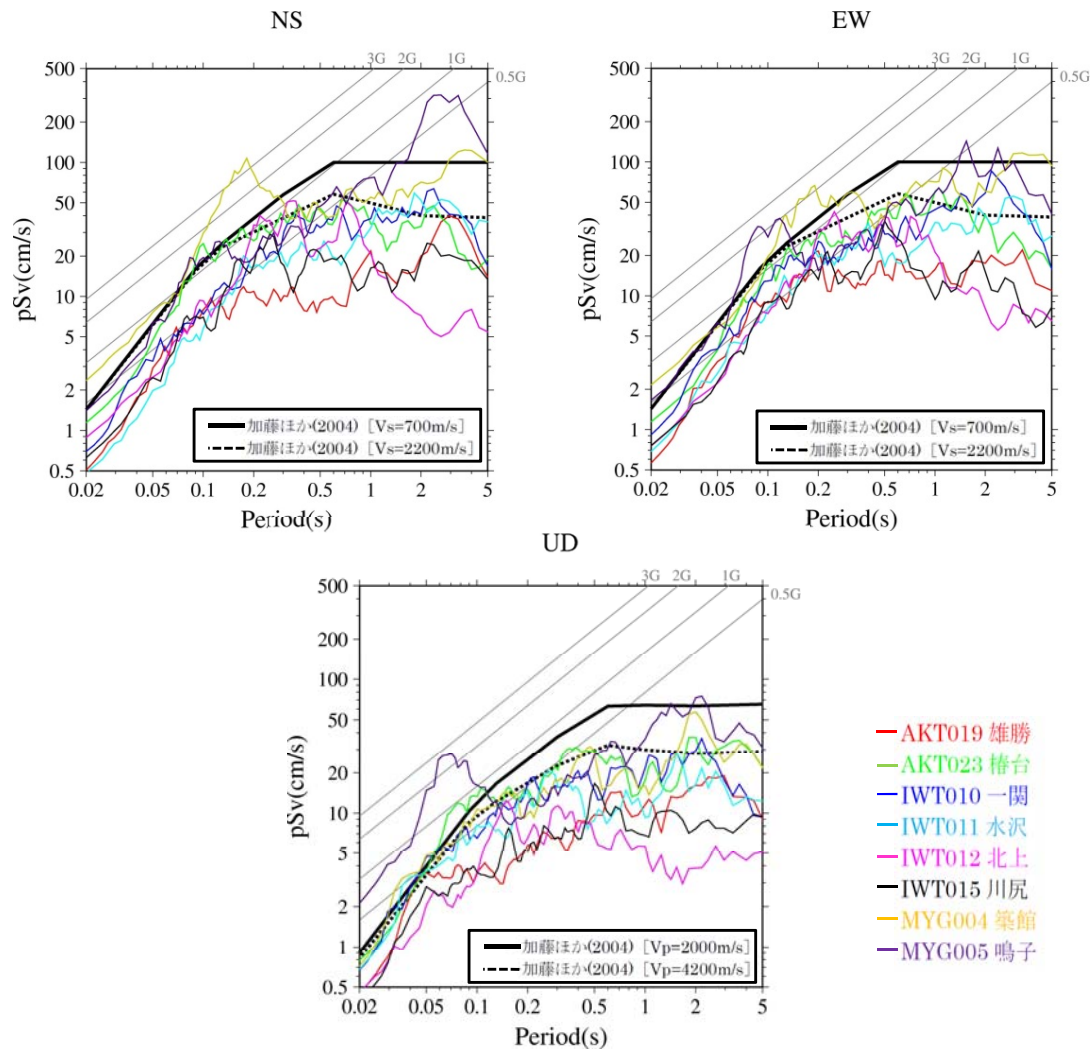


- 司・翠川(1999)Average
- 司・翠川(1999)Average ± 1σ
- KiK-net (地表)
- KiK-net (地中 2 倍)
- △ K-NET

- K-NET観測点のうち、MYG004(築館)は、司・翠川(1999)の距離減衰式の+1σを上回る。
- 一方で、IWT011(水沢)は、司・翠川(1999)の距離減衰式の-1σを下回る。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 K-NET観測記録と加藤ほか(2004)との比較

H30.10.31
資料1-4-2
p105 再掲

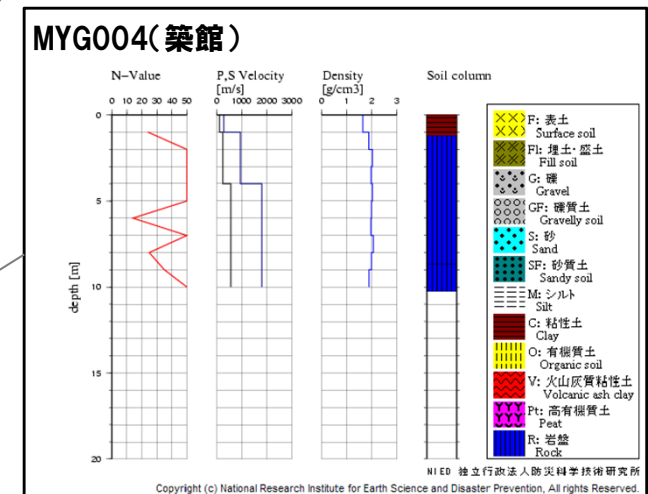
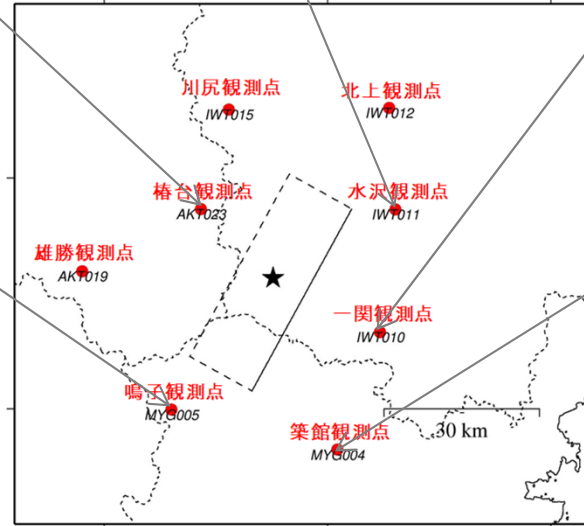
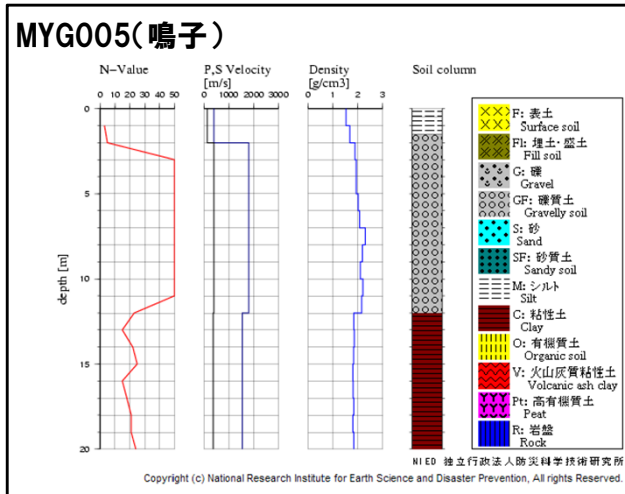
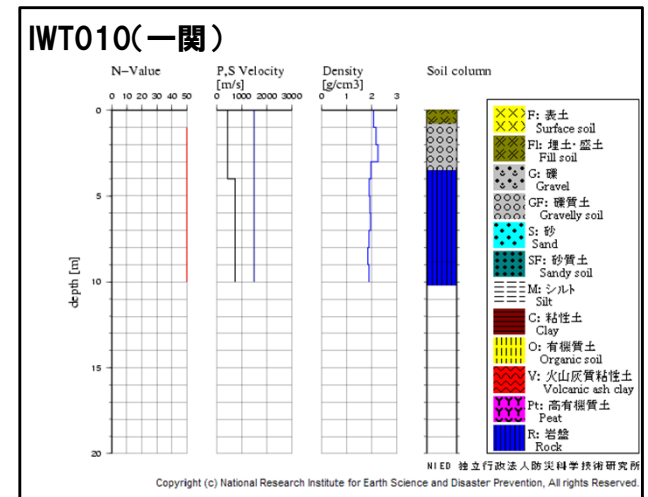
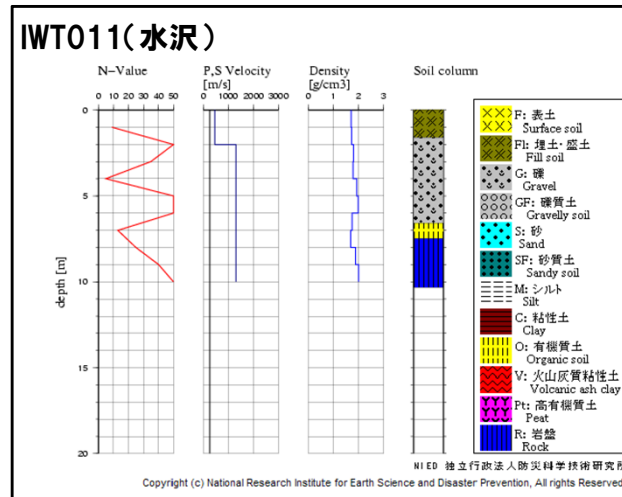
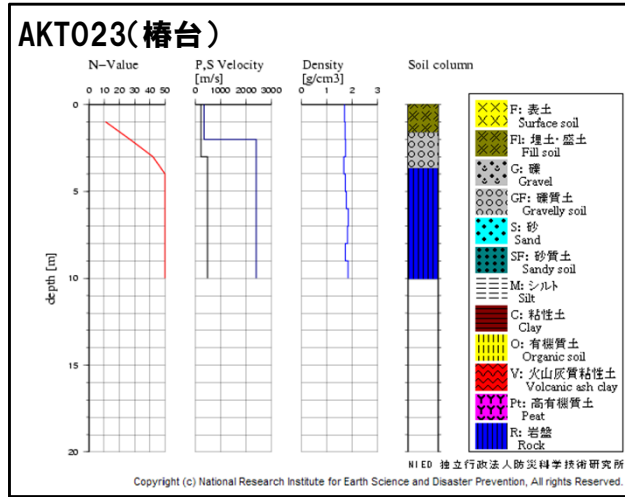


観測点位置図

K-NET観測記録の応答スペクトルと加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

➤ K-NET観測記録では、AKT023(椿台)、IWT010(一関)、IWT011(水沢)、MYG004(築館)、MYG005(鳴子)が加藤ほか(2004)の応答スペクトルを一部の周期帯で上回る。

K-NET観測点の地質構造



- K-NET観測記録において、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測点のうちAVS30が500m/s以上と推定されるのは、IWT010(一関)である。
- なお、IWT010(一関)は、司・翠川(1999)の距離減衰式の $\pm 1\sigma$ の範囲内にある。

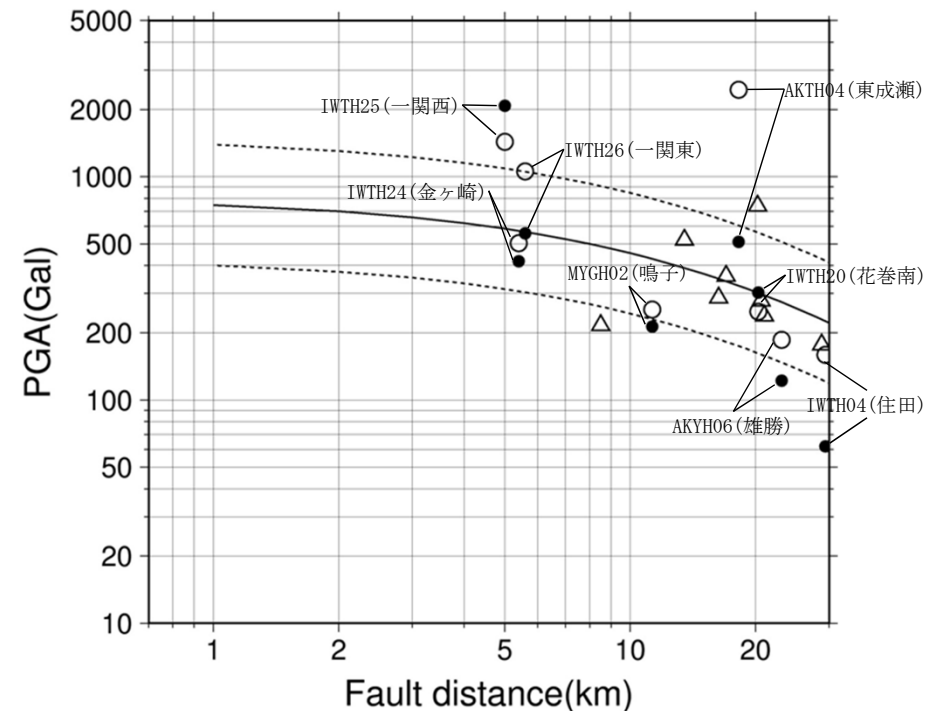
KiK-net観測点の観測記録



KiK-netの最大加速度

観測点		断層最短距離 (km)	AVS30 (m/s)	最大加速度(Gal) ()内: 地中記録		
				水平(NS)	水平(EW)	鉛直(UD)
KiK-net (地表・地中)	AKTH04 東成瀬	18	459	1318 (173)	2449 (255)	1094 (138)
	AKTH06 雄勝	23	455	180 (42)	186 (61)	140 (47)
	IWTH04 住田	29	456	126 (31)	159 (28)	115 (24)
	IWTH20 花巻南	20	289	249 (107)	240 (151)	136 (68)
	IWTH24 金ヶ崎	5	486	503 (209)	435 (169)	342 (121)
	IWTH25 一関西	5	506	1143 (1036)	1433 (748)	3866 (681)
	IWTH26 一関東	6	371	888 (278)	1056 (211)	927 (167)
	MYGH02 鳴子	11	399	254 (106)	230 (96)	233 (54)

断層最短距離: Suzuki et al.(2010)による震源断層モデルに基づく

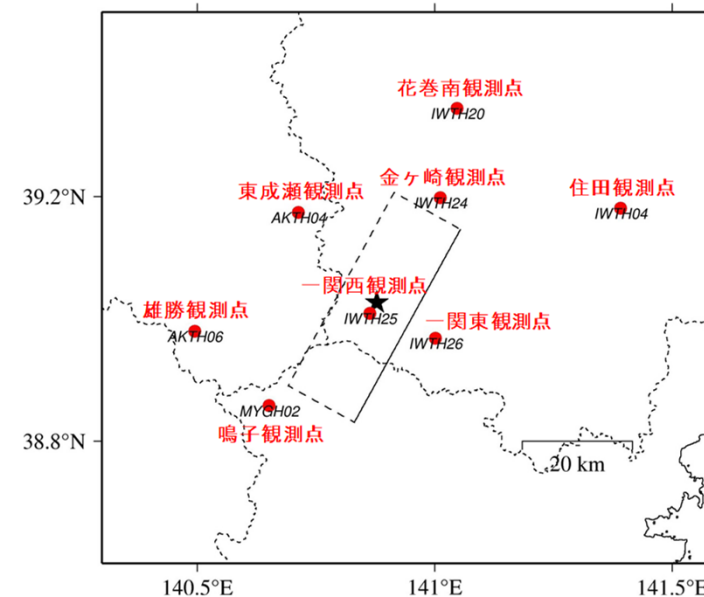
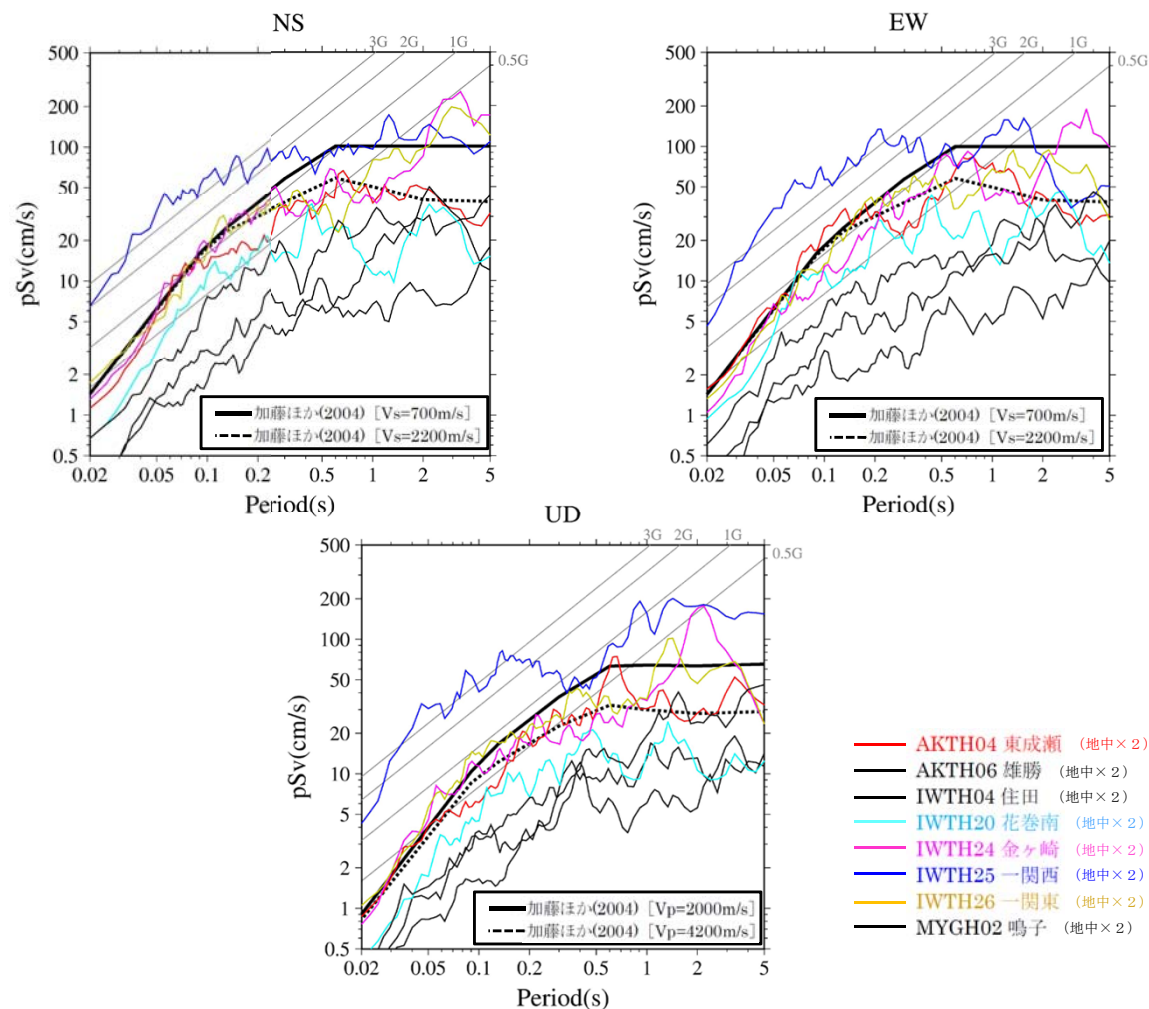


- 司・翠川(1999)Average
- 司・翠川(1999)Average ± 1σ
- KiK-net(地表)
- KiK-net(地中 2 倍)
- △ K-NET

▶ KiK-net観測点のうち、AKTH04(東成瀬)およびIWTH25(一関西)は、司・翠川(1999)の距離減衰式の+1σを上回る。
 ▶ なお、IWTH25(一関西)は、地中記録の2倍も司・翠川(1999)の距離減衰式の+1σを上回る。また、AKTH06(雄勝)、IWTH04(住田)、MYGH02(鳴子)の地中記録の2倍は、司・翠川(1999)の距離減衰式の-1σを下回る。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net観測記録と加藤ほか(2004)との比較

H30.10.31
資料1-4-2
p108 再掲



観測点位置図

- AKTH04 東成瀬 (地中×2)
- AKTH06 雄勝 (地中×2)
- IWTH04 住田 (地中×2)
- IWTH20 花巻南 (地中×2)
- IWTH24 金ヶ崎 (地中×2)
- IWTH25 一関西 (地中×2)
- IWTH26 一関東 (地中×2)
- MYGH02 鳴子 (地中×2)

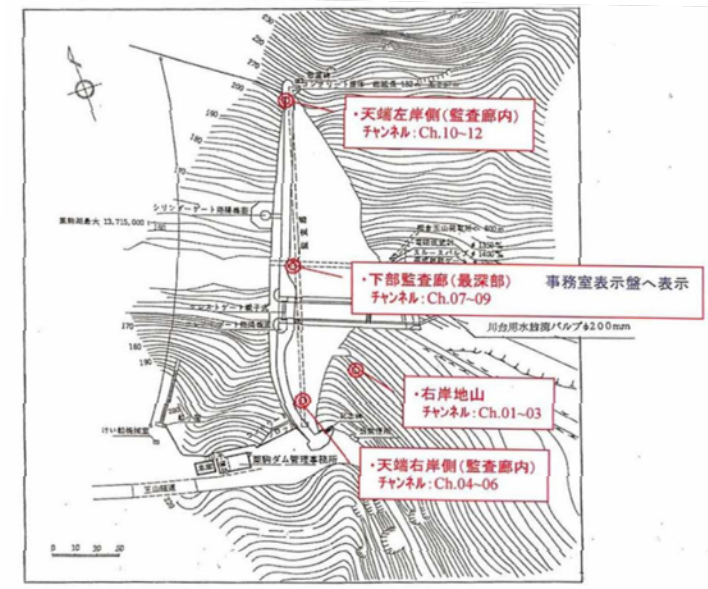
KiK-net観測記録の応答スペクトルと加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

- KiK-net観測記録(地中記録の2倍)では、AKTH04(東成瀬)、IWTH20(花巻南)、IWTH24(金ヶ崎)、IWTH25(一関西)、IWTH26(一関東)が加藤ほか(2004)の応答スペクトルを一部の周期帯で上回る。
- なお、KiK-net観測記録(地中記録の2倍)について、IWTH25(一関西)が司・翠川(1999)の距離減衰式の+1σを上回り、AKTH04(東成瀬)、IWTH20(花巻南)、IWTH24(金ヶ崎)、IWTH26(一関東)は、±1σの範囲内にある。

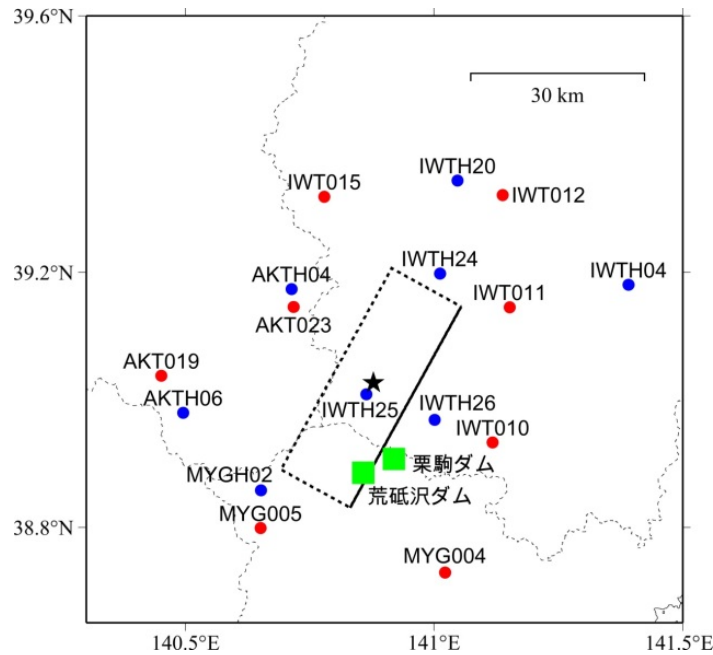
栗駒ダムの概要



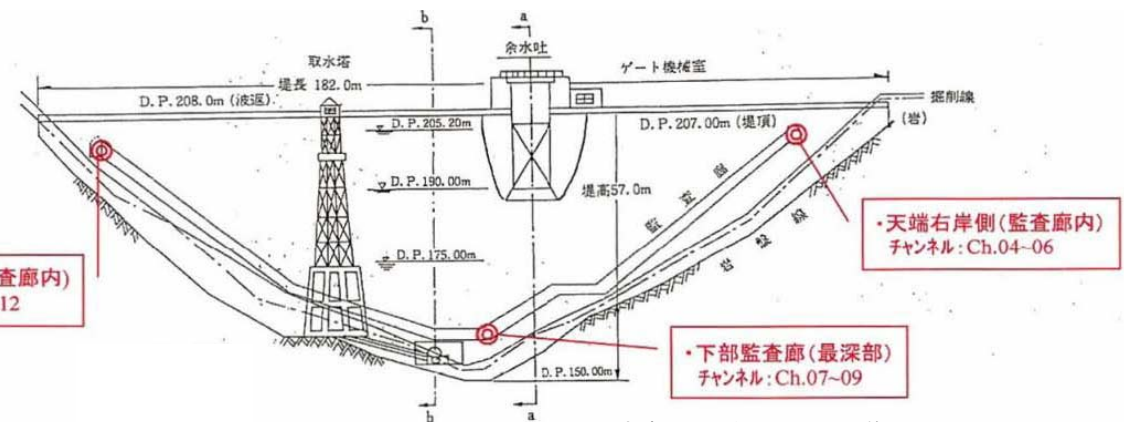
所在地	宮城県
水系名	北上川
河川名	迫川支川三迫川
竣工年	1961年
ダム形式	重力式コンクリートダム
堤高	57.2m
堤長	182.0m



宮城県より受領した図面に加筆
地震観測位置(平面図)



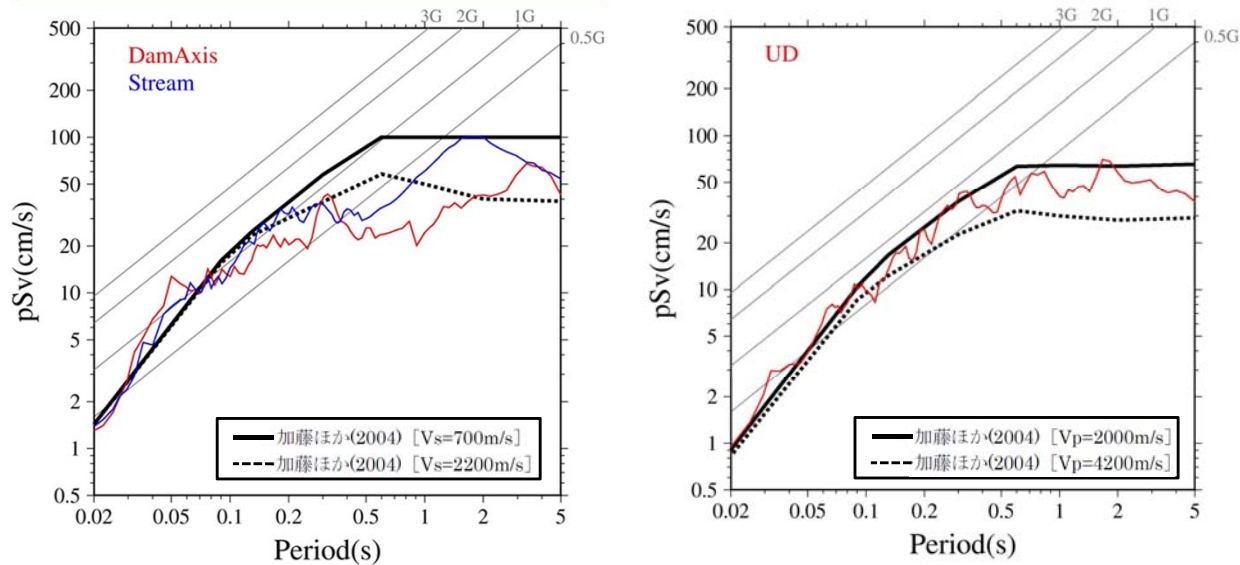
栗駒ダム位置



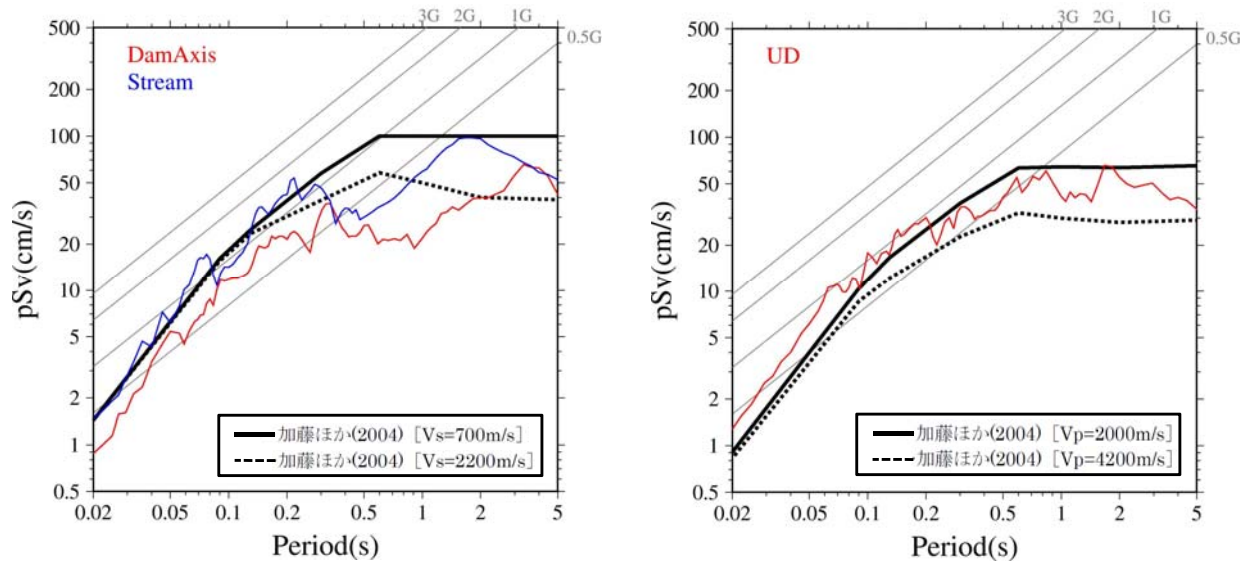
宮城県より受領した図面に加筆
地震観測位置(断面図)

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムの地震観測記録

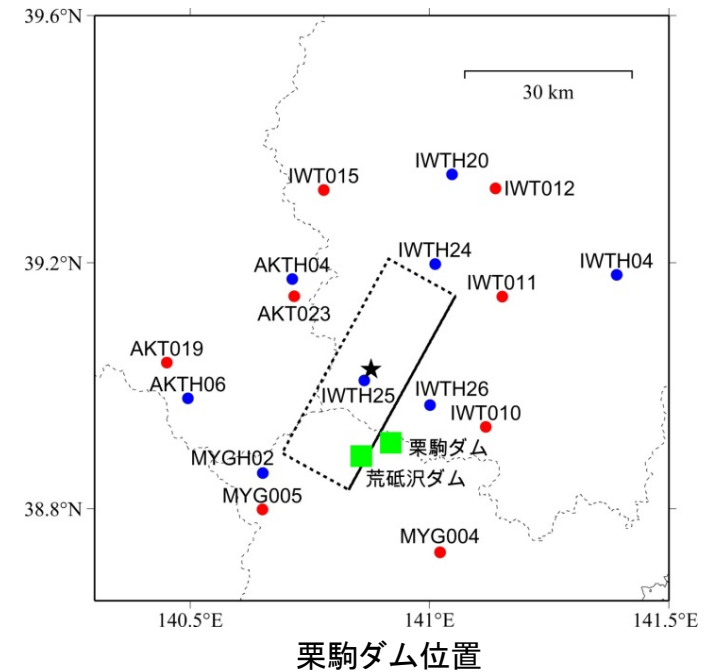
H30.10.31
資料1-4-2
p110 再掲



栗駒ダム[右岸地山]観測点による応答スペクトルと加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較



栗駒ダム[監査廊]観測点による応答スペクトルと加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

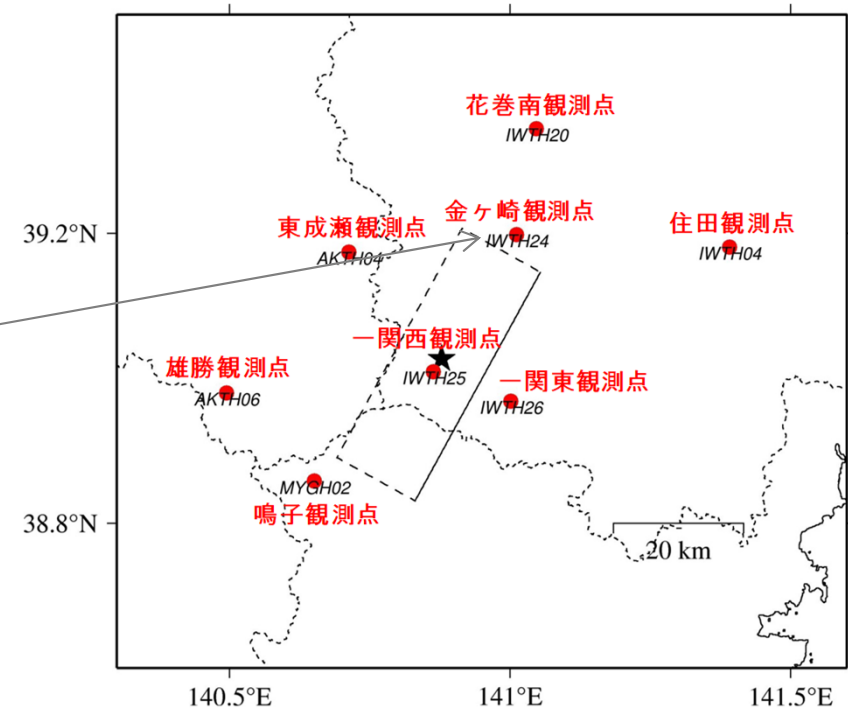
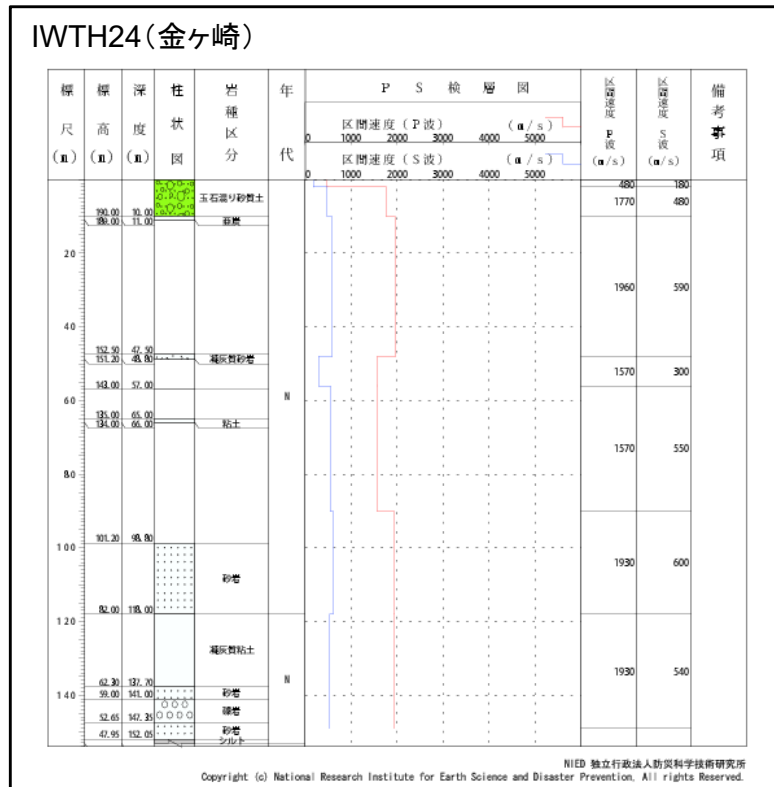


栗駒ダム位置

➤ 栗駒ダムの観測点では、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを一部の周期帯で上回る。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 金ヶ崎観測点に関する検討(1)

H30.10.31
資料1-4-2
p111 再掲



➤ KiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(IWTH24(金ヶ崎))について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはぎとり解析を実施する。

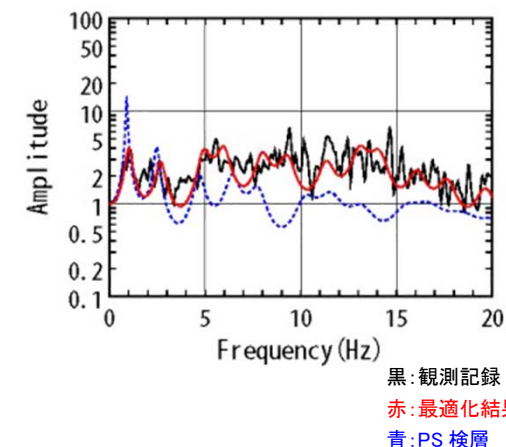
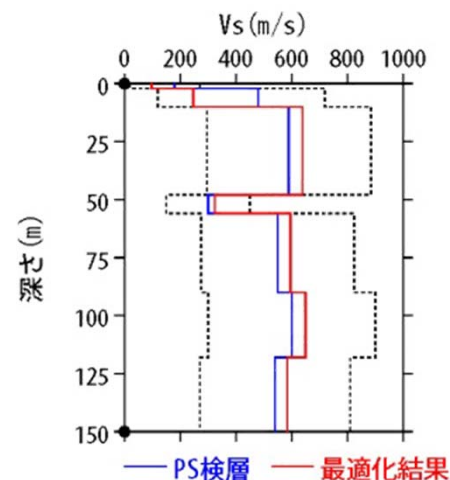
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 金ヶ崎観測点に関する検討(2)

H30.10.31
資料1-4-2
p112 再掲



地盤同定結果(水平)

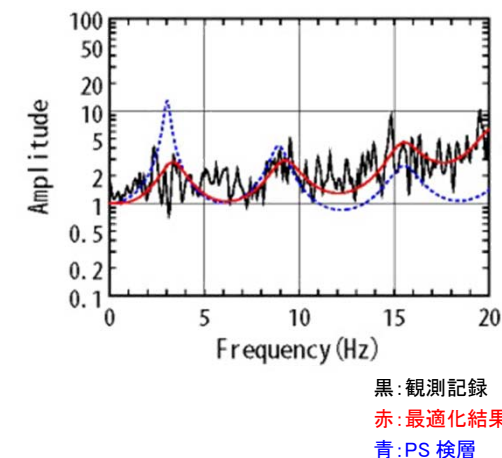
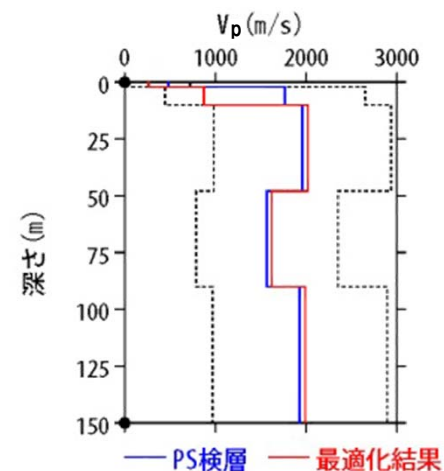
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	180	18	270	97	0.54	0.174	0.682
2	8	2	1.79	480	120	720	247	0.51		
3	38	10	1.89	590	295	885	638	1.08		
4	8	48	1.68	300	150	450	324	1.08		
5	34	56	1.68	550	275	825	595	1.08		
6	28	90	1.87	600	300	900	649	1.08		
7	32	118	1.87	540	270	810	584	1.08		
8	—	150	1.87	540	270	810	584	1.08		



伝達関数の比較(水平)

地盤同定結果(鉛直)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	2	0	1.64	480	48	720	262	0.55	0.812	1.000
2	8	2	1.79	1770	443	2655	871	0.49		
3	38	10	1.89	1960	980	2940	2021	1.03		
4	8	48	1.68	1570	785	2355	1619	1.03		
5	34	56	1.68	1570	785	2355	1619	1.03		
6	28	90	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		
7	32	118	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		
8	—	150	1.87	1930	965	2895	1990	1.03		



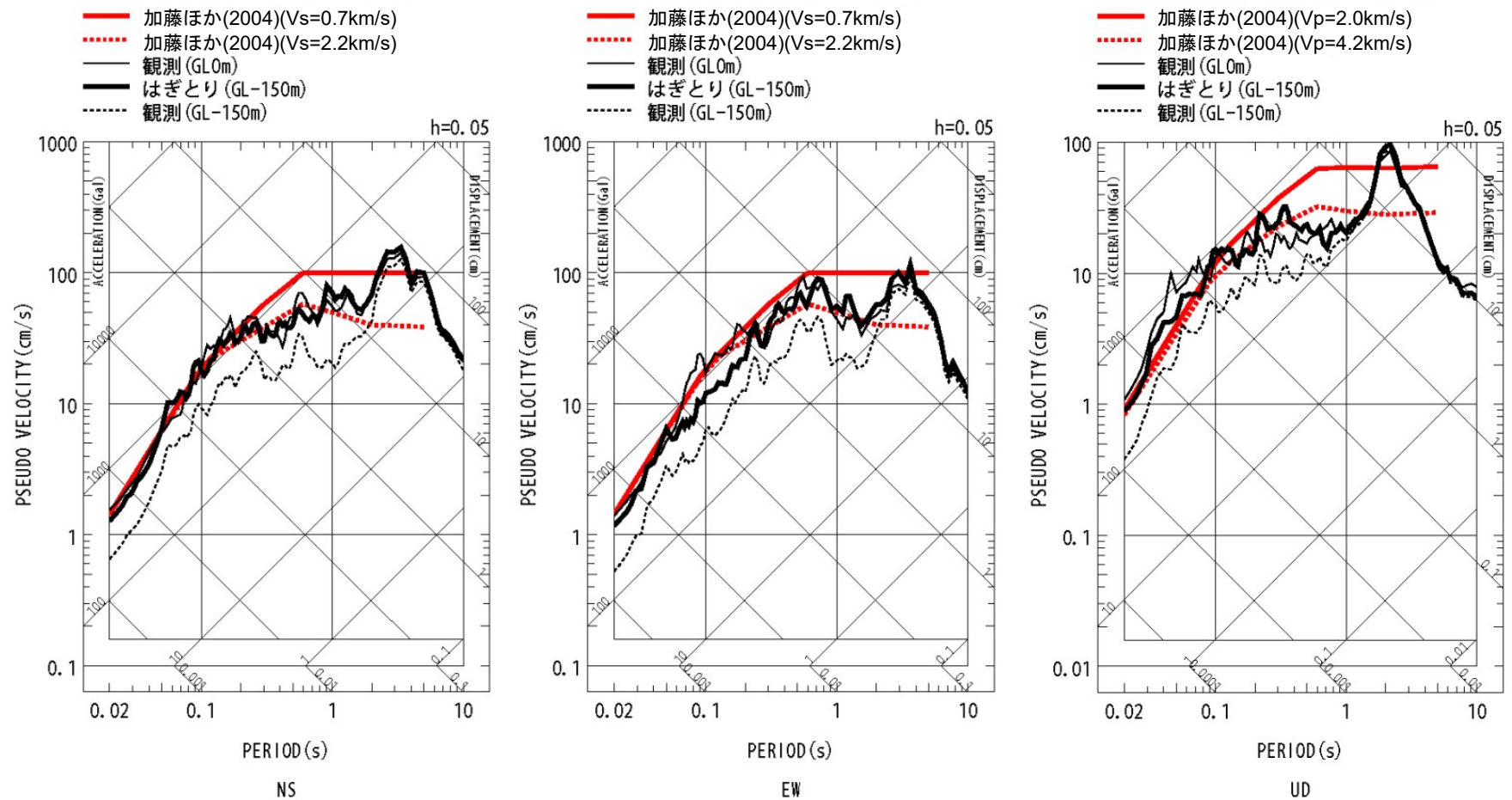
伝達関数の比較(鉛直)

電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

➤ IWTH24(金ヶ崎)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 金ヶ崎観測点に関する検討(3)

H30.10.31
資料1-4-2
p113 再掲

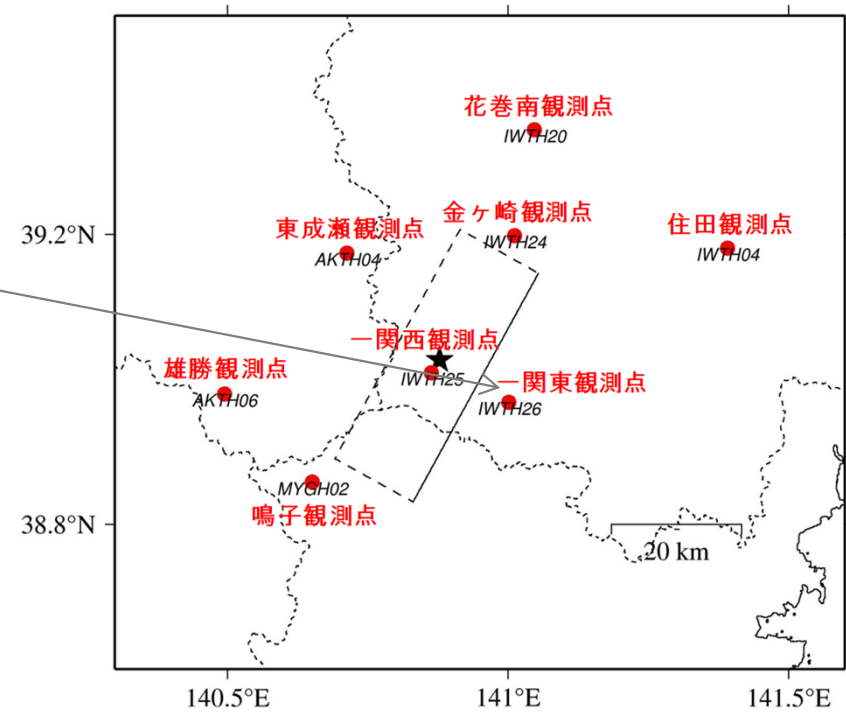
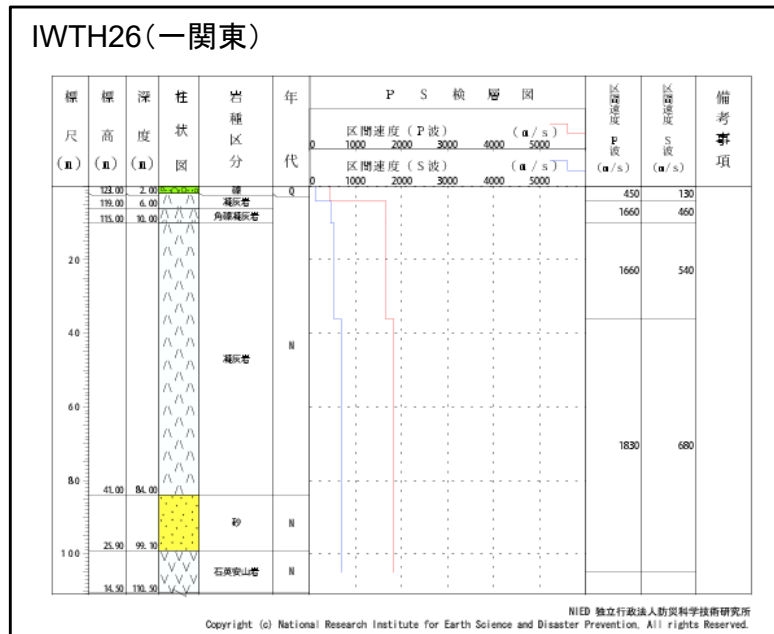


電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

- 地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、IWTH24(金ヶ崎)のはぎとり解析を実施。
- IWTH24(金ヶ崎)は、概ね妥当な地盤モデルを作成でき、はぎとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 一関東観測点に関する検討(1)

H30.10.31
資料1-4-2
p114 再掲



➤ KiK-net観測点のうち、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録(IWTH26(一関東))について、基盤地震動を評価することを目的とした観測記録のはぎとり解析を実施する。

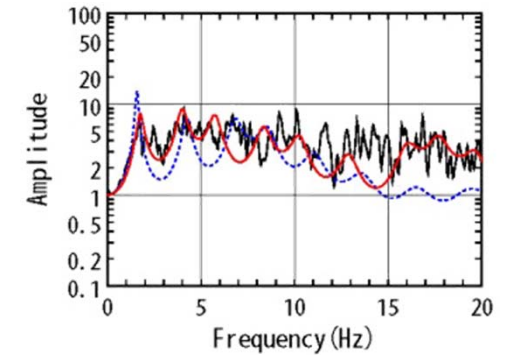
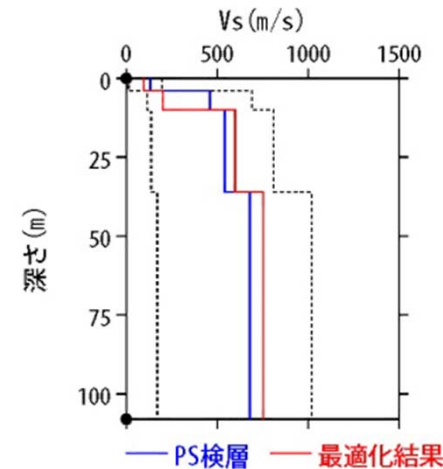
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 一関東観測点に関する検討(2)

H30.10.31
資料1-4-2
p115 再掲



地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	130	13	195	95	0.73		
2	6	4	1.73	460	115	690	200	0.43		
3	26	10	1.73	540	135	810	598	1.11	0.139	0.543
4	72	36	1.82	680	170	1020	752	1.11		
5	—	108	1.82	680	170	1020	752	1.11		

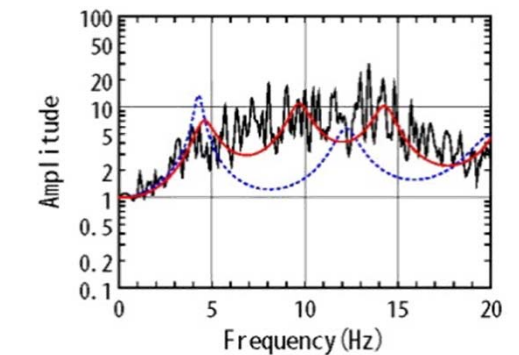
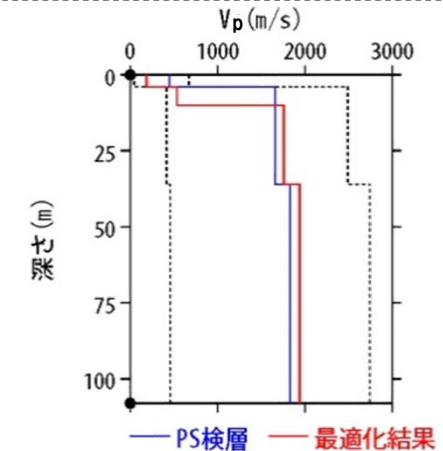


黒: 観測記録
赤: 最適化結果
青: PS 検層

伝達関数の比較(水平)

地盤同定結果(鉛直)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	450	45	675	186	0.41		
2	6	4	1.73	1660	415	2490	534	0.32		
3	26	10	1.73	1660	415	2490	1759	1.06	0.559	1.000
4	72	36	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		
5	—	108	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		



黒: 観測記録
赤: 最適化結果
青: PS 検層

伝達関数の比較(鉛直)

電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

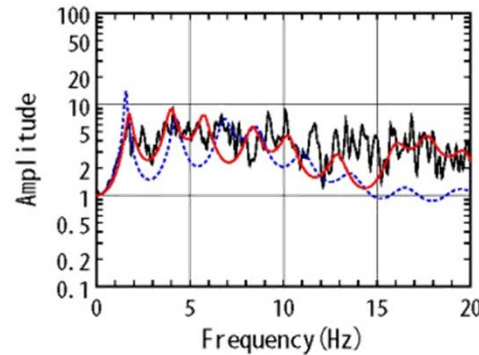
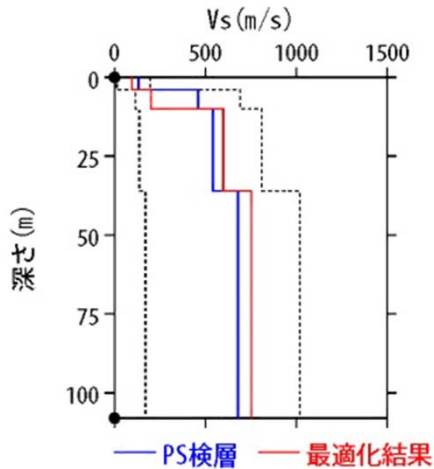
- IWTH26(一関東)の観測記録について、KiK-netボーリングデータを初期値として、観測記録の伝達関数を再現できるように地盤同定を実施。
- 得られた地盤モデルは、鉛直方向において観測記録の伝達関数を再現できていない。なお、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられる。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 一関東観測点に関する検討(3)

■IWTH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)(水平方向)

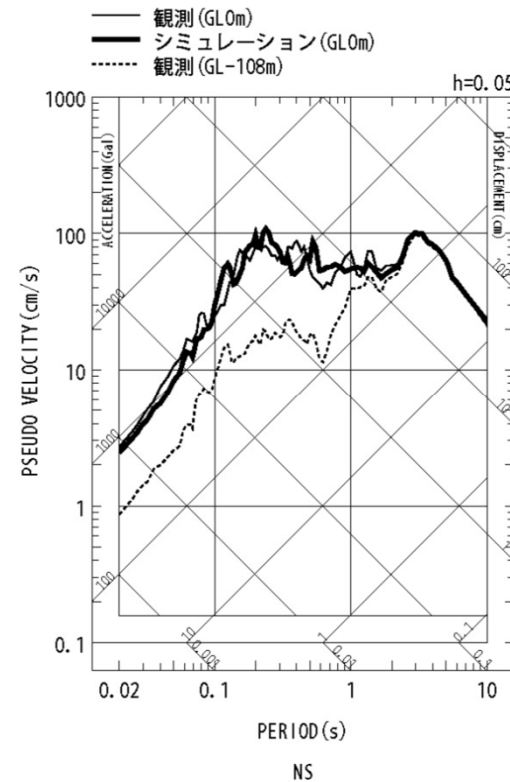
地盤同定結果(水平)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	130	13	195	95	0.73		
2	6	4	1.73	460	115	690	200	0.43		
3	26	10	1.73	540	135	810	598	1.11	0.139	0.543
4	72	36	1.82	680	170	1020	752	1.11		
5	—	108	1.82	680	170	1020	752	1.11		

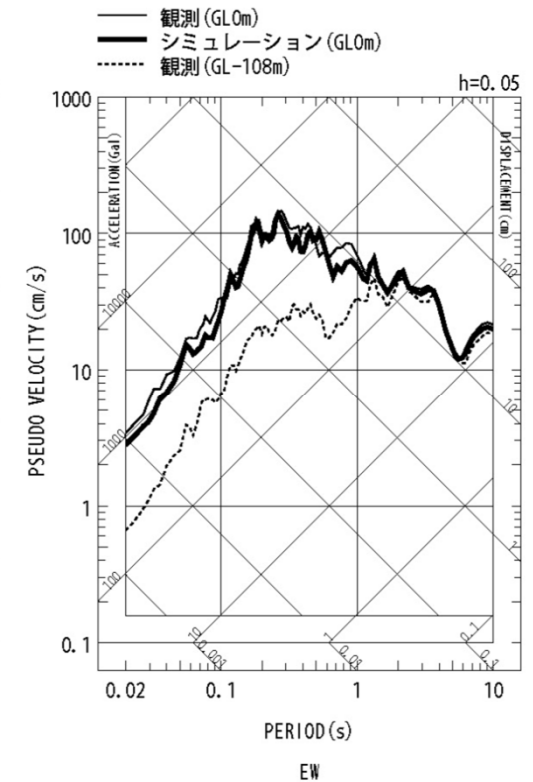


黒: 観測記録
赤: 最適化結果
青: PS 検層

伝達関数の比較(水平)



応答スペクトルの比較(水平)



電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

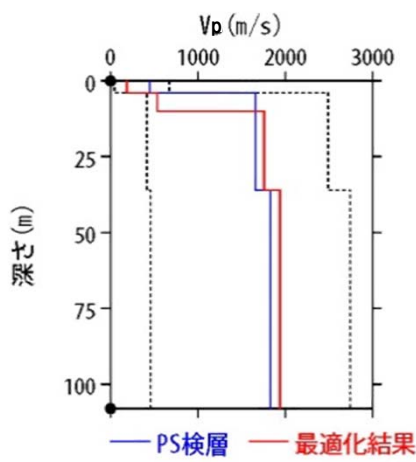
➤ 観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(水平)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、NS方向およびEW方向については地表記録が概ね再現できている。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 一関東観測点に関する検討(4)

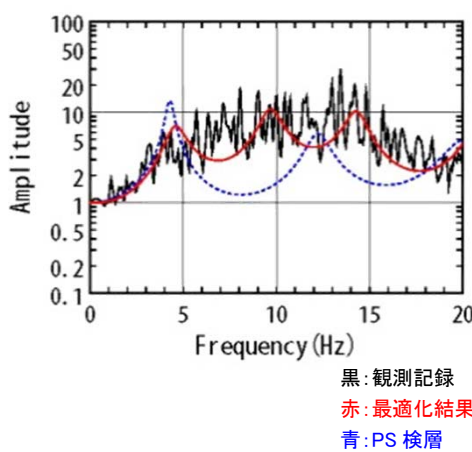
■IWTH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(再現性の確認)(鉛直方向)

地盤同定結果(鉛直)

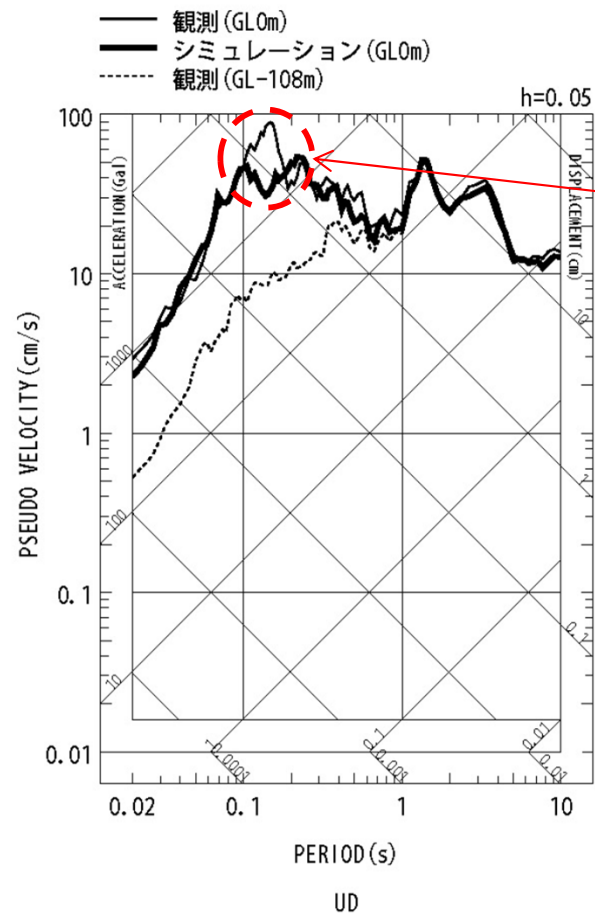
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度 (m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	450	45	675	186	0.41		
2	6	4	1.73	1660	415	2490	534	0.32		
3	26	10	1.73	1660	415	2490	1759	1.06	0.559	1.000
4	72	36	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		
5	—	108	1.82	1830	458	2745	1940	1.06		



伝達関数の比較(鉛直)



黒: 観測記録
赤: 最適化結果
青: PS 検層



ピークが再現
できていない

応答スペクトルの比較(鉛直)

電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

➤ 観測記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデル(鉛直)を用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、地表記録の周期0.1~0.2sにみられるピークが再現できていない。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 一関東観測点に関する検討(5)

H30.10.31
資料1-4-2
p118 再掲



■IWTH26(一関東) 本震を用いた地盤同定に関する検討(鉛直動の探索範囲等の変更)

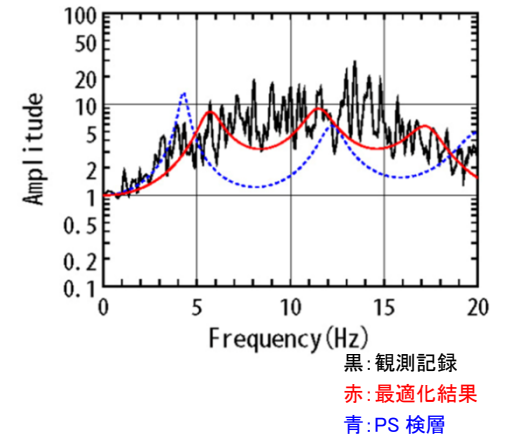
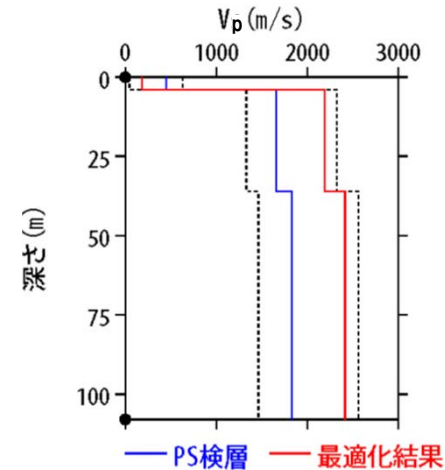
地盤同定結果(鉛直)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	450	45	630	184	0.41		
2	6	4	1.73	1660	1328	2324	2190	1.32		
3	26	10	1.73	1660	1328	2324	2190	1.32	0.331	0.654
4	72	36	1.82	1830	1464	2562	2415	1.32		
5	—	108	1.82	1830	1464	2562	2415	1.32		

No. 3~5層を同倍率で変動



No. 2~5層を同倍率で変動



伝達関数の比較(鉛直)

第286回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

- 観測記録を用いた地盤同定(鉛直)について、伝達関数の周波数約7Hz付近の再現性を向上させるため、Vpの探索範囲を変更し、再度同定を実施した。
- 従来の同定結果と比べて、2Hz~4Hz付近の再現性は低下しており、観測記録の伝達関数を再現できていない。
- また、得られた地盤モデルの2~5層のVpは、PS検層結果と比べて大きく評価されている。

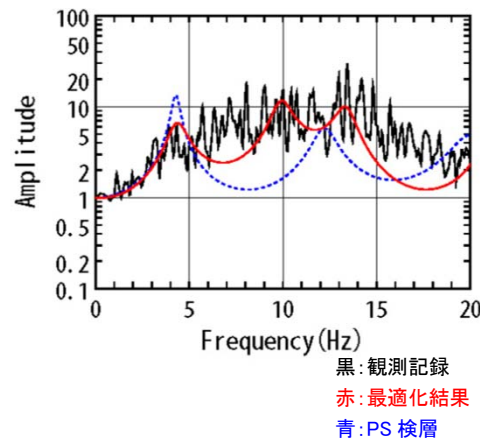
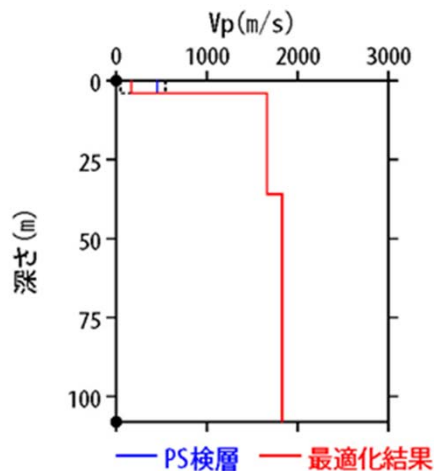
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 一関東観測点に関する検討(6)

■IWTH26(一関東) (鉛直動のPS検層結果を用いた検討)

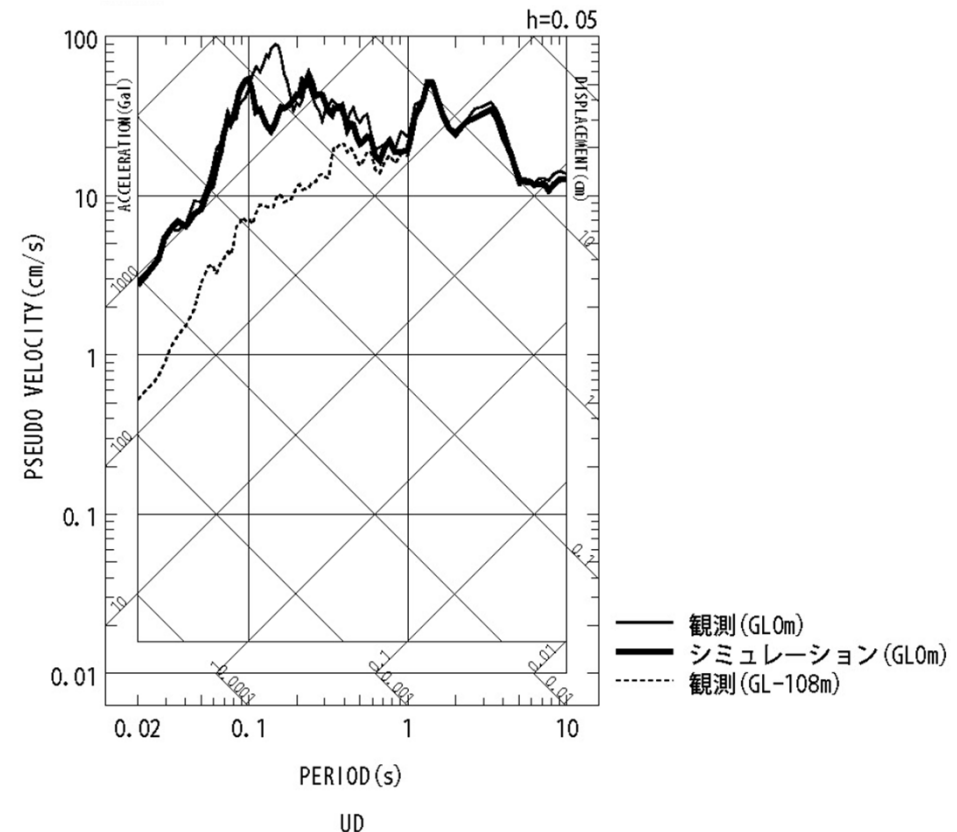
地盤同定結果(鉛直)

No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	P波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	450	45	540	164	0.36	0.531	1.000
2	6	4	1.73	1660	1660	1660	1660	1.00		
3	26	10	1.73	1660	1660	1660	1660	1.00		
4	72	36	1.82	1830	1830	1830	1830	1.00		
5	—	108	1.82	1830	1830	1830	1830	1.00		

No. 2~5層をPS検層値で固定



伝達関数の比較(鉛直)



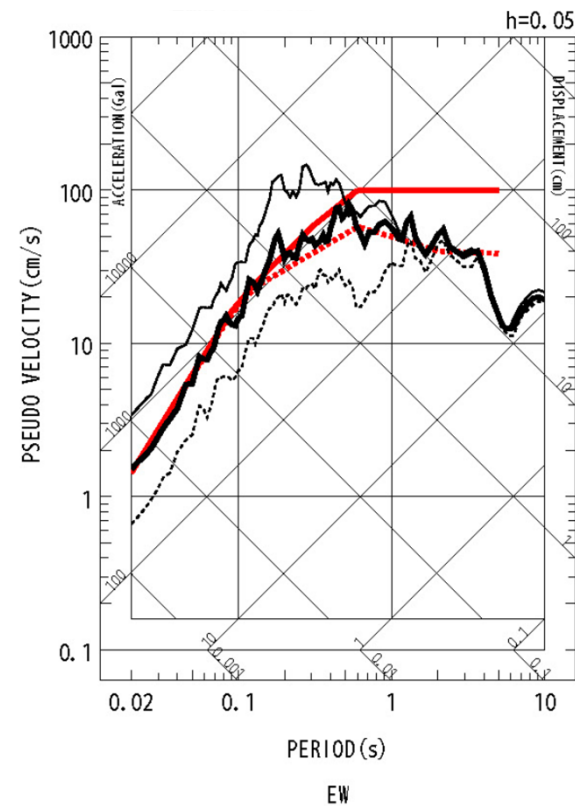
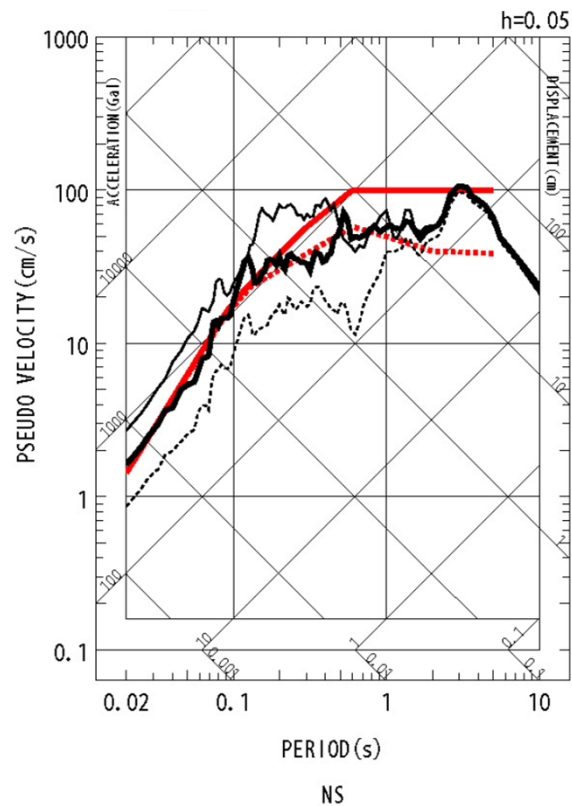
応答スペクトルの比較(鉛直)

第286回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

- これまでの検討より、鉛直方向の観測記録の伝達関数を再現できていないことから、地盤同定により得られた地盤モデルの物性値の妥当性が確認できない状況である。
- 現時点で把握可能な地盤物性値は、PS検層結果のみであることから、PS検層結果を反映した地盤同定を実施する。
- 得られた地盤モデルは、伝達関数および地表記録の応答スペクトルの周期0.1~0.2sにみられるピークが再現できていない。また、従来の同定結果と比べて伝達関数および地表記録の再現性は、同様の傾向であるが、応答スペクトルのごく短周期では若干向上している。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 KiK-net 一関東観測点に関する検討(7)

H30.10.31
資料1-4-2
p120 再掲



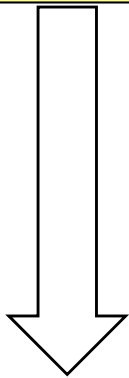
電力共通研究「東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震動評価手法の高度化に関する研究」にて検討を実施

- IWTH26(一関東)観測点については、鉛直方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことから、信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。
- しかしながら、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられ、地表記録を概ね再現できていることから、これまでの検討で得られた地盤モデルを用いて、水平方向のはぎとり解析を実施する。
- IWTH26(一関東)について、地盤同定により得られた地盤モデルを用いて水平方向のはぎとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。

■KiK-net一関東観測点 検討のまとめ

【本震記録を用いた検討】

- IWTH26(一関東)観測点について、本震記録を用いて観測記録のはざとり解析のための地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルは、鉛直方向において観測記録の伝達関数を再現できていない。
- しかしながら、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられ、地表記録を概ね再現できていることから、これまでの検討で得られた地盤モデルを用いて、水平方向のはざとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。



【詳細検討】

①本震記録を用いた検討

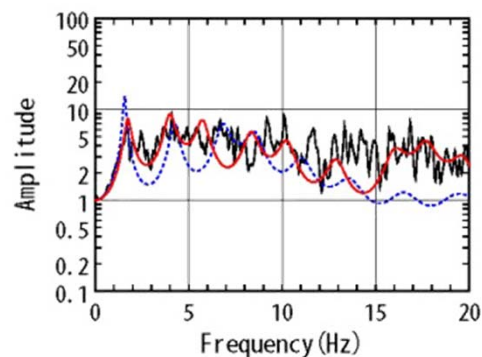
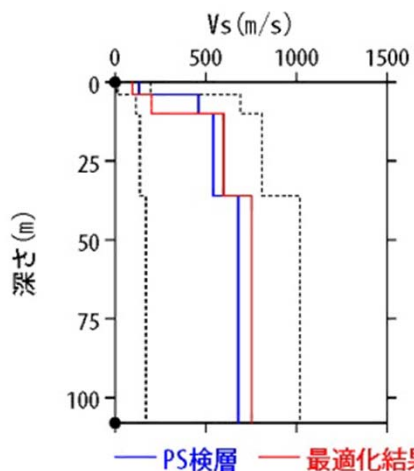
- 本震記録を用いた地盤同定により得られた地盤モデルを用いて、応答スペクトルの再現性を確認した結果、水平方向については、地表記録が概ね再現できており、鉛直方向については、地表記録を再現できていない。
- 探索範囲を変更し地盤同定を実施した結果、得られた地盤モデルは、鉛直動の観測記録の伝達関数を再現できていない。また、得られた地盤モデルの V_p は、PS検層結果と比べて大きい。

- IWTH26(一関東)観測点については、鉛直方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことから、現時点で信頼性の高い基盤地震動の評価は困難である。
- しかしながら、水平方向は、本震記録による伝達関数に一定の整合がみられ、地表記録を概ね再現できており、はざとり解析を実施した結果、一部の周期帯で加藤ほか(2004)を上回る結果となった。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 IWTH26(一関東) はぎとり解析のばらつき評価(1)

地盤同定結果(水平)

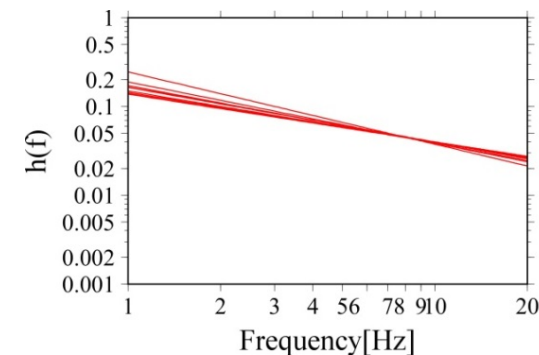
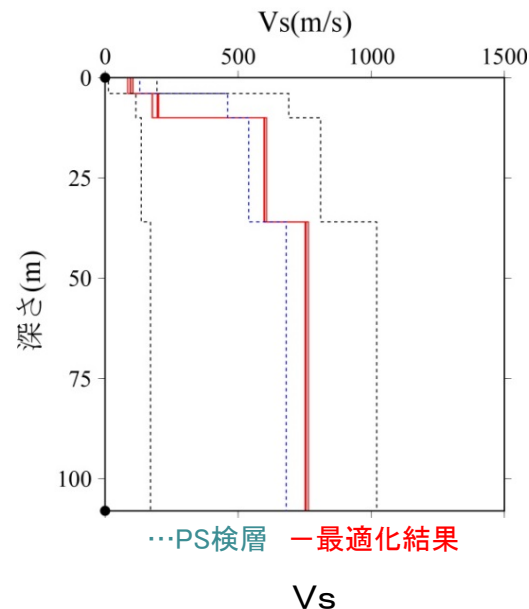
No	THK (m)	DEP (m)	Den (g/cm ³)	S波速度(m/s)					減衰定数	
				Initial	Lower	Upper	Optimized	Opt./Ini.	ho	α
1	4	0	1.64	130	13	195	95	0.73		
2	6	4	1.73	460	115	690	200	0.43		
3	26	10	1.73	540	135	810	598	1.11	0.139	0.543
4	72	36	1.82	680	170	1020	752	1.11		
5	—	108	1.82	680	170	1020	752	1.11		



黒: 観測記録
赤: 最適化結果
青: PS 検層

伝達関数の比較(水平)

はぎとり解析に用いる地盤モデル



減衰定数(水平)

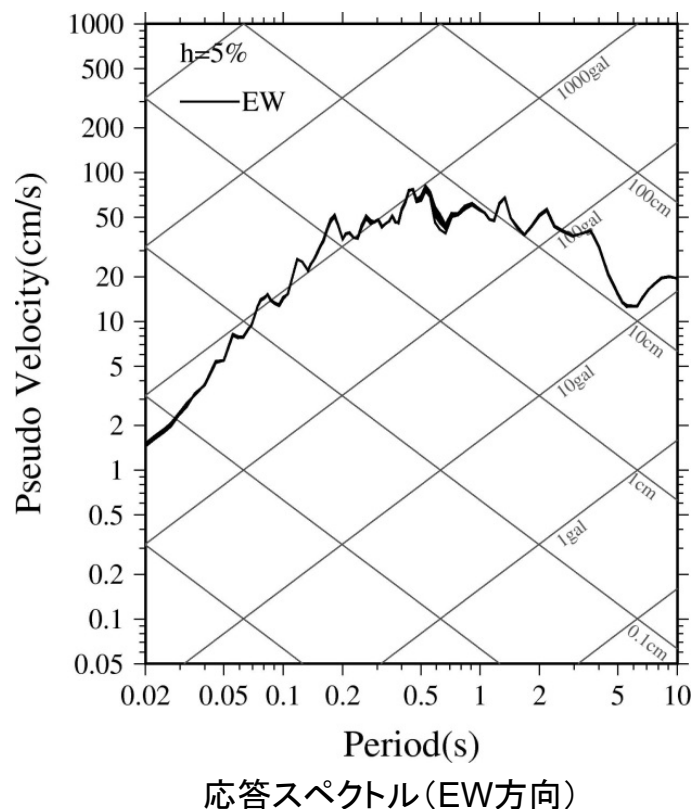
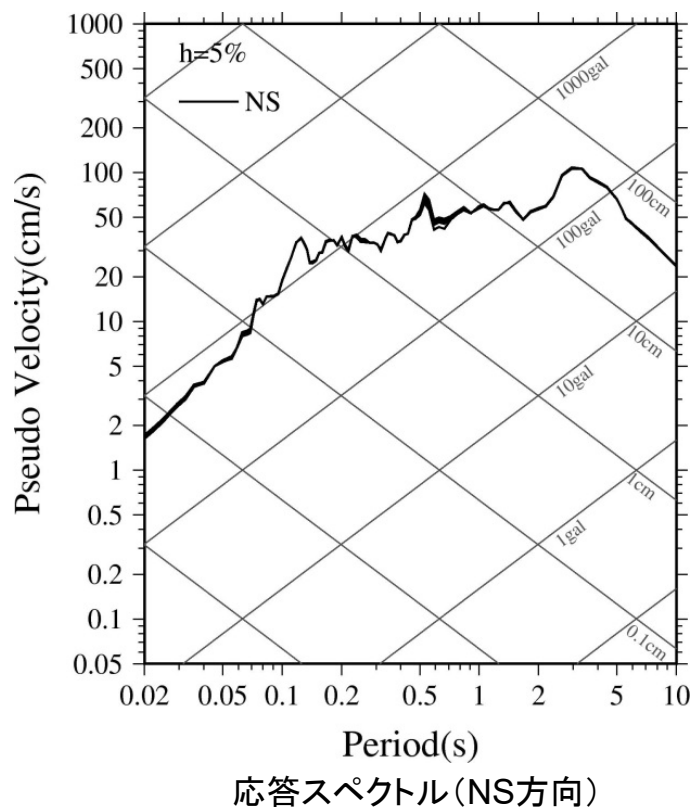
地盤同定結果

第286回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

- IWTH26(一関東)[水平]のはぎとり解析に用いる地盤モデルについては、観測記録の伝達関数を再現できるように10ケースの地盤同定を実施し、誤差が最小となるケースとしている。
- 最適化結果以外の地盤同定ケースの結果をばらつきとみなし、これを用いてはぎとり解析を実施する。
- はぎとり解析にあたり、以下のとおり地盤物性を設定する。
 - Vsは、同定結果にばらつきがみられないことを踏まえ、最適化結果の地盤モデルのVsにて固定する。
 - 減衰定数については、最適化結果以外の値をばらつきとみなし用いる。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 IWTH26(一関東) はぎとり解析のばらつき評価(2)

H30.10.31
資料1-4-2
p123 再掲



最大加速度

	NS方向	EW方向
最適化ケースによる地震動	511Gal	476Gal
平均	519Gal	470Gal
平均+1 σ	528Gal	477Gal
最適化ケースによる地震動に対する平均+1 σ の比	1.03	1.00

はぎとり解析結果

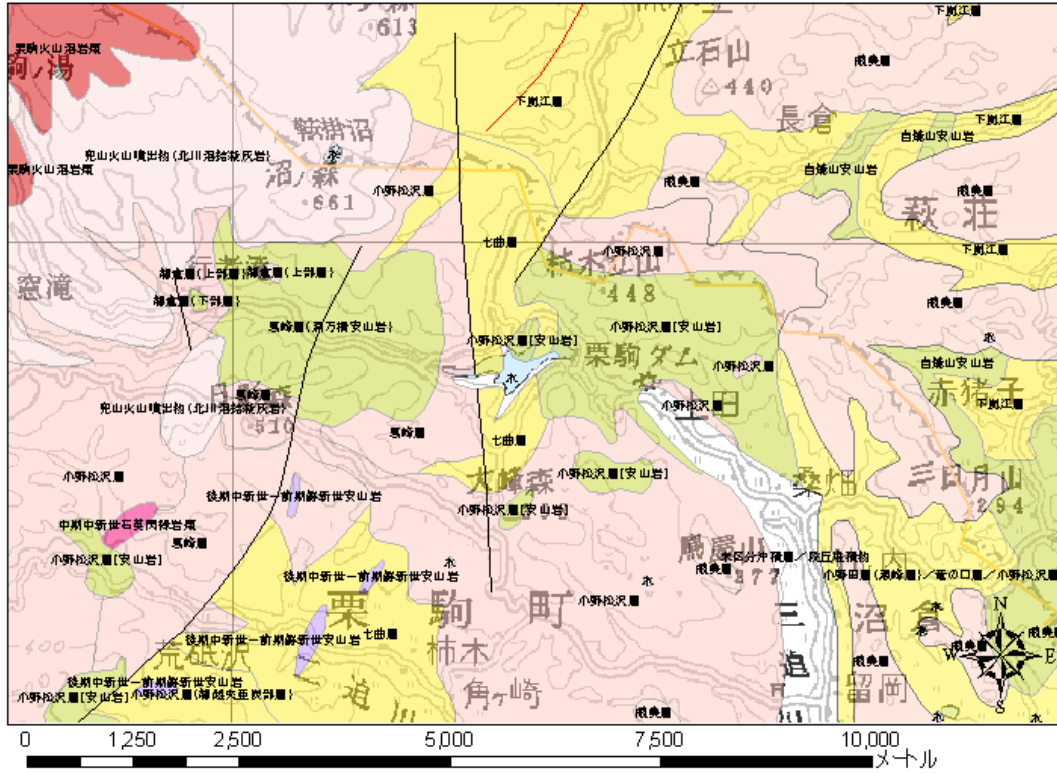
第286回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋・加筆

- IWTH26(一関東)[水平]の地盤同定結果を用いたはぎとり解析結果によるばらつきは、最適化ケースによる地震動の最大加速度とはぎとり地震動の最大加速度の平均+1 σ との比は、NS方向で1.03である。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(1)



■ 栗駒ダムの地盤構造



栗駒ダム周辺地質図(東北建設協会(2006)に加筆)

栗駒ダム基盤地質の特徴(東北建設協会(2006))

地層	小野松沢層(安山岩)
時代	後期中新世
岩相	安山岩溶岩および火山角礫岩
硬軟区分	軟岩～中硬岩

東北地方デジタル地質図凡例(東北建設協会(2006)に加筆)

地質年代 (Ma)	岩石区分	堆積物・堆積岩						火山岩類						
		礫岩	砂岩	泥岩	凝灰岩	火山灰	石灰岩	珪長質(流紋岩・デイサイト)			苦鉄質(安山岩・玄武岩)			
								貫入岩	溶岩および火山砕屑物	デイサイト質火砕流堆積物	貫入岩	溶岩および火山砕屑物		
第四紀	完新世	H	Hc	Hs		Ht		Hdb		Hav	Hp		Hbv	
	更新世	Q3	Q3c	Q3s	Q3m	Q3t		Q3db			Q3pf		Q3bv	
		Q2	Q2c	Q2s	Q2m	Q2t		2db	Q2db		Q2av	Q2pf		Q2bv
	Q1	Q1c	Q1s	Q1m	Q1t			Q1db	Q1ai	Q1av	Q1pf		Q1bv	
第三紀	鮮新世	N3B	N3Bc	N3Bs	N3Bm	N3Bt			N3ai	N3Bai	N3Bav		N3bi	N3bv
		N3A	N3Ac	N3As	N3Am	N3At			N3ai	N3Aai	N3Aav		N3abi	N3abv
	中新世	N2	N2c	N2s	N2m	N2t			N2ai	N2av	N2av		N2bi	N2bv
		N1	N1c	N1s	N1m	N1t			N1ai	N1av	N1av		N1bi	N1bv
古第三紀	漸新世	PG4	PG4c			PG4t				PG4av			PG4bv	
	PG3	PG3c	PG3s	PG3m				PG3ai						
	始新世	PG2						PG2ai	PG2av					
暁新世	PG1					PG1t								

Ma: 100万年前 年代尺度はGradstein et al. (2004)による

➤ 東北建設協会(2006)によると、栗駒ダムの地震観測点の基盤地質について、地層は小野松沢層(安山岩)、岩相は安山岩溶岩および火山角礫岩、硬軟区分は軟岩～中硬岩とされている。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(2)

■栗駒ダム地点の速度構造



栗駒ダム地点の位置

栗駒ダム地点の速度構造

No.	LOWER DEP(m)	THK (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1	11	11	600	2000
2	295	284	1100	2500
3	301	6	1400	3000
4	736	435	1700	3500
5	1227	491	2100	4000
6	2313	1086	3100	5500
7	7313	5000	3300	5700
8	-	-	3400	6000

地震ハザードステーション(J-SHIS)より抜粋

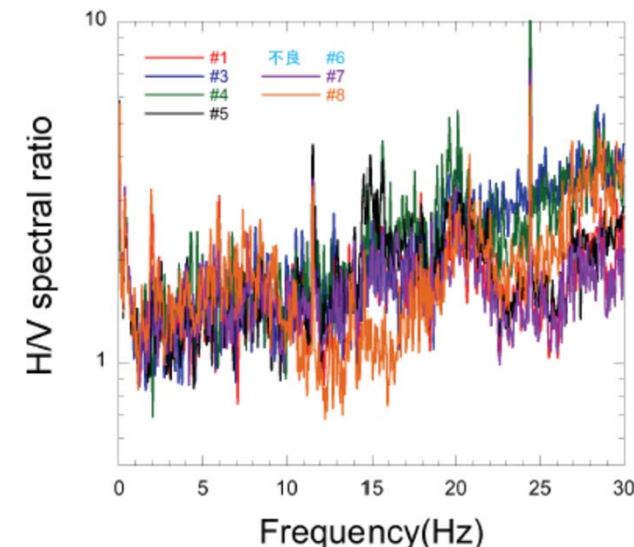
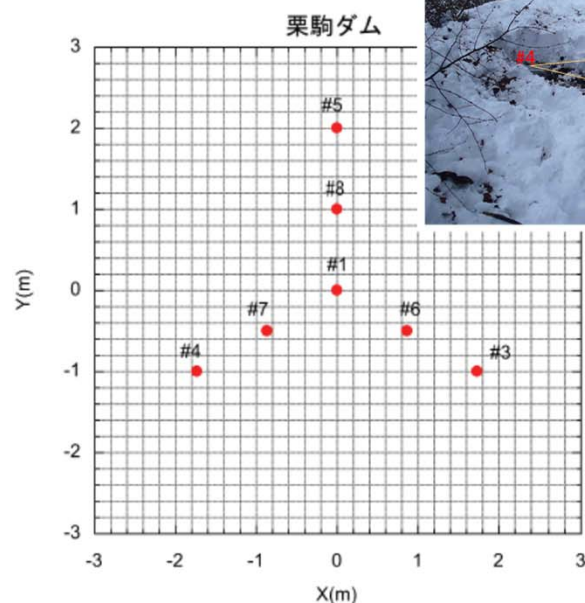
- 栗駒ダム建設時の試錐記録および増川ほか(2014)によると、栗駒ダム地域の基礎岩盤は安山岩とされている。
- 防災科学技術研究所の地震ハザードステーション(J-SHIS)による栗駒ダム地点の速度構造は、第1層のVsは600m/sとされている。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(3)

H30.10.31
資料1-4-2
p126 再掲



■栗駒ダム(右岸地山)の微動アレイ観測による地盤構造の検討



微動H/Vスペクトル

微動アレイ観測位置

第286回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

- 栗駒ダム(右岸地山)の基盤までの地盤構造を検討するため、栗駒ダム(右岸地山)観測点と同等の地盤が露頭していると考えられる地点での常時微動のアレイ観測を実施している。
- 常時微動観測記録のH/Vスペクトルによると、地盤の卓越振動数は20Hz程度となっており、表層が非常に薄い可能性が示唆される。

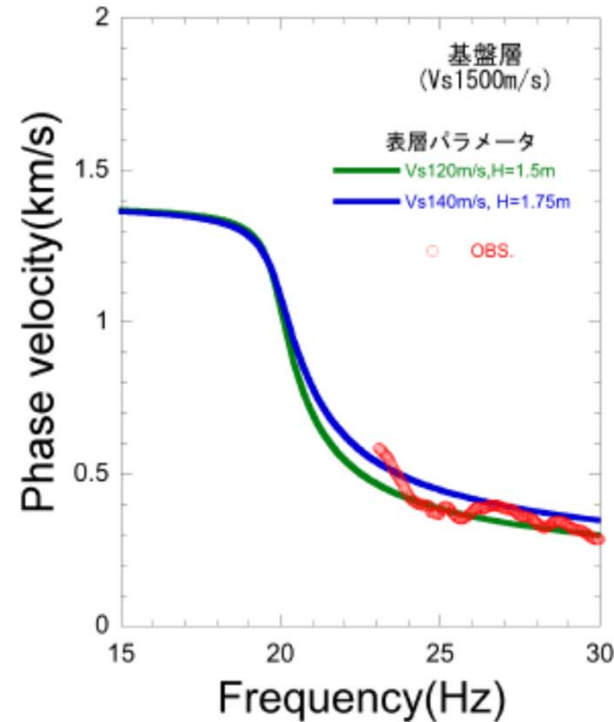
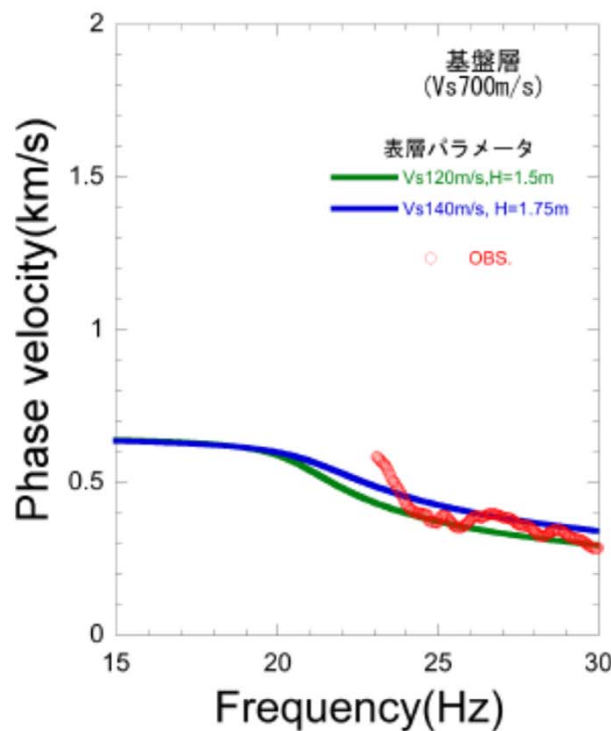
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(4)

H30.10.31
資料1-4-2
p127 再掲



■栗駒ダム(右岸地山)の微動アレイ観測による地盤構造の検討結果

- 微動アレイ観測による平均的な位相速度を用いて地盤モデルについて検討する。
- 検討においては、微動H/Vスペクトルによる表層地盤の卓越振動数(20Hz程度)を考慮した地盤モデル(2層モデル)により検討する。
 - 表層(1層目): 1/4波長則から卓越振動数が20HzとなるVsとH(層厚)の組み合わせのうち、位相速度の説明性のよいVs=120m/s, H=1.5mおよびVs=140m/s, H=1.75mを仮定
 - 基盤(2層目): Vs=700m/sおよび1500m/sを仮定



2層モデルによる位相速度

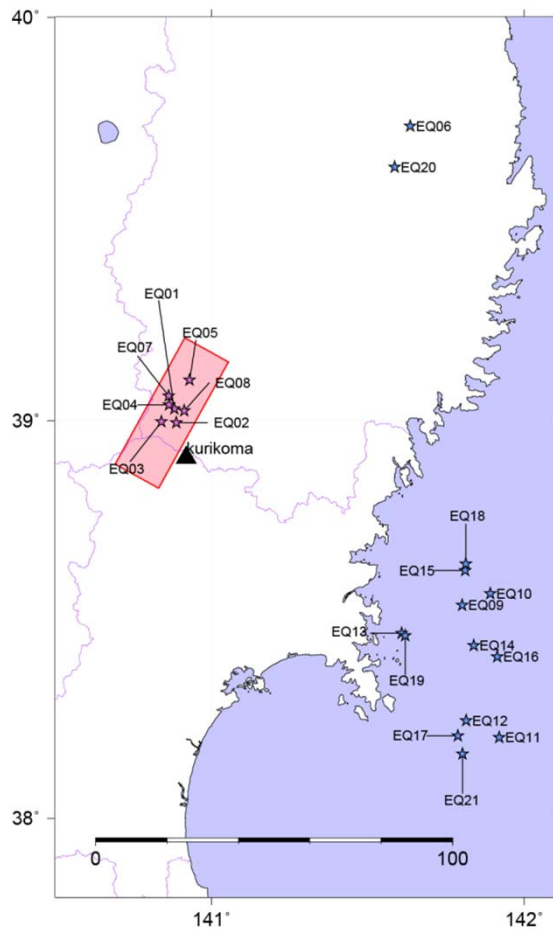
第286回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

- 微動アレイ観測により得られた位相速度から、表層地盤が非常に薄く、基盤となる2層目のS波速度が700m/s程度より大きいと推定される。

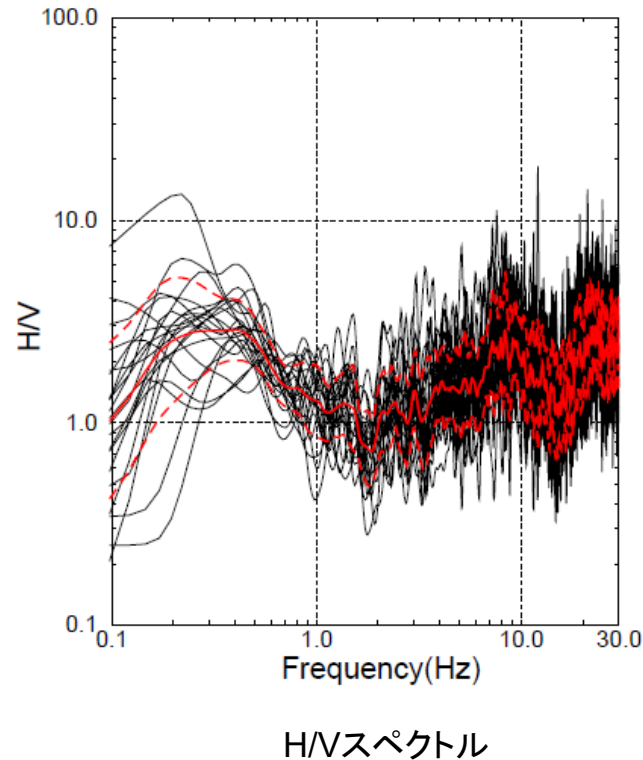
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(5)

■栗駒ダム(右岸地山)の拡散波動場理論を用いた地盤構造の検討

➤ 基盤までの地盤構造については、微動アレイ観測により、表層地盤が非常に薄く、基盤となる2層目のS波速度が700m/s程度より大きいと推定される。ここでは、さらに深部の地盤構造確認のため、栗駒ダム(右岸地山)のH/Vスペクトルに基づき、拡散波動場理論(Kawase et al.(2011))を用いて地盤モデルを同定する。



地盤同定に用いる地震の震源分布
(赤:内陸地殻内地震、青:海溝型地震)



➤ 観測H/Vと理論H/V(Kawase et al.(2011))が適合するように地盤モデルを探索

$$\frac{H(0, \omega)}{V(0, \omega)} = \sqrt{\frac{2\alpha_H |TF_1(0, \omega)|}{\beta_H |TF_3(0, \omega)|}}$$

α_H : 基盤でのVp

β_H : 基盤でのVs

$TF_1(0, \omega)$: 基盤に対する地表の水平動の伝達関数

$TF_3(0, \omega)$: 基盤に対する地表の鉛直動の伝達関数

➤ 山中(2007)のGAとSAのハイブリッドヒューリスティック法により地盤モデルを同定
➤ J-SHISの地盤モデルを参考に探索範囲を設定
(深部についてはJ-SHISモデルで固定)

地盤同定方法

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(6)

H30.10.31
資料1-4-2
p129 再掲

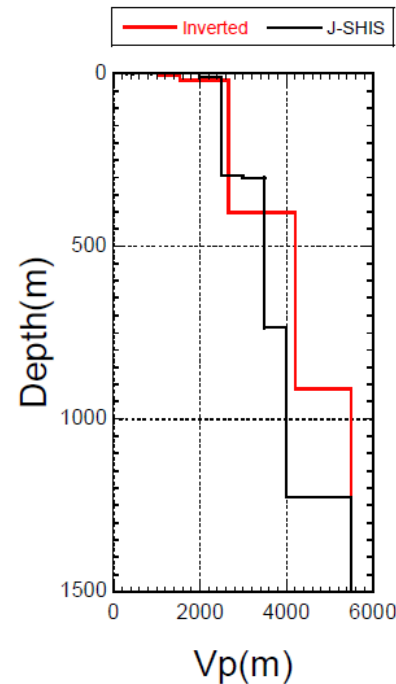
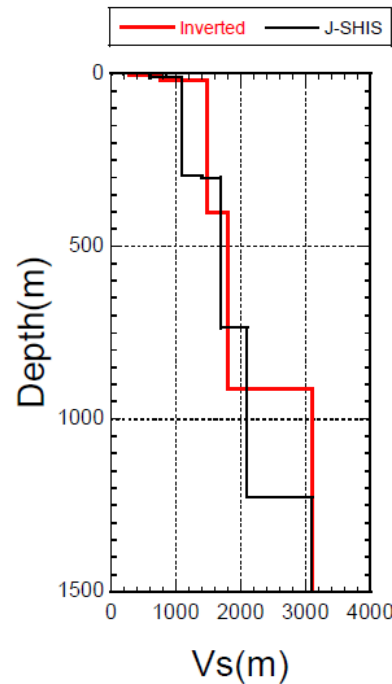


■栗駒ダム(右岸地山)の拡散波動場理論を用いた地盤構造の検討結果

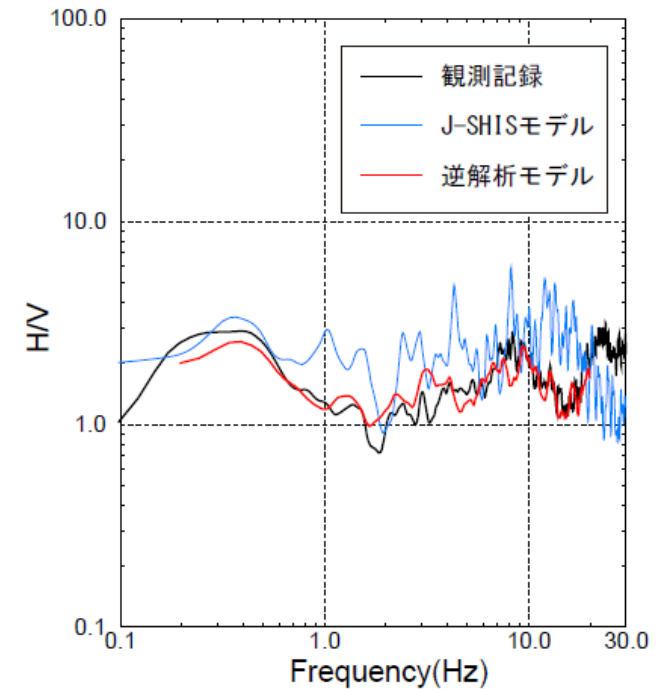
➤ 同定された地盤モデルは、基盤以深では、地表から深くなるとともにVs・Vpが大きくなっており、特異な傾向はみられない。なお、地盤モデルの浅部については、微動アレイ観測により推定される地盤モデルと概ね整合しているが、今後も栗駒ダム地震観測点の地盤モデルについての更なる信頼性向上に努めていく。

Upper Depth (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Density (t/m ³)
0	282	1030	1.9
4	767	1549	2.15
20	1489	2663	2.25
401	1810	4210	2.35
913	3100	5500	2.6
1999	3300	5700	2.7
6999	3400	6000	2.75

同定された地盤モデル



同定された地盤モデルとJ-SHISによるモデルの比較



H/Vスペクトルの比較

第286回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

■栗駒ダム(右岸地山)の地盤構造に関する検討結果

➤ 栗駒ダム(右岸地山)の地盤については、地質および速度構造から相応の硬さの地盤であると考えられる。
 ➤ 栗駒ダム(右岸地山)観測点は、硬質な岩盤の地表面に設置されていることから、解放基盤表面に相当する観測点であると考えられる。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(7)

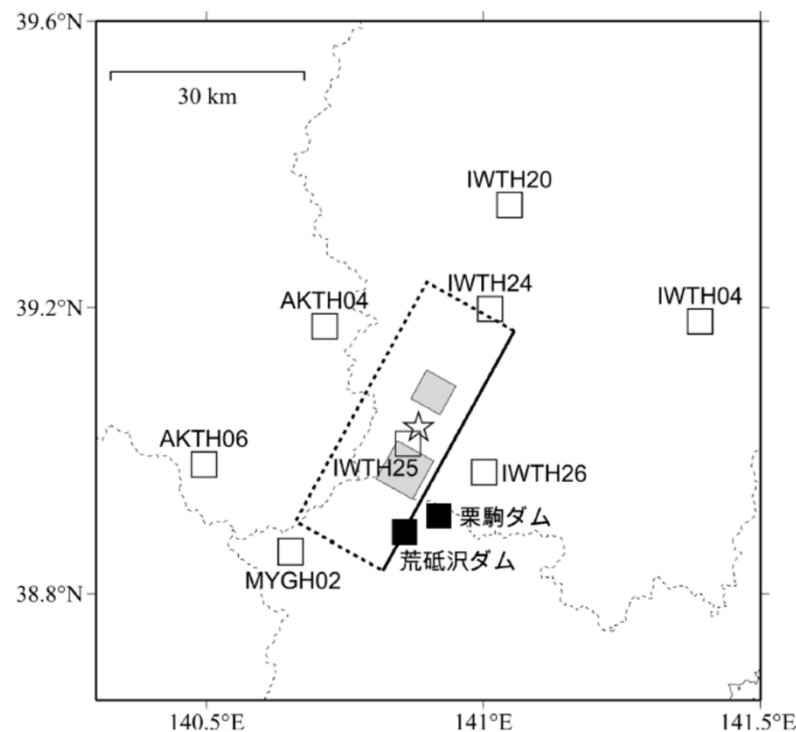
■栗駒ダム(右岸地山)の観測記録の分析

➤ 栗駒ダム(右岸地山)の観測記録について、特異性の有無を確認するため、栗駒ダム(右岸地山)の観測記録が耐専スペクトルで再現できるか確認する。

■栗駒ダム(右岸地山) 本震の耐専スペクトル適用性に関する検討

➤ 岩手・宮城内陸地震の観測記録について、電力共通研究ではざっと解析を行った結果を照合し、本地震が耐専スペクトル※で評価可能か確認を行う。

※等価震源距離の算定のための震源モデルとしては、JNES(2014)シナリオ3を用いる。



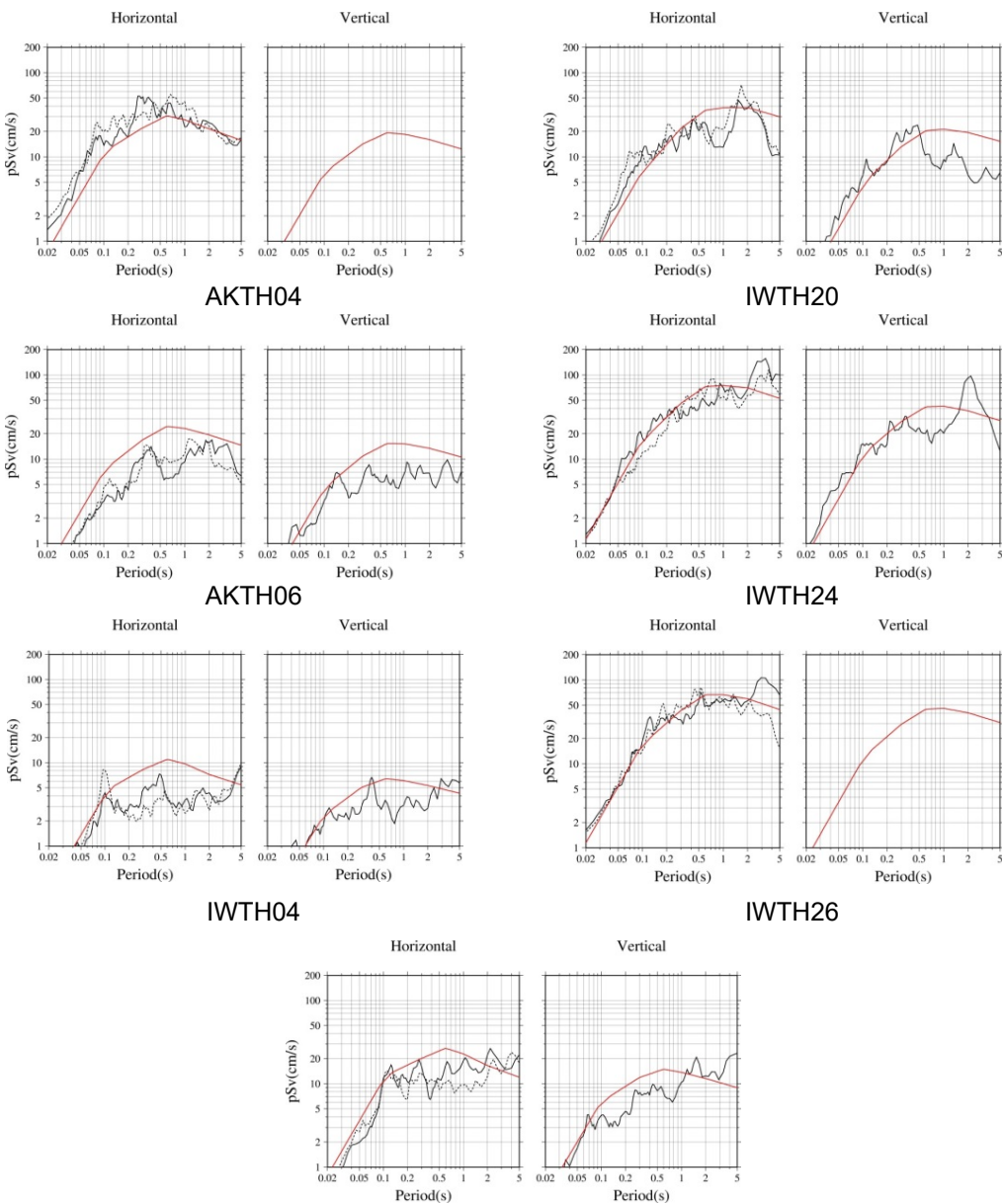
記録No.	観測点	dep. (m)	Vsb (m/s)	Vpb (m/s)	地表PGA(Gal)			Xeq (km)	はざとり	
					NS	EW	UD		H	V
1	AKTH04 東成瀬	100	1500	3000	1318	2449	1094	24.0	△	×
2	AKTH06 雄勝	100	1100	2560	180	186	140	32.7	○	○
3	IWTH04 住田	106	2300	4000	126	159	115	48.0	○	○
4	IWTH20 花巻南	156	430	1720	249	240	136	34.7	○	○
5	IWTH24 金ヶ崎	150	540	1930	503	435	342	17.3	○	○
6	IWTH25 一関西	260	1810	3180	1143	1433	3866	11.1	—	—
7	IWTH26 一関東	108	680	1830	888	1056	927	17.0	○	×
8	MYGH02 鳴子	203	2205	5370	254	230	233	23.1	△	○

※:一関西については、先の検討よりサイト特性の影響がありうる事から、本検討からは除外

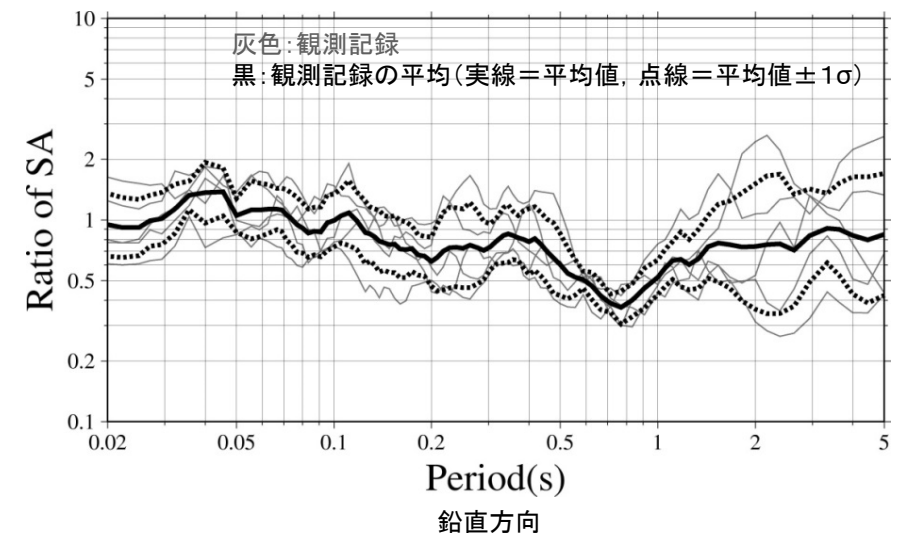
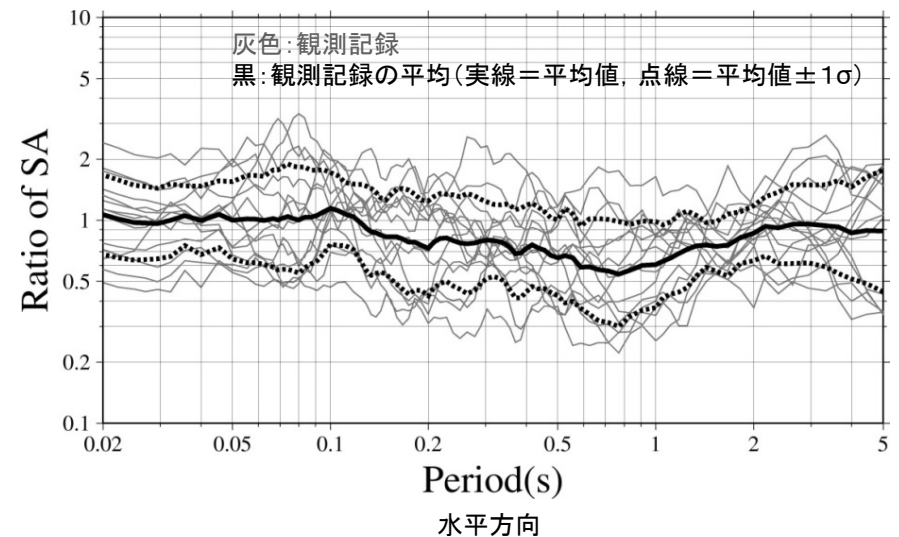
※:Vs、Vpは、各地点の地中観測点深度におけるPS検層結果を用いる

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(8)

■ 栗駒ダム(右岸地山) 本震の耐専スペクトル適用性に関する検討



➤ 岩手・宮城内陸地震については、ばらつきはあるものの、耐専スペクトルで概ね評価可能。



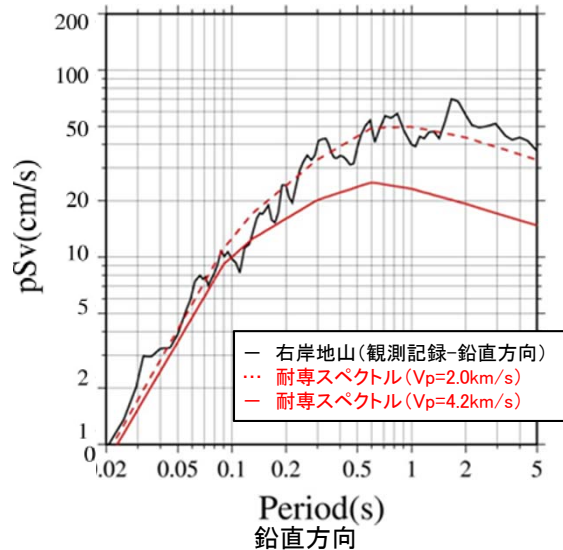
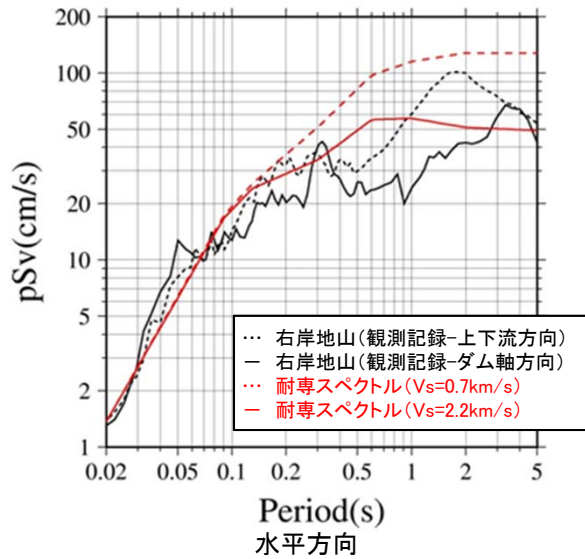
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(9)

H30.10.31
資料1-4-2
p132 再掲

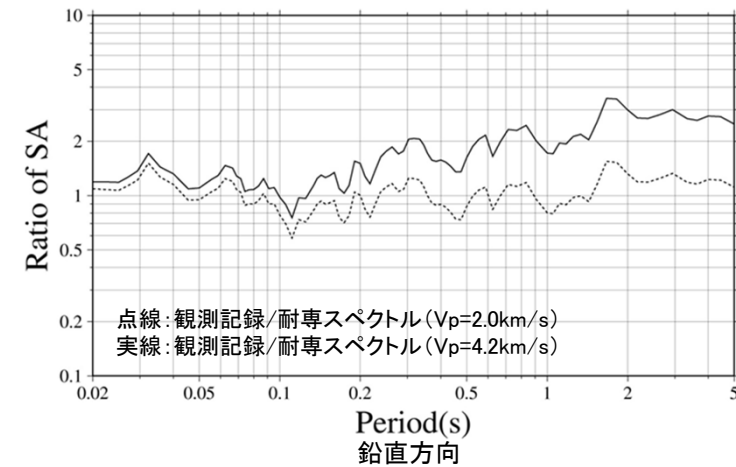
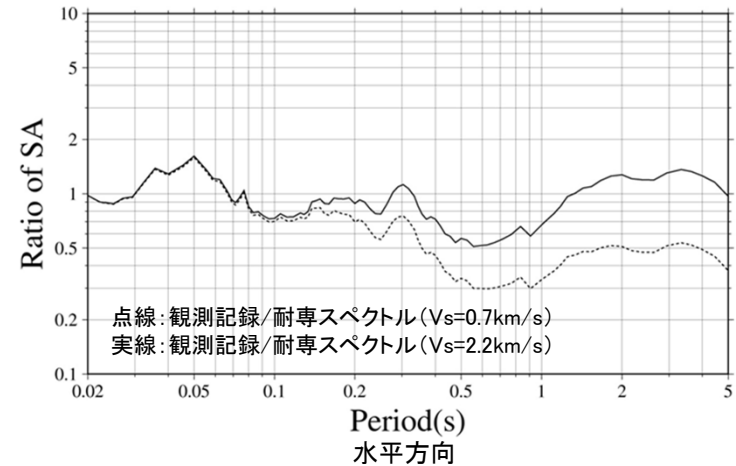


■栗駒ダム(右岸地山) 耐専スペクトルを用いた検討

➤ 耐専スペクトルを用いて、栗駒ダム(右岸地山)で得られた岩手・宮城内陸地震観測記録の再現について検討した。等価震源距離算定のための震源モデルは、JNES(2014)シナリオ3を用いた($X_{eq}=14.6\text{km}$)。



耐専スペクトル
との残差



第286回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

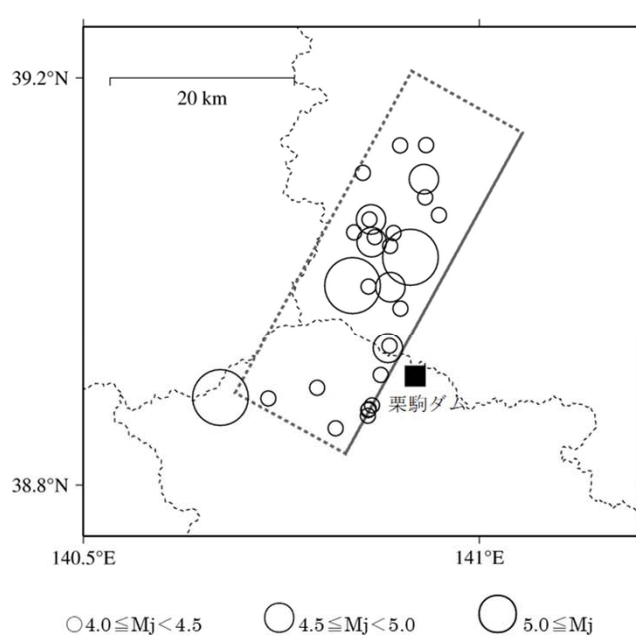
➤ 栗駒ダム(右岸地山)については、耐専スペクトルで岩手・宮城内陸地震観測記録を短周期側において概ね再現可能。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(10)

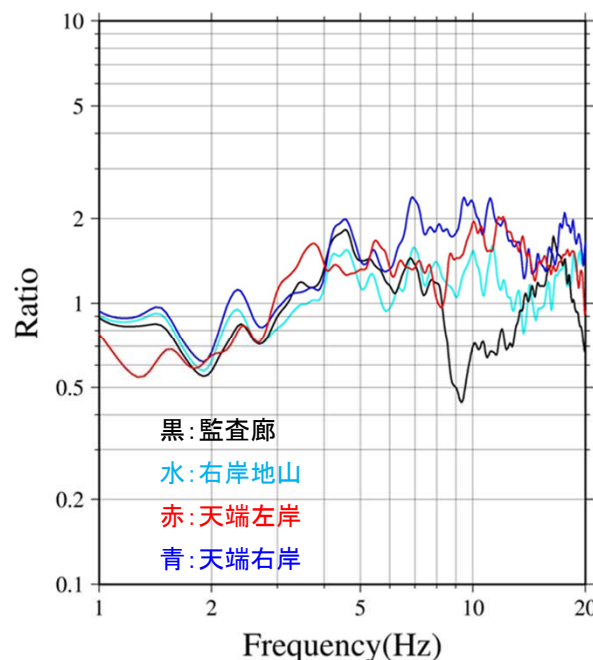
H30.10.31
資料1-4-2
p133 再掲



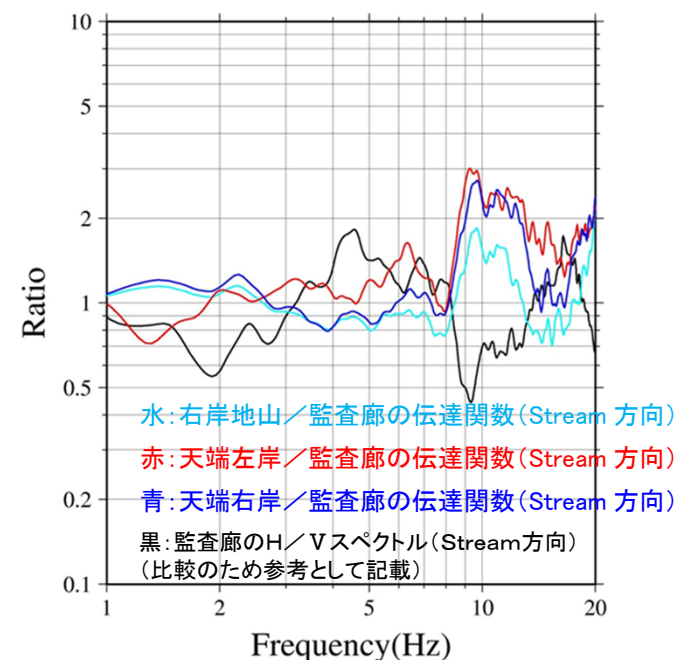
■栗駒ダム(監査廊)の観測記録の分析



検討地震の震央分布



H/Vスペクトル

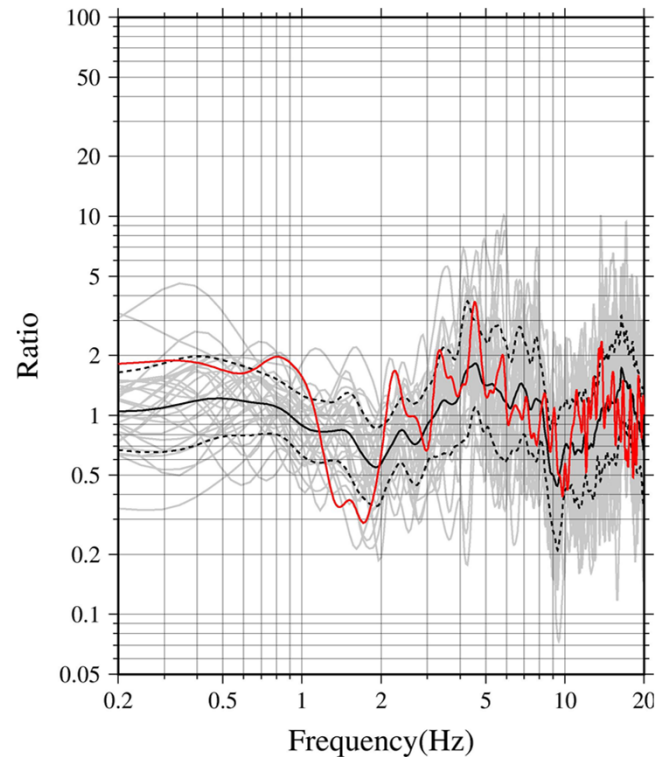


伝達関数

第286回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

- ▶ 栗駒ダム観測点における岩手・宮城内陸地震の余震記録を用いてH/Vスペクトルを算定した。なお、水平方向は上下流(Stream)方向の観測記録を用いた。
⇒余震記録のH/Vスペクトルの平均によると、監査廊の約10Hzにおいて谷となっているのに対し、右岸地山・天端左岸・天端右岸では同様の傾向はみられない。
- ▶ 栗駒ダム観測点における岩手・宮城内陸地震の余震記録を用いて、上下流(Stream)方向の観測記録の監査廊に対する各観測点の伝達関数を算定した。
⇒天端左岸・天端右岸における伝達関数の平均では、約10Hzにピークがみられることから、ダム堤体の固有周期の影響により監査廊のH/Vスペクトルの約10Hzが谷となっているものと考えられる。

■栗駒ダム(監査廊)の観測記録の分析



灰色:余震 29 記録 黒:余震 29 記録の平均(実線=平均値, 点線=平均値±1σ)

赤:2008 年岩手宮城本震

監査廊のH/Vスペクトル

第286回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

- 栗駒ダム(監査廊)について、岩手・宮城内陸地震本震記録と余震記録のH/Vスペクトルを比較した。なお、水平方向は上下流(Stream)方向の観測記録を用いた。
- 本震記録のH/Vスペクトルにおいて約10Hzで谷となっており、余震記録の傾向と整合していることから、監査廊の本震記録には、ダム堤体の影響が含まれていると考えられる。

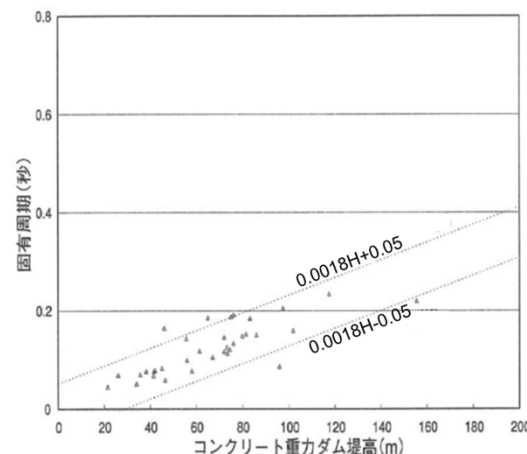
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 栗駒ダムに関する検討(12)

H30.10.31
資料1-4-2
p135 再掲

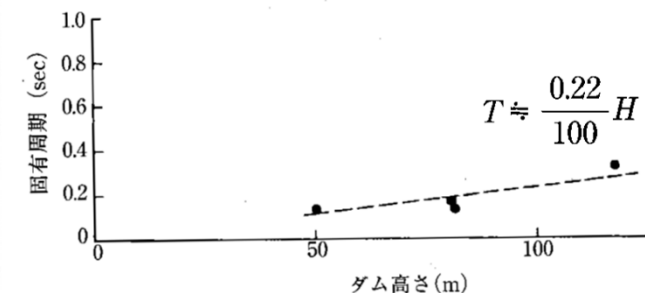


■栗駒ダム(監査廊) ダム堤体の固有周期の検討

- 松本ほか(2005)では、重力式ダムの地震観測記録による基礎と天端の伝達関数を用いて、堤体の固有周期(T)と堤体高さ(H)について、 $T=0.18 \times H/100 \pm 0.05$ の関係式を求めている。
⇒栗駒ダム(堤体高さ約57m)の固有周期:0.103s(0.053~0.153s) [約10Hz(約7~19Hz)]
- ダム技術センター(2005)では、標準的な重力式ダムの堤体の固有周期と堤体高さについて、 $T \approx 0.22 \times H/100$ の関係式を求めており、地震観測記録の基礎と天端の伝達関数による固有周期の傾向と一致するとしている。
⇒栗駒ダム(堤体高さ約57m)の固有周期:0.125s [約8Hz]

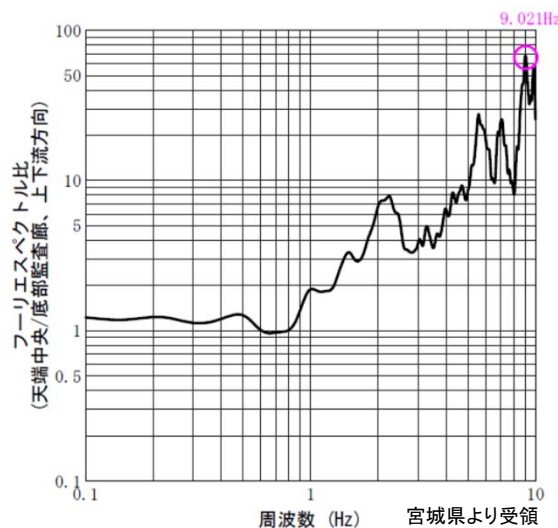


重力式ダムの固有周期と堤体高さの関係
(松本ほか(2005)に加筆)



重力式ダムの固有周期と堤体高さの関係
(ダム技術センター(2005)に加筆)

- 宮城県では、栗駒ダム堤体の固有周期を把握するため、天端中央および監査廊底部で常時微動観測を行っている。
- 栗駒ダムにおける常時微動の監査廊底部に対する天端中央の伝達関数(上下流方向)の卓越周波数から評価される固有周波数(固有周期)は、9.021Hz(0.111s)となっている。

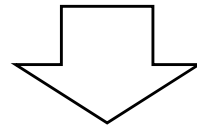


栗駒ダムでの常時微動の伝達関数
(天端中央/監査廊底部、上下流方向)

- 重力式ダムの固有周期と堤体高さの関係および栗駒ダムにおける常時微動観測記録による栗駒ダム堤体の固有周期は、0.103s~0.125s(約8~10Hz)となっている。
- 栗駒ダム(監査廊)の地震観測記録においてダム堤体の影響と考えられる傾向を示す周期(約10Hz)とダム堤体の固有周期が概ね対応していることから、監査廊の本震記録には、ダム堤体の影響が含まれていると考えられる。

栗駒ダムに関する検討 まとめ

- 栗駒ダム(右岸地山)の地盤については、地質および速度構造から相応の硬さの地盤であると考えられる。
- 栗駒ダム(右岸地山)観測点は、硬質な岩盤の地表面に設置されていることから、解放基盤表面に相当する観測点であると考えられる。
- 栗駒ダム(右岸地山)については、耐専スペクトルで短周期側において評価可能であり、特異な増幅傾向を示していない地域であると考えられる。
- 栗駒ダム(監査廊)の観測記録には、ダム堤体の影響が含まれていると考えられる。



- 栗駒ダム(右岸地山)の観測記録は、基盤地震動として評価可能と考えられ、監査廊の観測記録には、ダム堤体の影響が含まれていると考えられることから、栗駒ダムの観測記録は、右岸地山を採用する。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 震源を特定せず策定する地震動への反映 検討方針

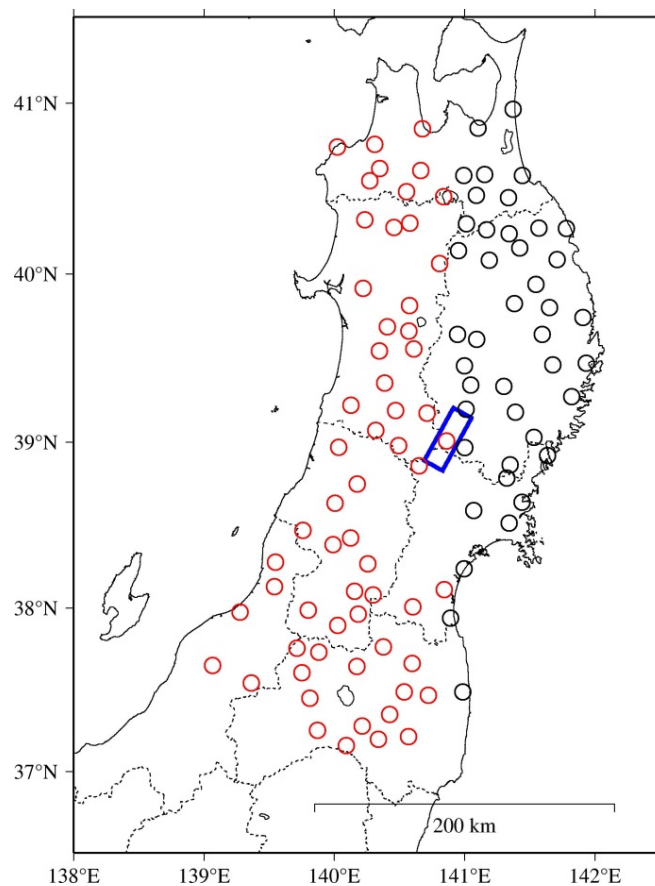
H30.10.31
資料1-4-2
p137 再掲



- これまでの検討結果を踏まえ、IWTH24(金ヶ崎)、IWTH26(一関東)[水平]および栗駒ダム(右岸地山)の基盤地震動を震源を特定せず策定する地震動に反映する。
- また、以下の検討を行い、震源を特定せず策定する地震動を設定する。
 - IWTH24(金ヶ崎)は、信頼性の高い基盤地震動が評価できており、栗駒ダム(右岸地山)は、観測記録を基盤地震動として採用している。IWTH26(一関東)は、鉛直方向において観測記録の伝達関数を再現できていないことを踏まえ、IWTH26(一関東)におけるはぎとり解析のばらつきを評価する。
 - 反映する観測点は、震源域近傍に位置しているが、震源域北側・東側の観測点となっている。震源域南側・西側の観測点は、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを上回る観測記録について検討した結果、現時点では信頼性の高い基盤地震動として評価できる記録がないことから、震源を特定せず策定する地震動として選定していない。なお、参考として、震源域北側・東側と南側・西側の地震動を比較する。

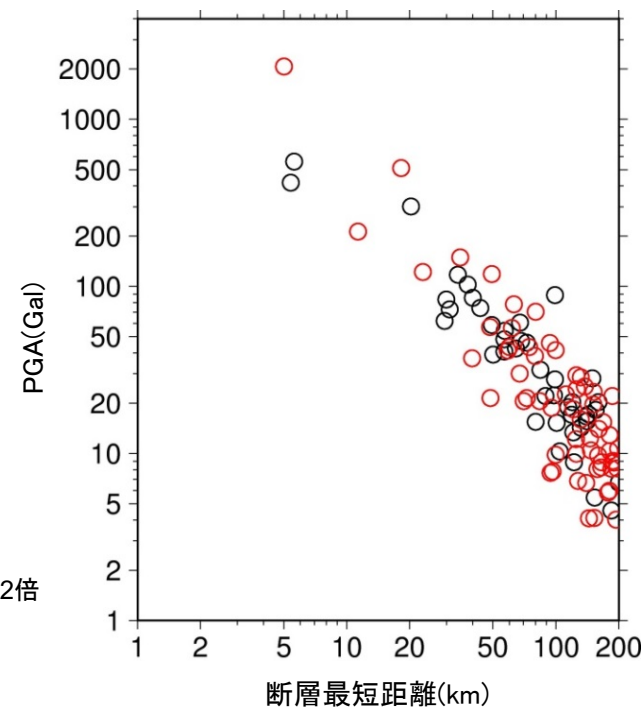
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 震源域北側・東側と南側・西側の地震動比較

H30.10.31
資料1-4-2
p138 再掲



観測点位置

○:断層面の北側および東側
●:断層面の南側および西側
検討記録:KiK-net観測点の地中記録2倍



最大加速度分布

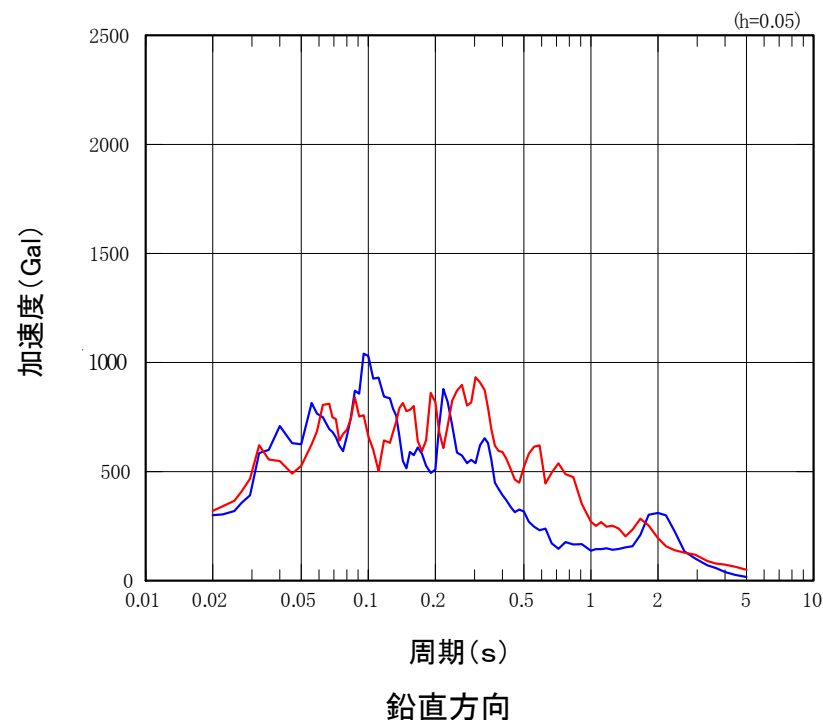
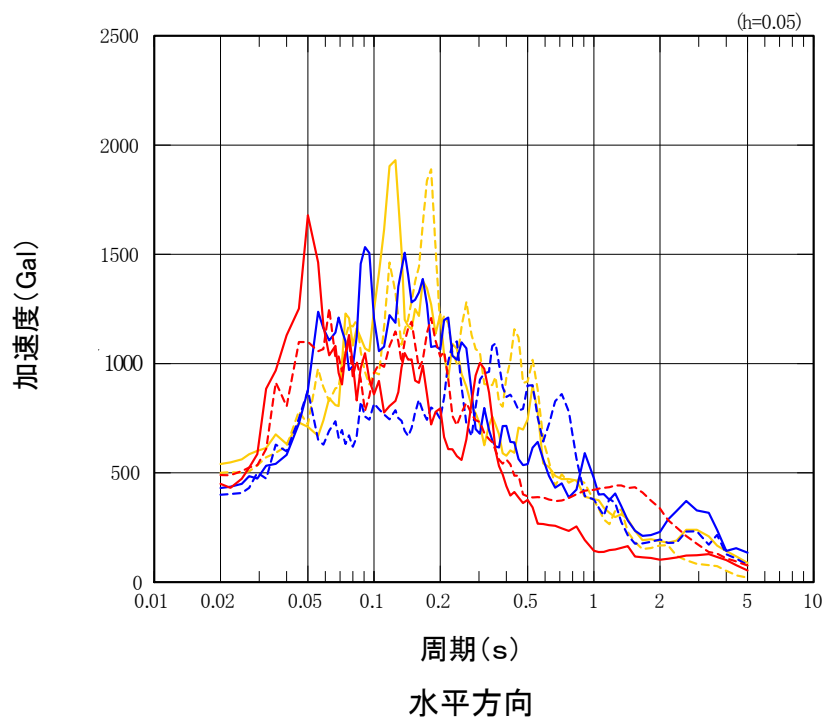
第286回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 資料2より抜粋

➤ 2008年岩手・宮城内陸地震のKiK-net観測点の地中記録を用いて、震源域北側・東側と南側・西側の地震動を比較すると、一部の観測点で最大加速度が大きいものの、全体的な傾向として、最大加速度の分布に有意な差異はみられない。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 1 2008年岩手・宮城内陸地震 震源を特定せず策定する地震動に反映する地震動(応答スペクトル)

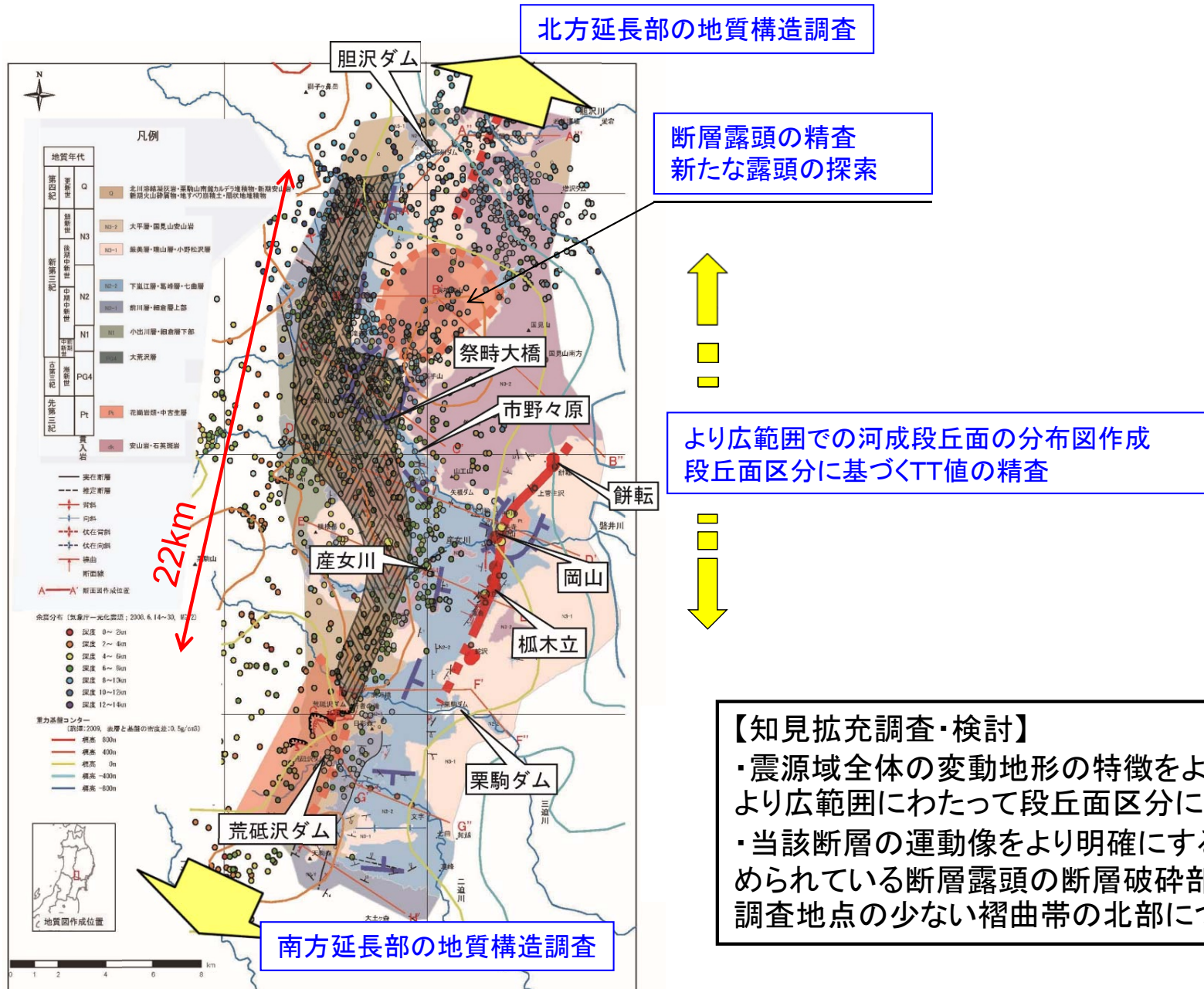
- IWTH24(金ヶ崎)(NS方向)
- ...IWTH24(金ヶ崎)(EW方向)
- IWTH26(一関東)(NS方向)
- ...IWTH26(一関東)(EW方向)
- 栗駒ダム[右岸地山](ダム軸方向)
- ...栗駒ダム[右岸地山](上下流方向)

- IWTH24(金ヶ崎)(UD方向)
- 栗駒ダム[右岸地山](鉛直方向)



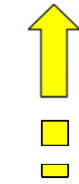
応答スペクトル図

震源特定に関する知見拡充調査・検討

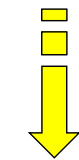


北方延長部の地質構造調査

断層露頭の精査
新たな露頭の探索



より広範囲での河成段丘面の分布図作成
段丘面区分に基づくTT値の精査



【知見拡充調査・検討】

- ・震源域全体の変動地形の特徴をより詳細に把握するためにより広範囲にわたって段丘面区分に基づくTT値の精査を行う。
- ・当該断層の運動像をより明確にするため褶曲帯において認められている断層露頭の断層破碎部性状を詳細に分析する。調査地点の少ない褶曲帯の北部について調査を充実させる。

南方延長部の地質構造調査

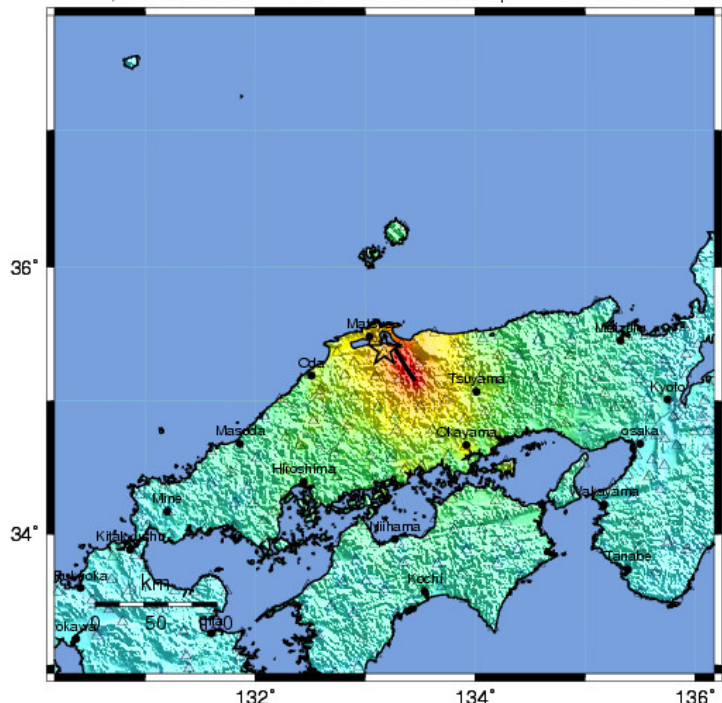
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 2 2000年鳥取県西部地震

2000年鳥取県西部地震の概要

H30.10.31
資料1-4-2
p141 再掲



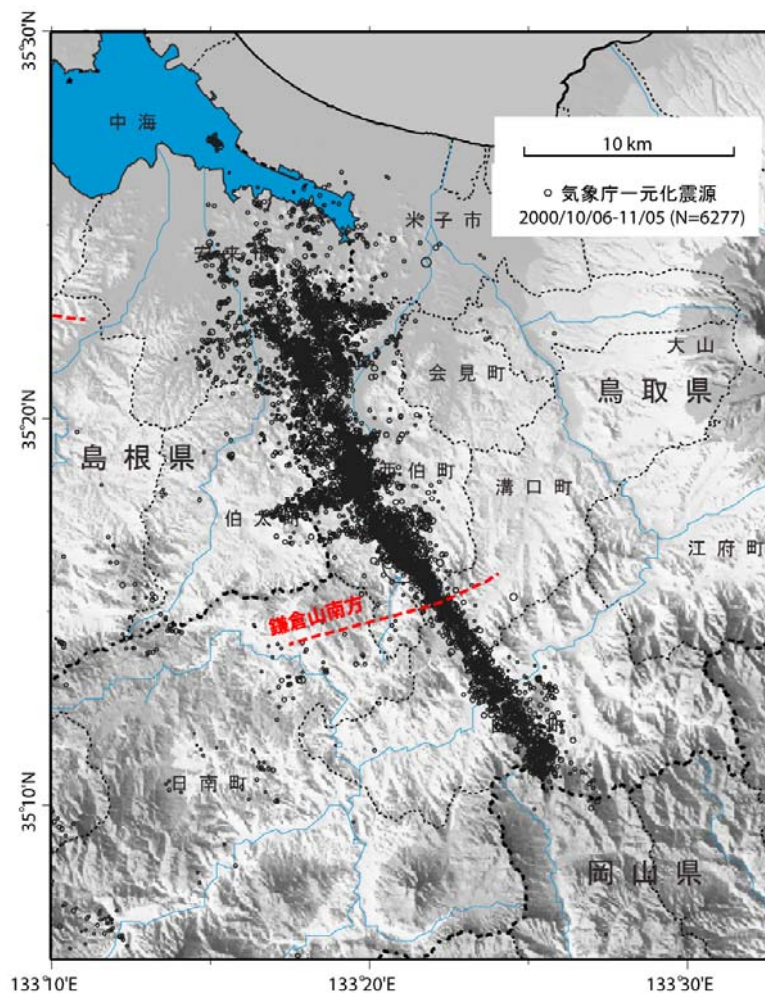
USGS ShakeMap : Tottori, Japan
Fri Oct 6, 2000 04:30:20 GMT M 6.7 N35.38 E133.17 Depth: 9.0km ID:200010060430



Map Version 1.1 Processed Sat Nov 8, 2008 09:29:49 PM MST

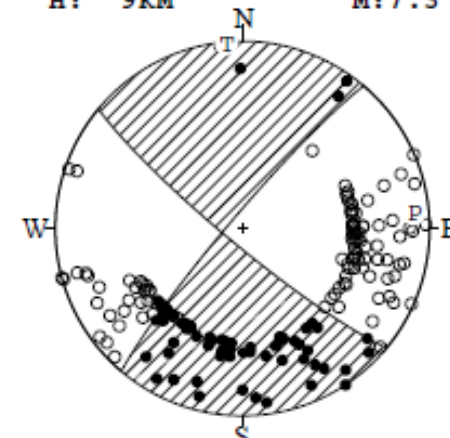
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC (%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

地震の位置及び深度分布(USGS,2000)



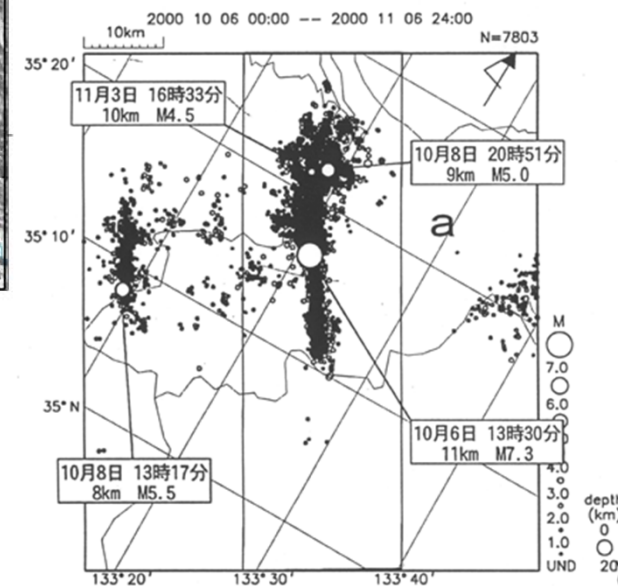
震央分布図

06 OCT. 2000 13:30:17.9
WESTERN TOTTORI PREF
35°16.4'N 133°20.9'E
H: 9KM M: 7.3



STR DIP SLIP AZM PLG
NP1 130° 83° -6° P 85° 9°
NP2 220° 84° -173° T 355° 1°
N:186 SCORE 97% N 259° 81°

メカニズム解(気象庁,2000)

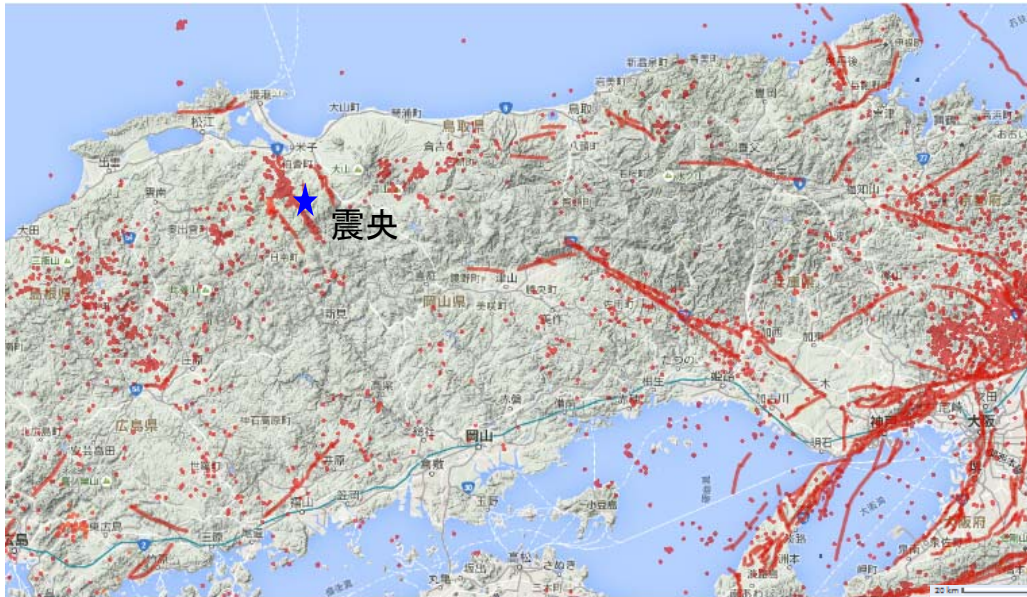


地震調査委員会(2000)から抜粋

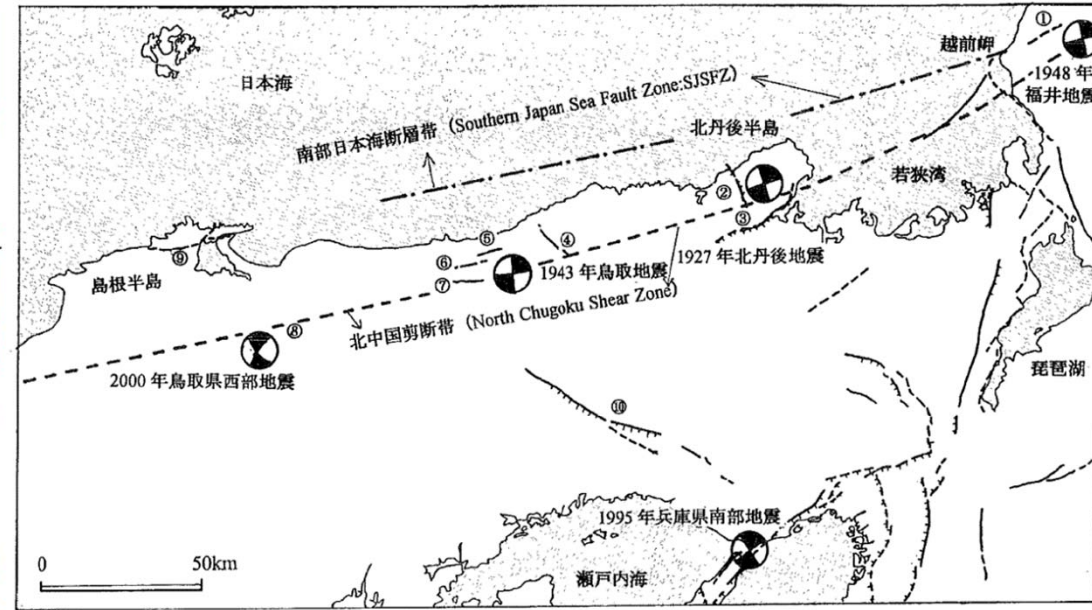
- ・鳥取県西部地震は、2000年10月6日に鳥取県と島根県境で発生した地震で、震源深さ11km、地震の規模はMj7.3とされている。
- ・この地震は、北西-南東走向の横ずれ(左横ずれ)断層による地震とされている。

3.1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3.1.2 2000年鳥取県西部地震 震源域周辺の活断層の特徴

H30.10.31
資料1-4-2
p142 再掲



震源付近の活断層及び震央分布
(産業技術総合研究所,活断層データベースに加筆)



第1図 山陰地域の主な地震の発震機構解と活断層

主な活断層 (①更毛断層, ②郷村断層帯, ③山田断層帯, ④雨滝-釜戸断層帯, ⑤吉岡断層, ⑥鹿野断層, ⑦岩坪断層, ⑧鳥取県西部地震域の断層位置, ⑨鹿島断層, ⑩山崎断層帯), 内陸大地震 (M7.3以下) の発震機構解 (上半球投影) は地震断層を伴った1927年以降のみ示す。Gutscher and Lallemand (1999) の北中国剪断帯 (North Chugoku Shear Zone), Itoh *et al.*(2002) の南部日本海断層帯 (Southern Japan Sea Fault Zone:SJSFZ) の位置を図示。

(岡田ほか,2002)

【岡田ほか(2002)要約】

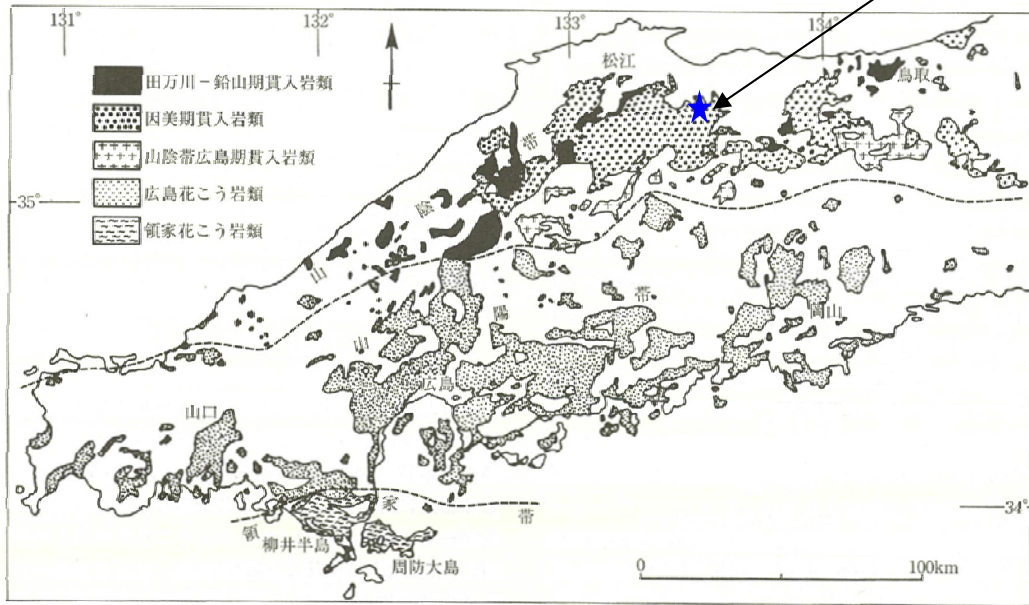
- ・文献では、震源域周辺に活断層は記載されていない。
- ・震源域周辺を含む山陰地方は、WNW-ESE方向の圧縮場のもとでENE-WNWとNNW-SSEの方向の横ズレ断層が卓越するとされている。
- ・活断層の発達過程でみると、初期の発達段階を示し、断層破碎帯幅も狭く、未成熟な状態とみなされる。

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 2 2000年鳥取県西部地震 震源域周辺の地質の特徴

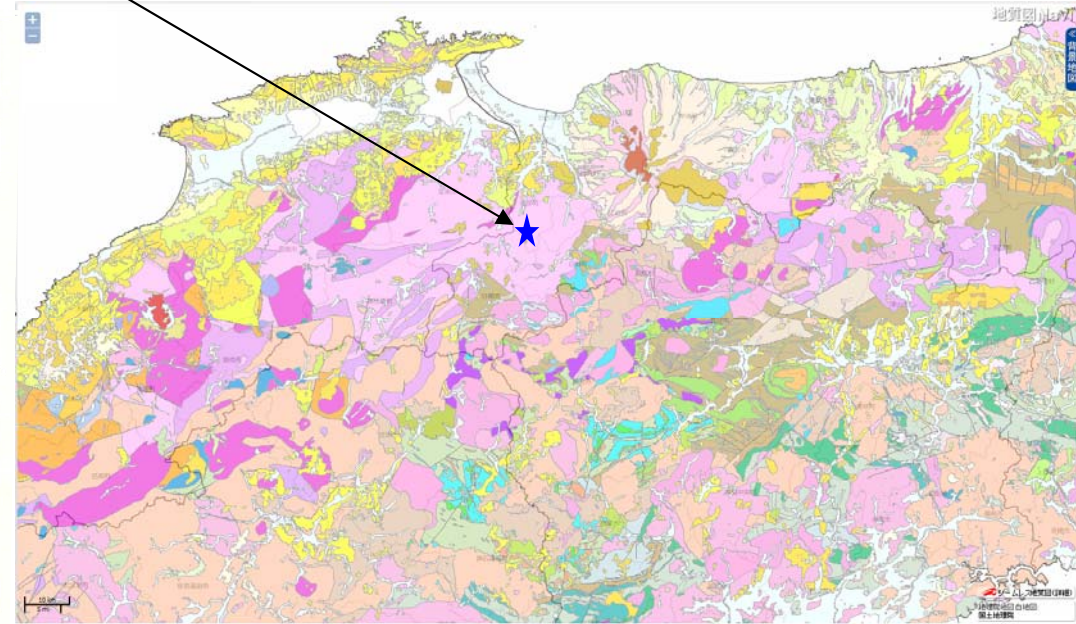
H30.10.31
資料1-4-2
p143 再掲



震央



中国地方における白亜紀～古第三紀貫入岩類の分布
(日本の地質増補版編集委員会 編,2005に加筆)



震源付近のシームレス地質図
(産業技術総合研究所,地質図Navilに加筆)

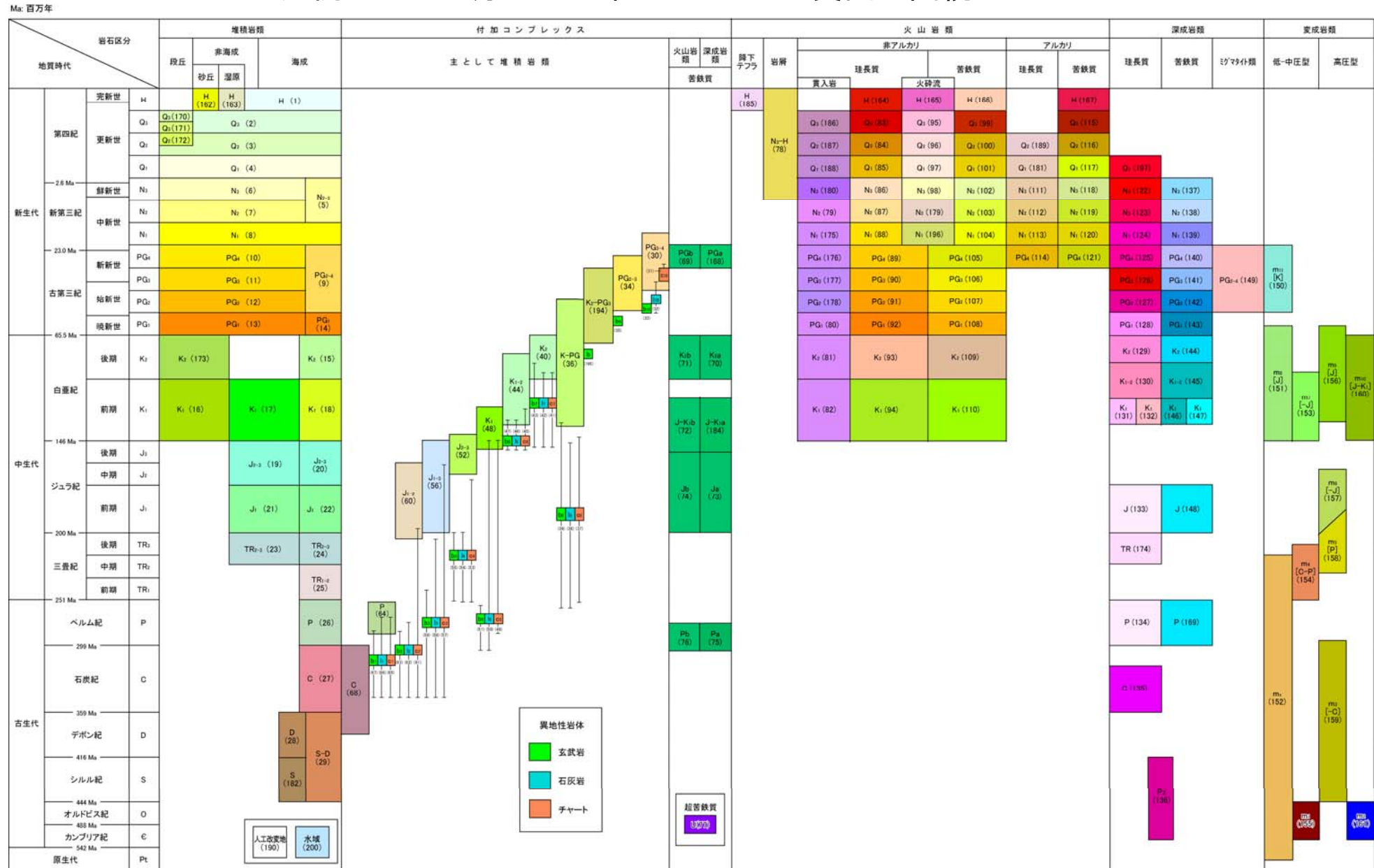
- ・震源域周辺は、白亜紀から古第三紀の花崗岩を主体としており、新第三紀中新世に貫入した安山岩～玄武岩質の岩脈が頻繁に分布しており、これら岩脈の特徴として、貫入方向が今回の震源断層に平行である北西-南東方向であることが挙げられる。(井上ほか,2002)
- ・震源域周辺は、明瞭な断層変位基準の少ない地域とされている。(堤ほか,2000)

3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 2 2000年鳥取県西部地震 シームレス地質図凡例

H30.10.31
資料1-4-2
p144 再掲

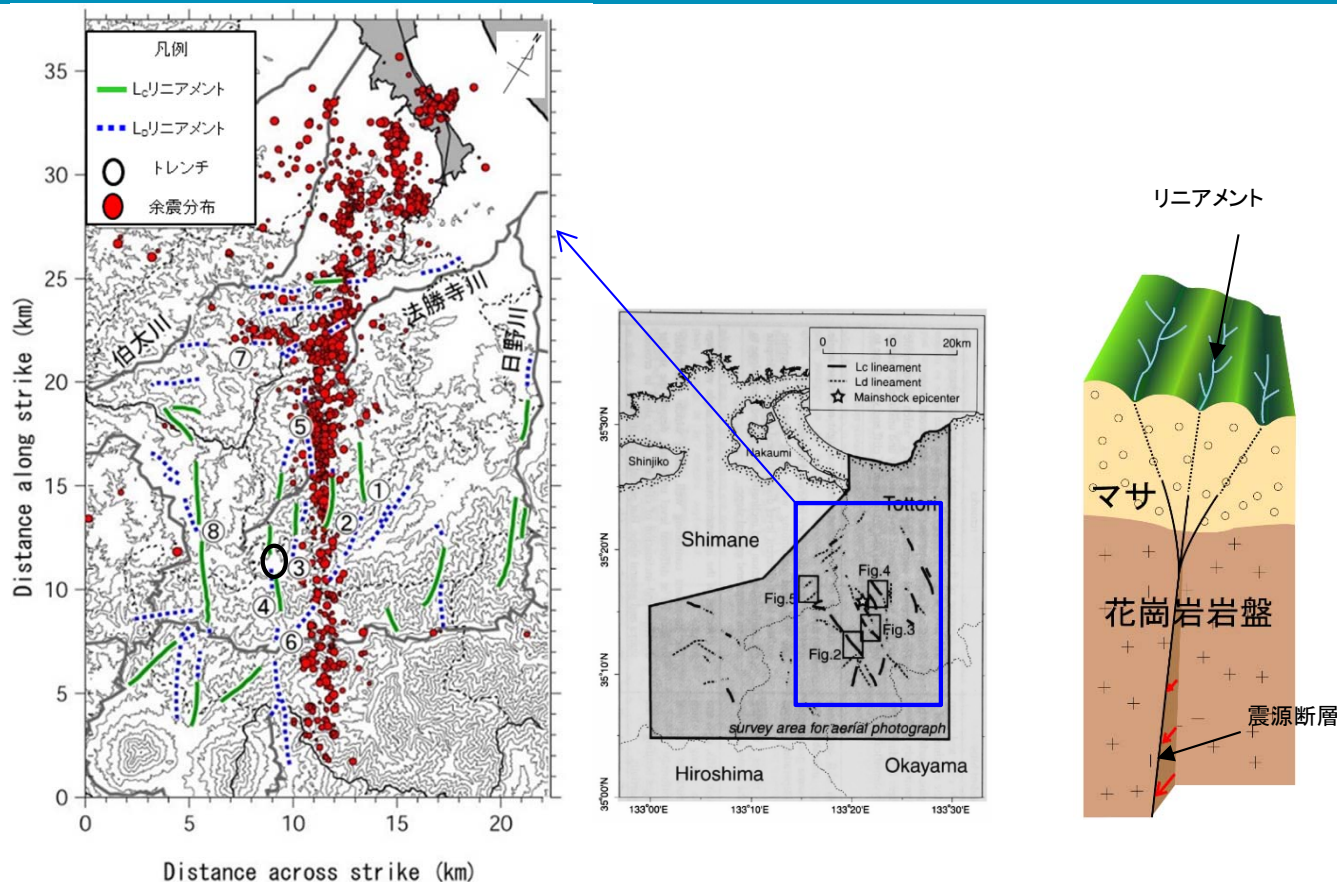


凡例 : 20万分の一日本シームレス地質図全国統一



3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討 / 3. 1. 2 2000年鳥取県西部地震 震源域のリニアメントと余震分布

H30.10.31
資料1-4-2
p145 再掲



震源域のリニアメントと余震分布

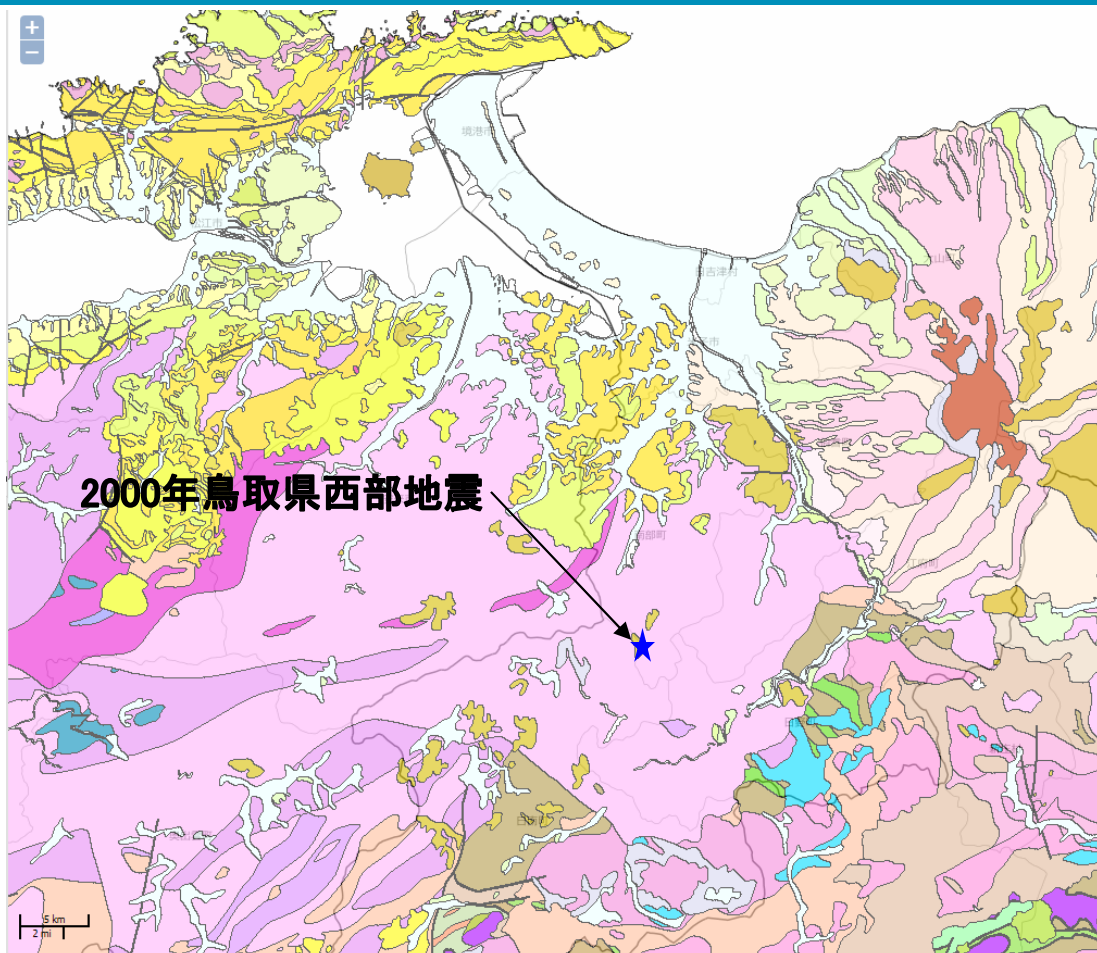
【井上ほか(2002)要約】

- ・鳥取県西部地震の震源周辺では、左横ずれを示唆する短く断続するリニアメント群が判読され、これらは想定されている震源断層の方向と一致している。
- ・リニアメント沿いで多くの断層露頭が確認され、これらの断層の一部は第四紀層を変位させている。
- ・これらの断層は、横ずれ断層に伴うフラワー構造を呈しており、地下では収斂し、震源断層になる。
- ・若い未成熟な断層であり、地表近くまで破壊が進行したものの地表に明瞭な地震断層は出現しなかった。

- ・伏島ほか(2001)では、鳥取県西部沖地震により、長さ約6kmの地震断層が確認されたとしている。
- ・堤ほか(2000)では、震源周辺で、地形に左ずれ屈曲を与えている2条の推定活断層と、最新の地質時代の断層変位地形が伴っていない長さ4km未満の北西-南東走方向の複数のリニアメントを判読している。このうち、推定活断層に沿っては、花崗岩中に断層露頭を確認している。
- ・井上ほか(2002)では、鳥取県西部地震の震源域周辺で、左横ずれを示唆する短く断続するリニアメント群が判読され、これらが震源断層の方向と一致するとされている。
- ・堤(2009)では、鳥取県西部地震の震源域に、震源断層と同じ走向の推定活断層やリニアメントが高密度に分布することから、これらが地下の活断層の地表表現である可能性が高いとしている。
- ・垣見(2010)では、堤ほか(2000)、井上ほか(2002)によるリニアメント分布の特徴から、鳥取県西部地震の震央域では若い未成熟な断層が並列的に現れ、その一部が地震断層として地表まで達したとされている。

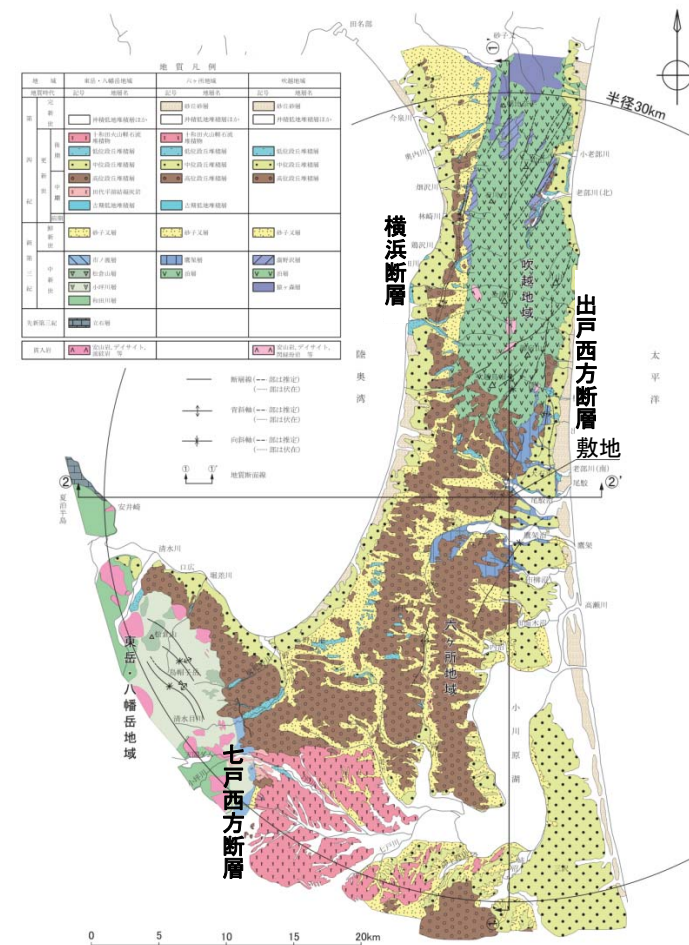
3. 1 Mw6.5以上の2地震についての検討／3. 1. 2 2000年鳥取県西部地震 地質・地質構造による比較・検討

H30.10.31
資料1-4-2
p146 再掲



シームレス地質図

(産業技術総合研究所,地質図Naviに加筆)



敷地周辺の地質図(第68回審査会合資料抜粋)

- 震源域周辺は、白亜紀から古第三紀の花崗岩を主体としており、新第三紀中新世に貫入した安山岩～玄武岩質の岩脈が頻繁に分布している。山陰地域の活断層は「活断層の発達過程でみると、初期の発達段階を示し、断層破碎帯幅も狭く、未成熟な状態とみなされる。」とされている。また、明瞭な断層変位基準の少ない地域とされている。
- 敷地周辺は、主に新第三系中新統の泊層、鷹架層や第四系中部～上部更新統の段丘堆積層等が分布している。敷地周辺には、主に中位面が分布しており、台地には高位面が分布している。敷地周辺には、出戸西方断層(逆断層)等が認められる。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討 / 3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 地震の概要

H30.10.31
資料1-4-2
p147 再掲



1. 地震発生日時(気象庁他)

- ・発生日時: 平成16年12月14日 14時56分頃
- ・地震規模: Mj6.1 (Mw5.7)
- ・震源深さ: 約9km
- ・震源位置: 北緯44.077°、東経141.7°

2. 各地の震度および被害状況

各地の震度(気象庁)は以下のとおり。

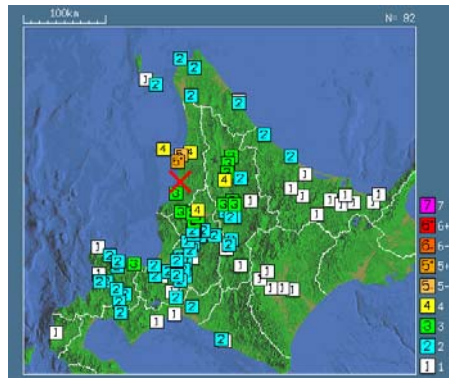
- ・震度5強: 苫前町
- ・震度5弱: 羽幌町
- ・震度4: 初山別村、剣淵町、秩父別町
- ・地震による津波の発生はなし

被害状況(消防庁)は以下のとおり。

- ・住宅全壊・半壊: 0棟
- ・住宅一部損壊: 165棟
(内訳: 小平町 121棟、苫前町 17棟、羽幌町 27棟)
- ・負傷者8名(家具の下敷き、転倒による打撲等)
- ・コンビナート関係等異常なし

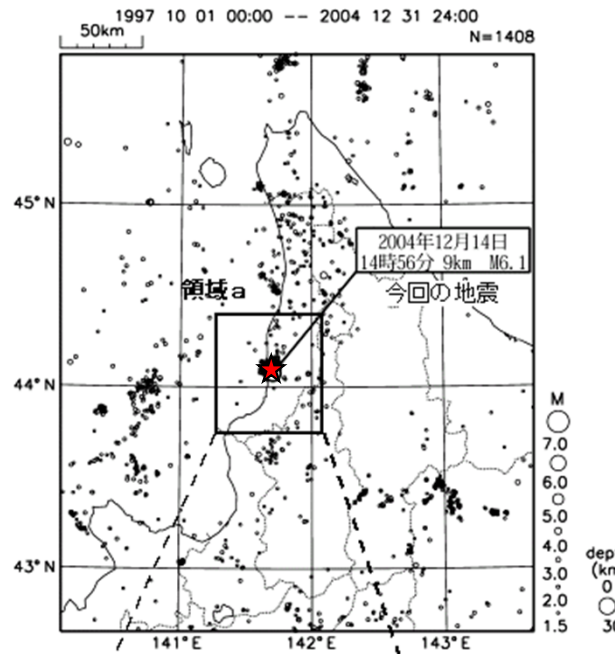
3. 地震発生メカニズム(気象庁)

- ・発震機構解より、東南東-西北西方向に圧力軸を持つ逆断層型の地震。
- ・本震位置より60km南方で1995年に発生したM5.9の地震の発震機構解は東西圧縮の逆断層型であり、この地域の東西圧縮の応力場と調和的である。
- ・北海道内陸西部では、やや規模の大きな地震は、歪み集中帯で発生するようである。

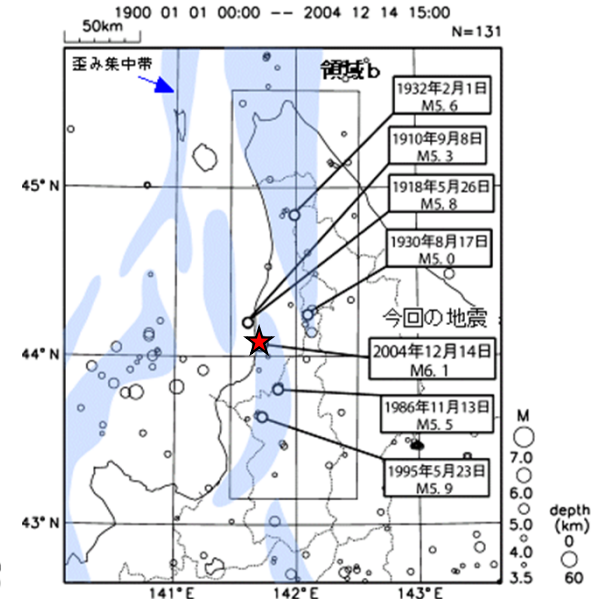


気象庁 震度データベースによる震度分布

震央分布図 (1997年10月~、M≥1.5)

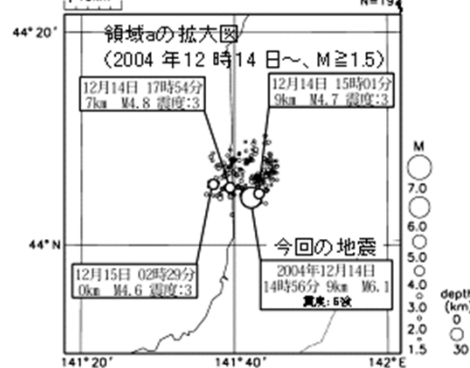


震央分布図(1900年~、M≥3.5)

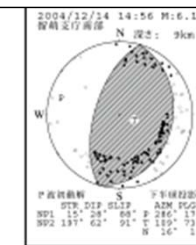


※ 震央分布図に表記した歪み集中帯のデータは、「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」(東京大学出版会、2002)を使用した。

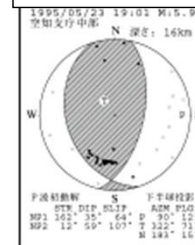
領域aの拡大図 (2004年12月14日~、M≥1.5)



2004年12月14日 M6.1



1995年5月2日 M5.9



地震調査研究推進本部
地震調査委員会

2004年北海道留萌支庁南部の地震および
周辺で発生した主な地震

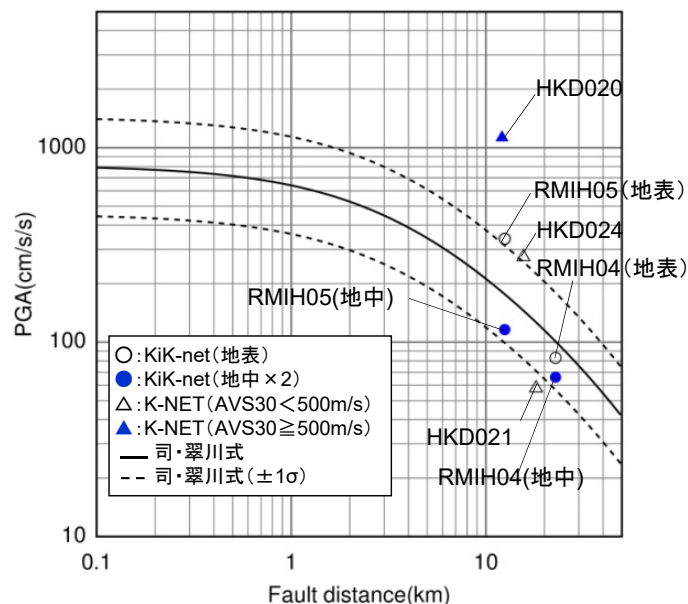
3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討／3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 観測記録(1)

H30.10.31
資料1-4-2
p148 再掲



K-NETおよびKiK-netの最大加速度

観測点			震源距離 (km)	AVS30 (m/s)	最大加速度(Gal)		
					水平(NS)	水平(EW)	鉛直(UD)
K-NET (地表)	HKD020	港町	12.1	562.7	535.7	1127.2	368.4
	HKD024	達布	15.6	337.2	184.9	274.0	73.5
	HKD021	留萌	18.1	302.0	57.5	44.6	20.0
KiK-net (地表・地中)	RMIH05	小平西	12.5	218.1	340.4 (57.8)	236.1 (36.8)	66.2 (27.4)
	RMIH04	小平東	22.8	543.3	83.0 (23.8)	81.8 (32.7)	36.5 (25.9)

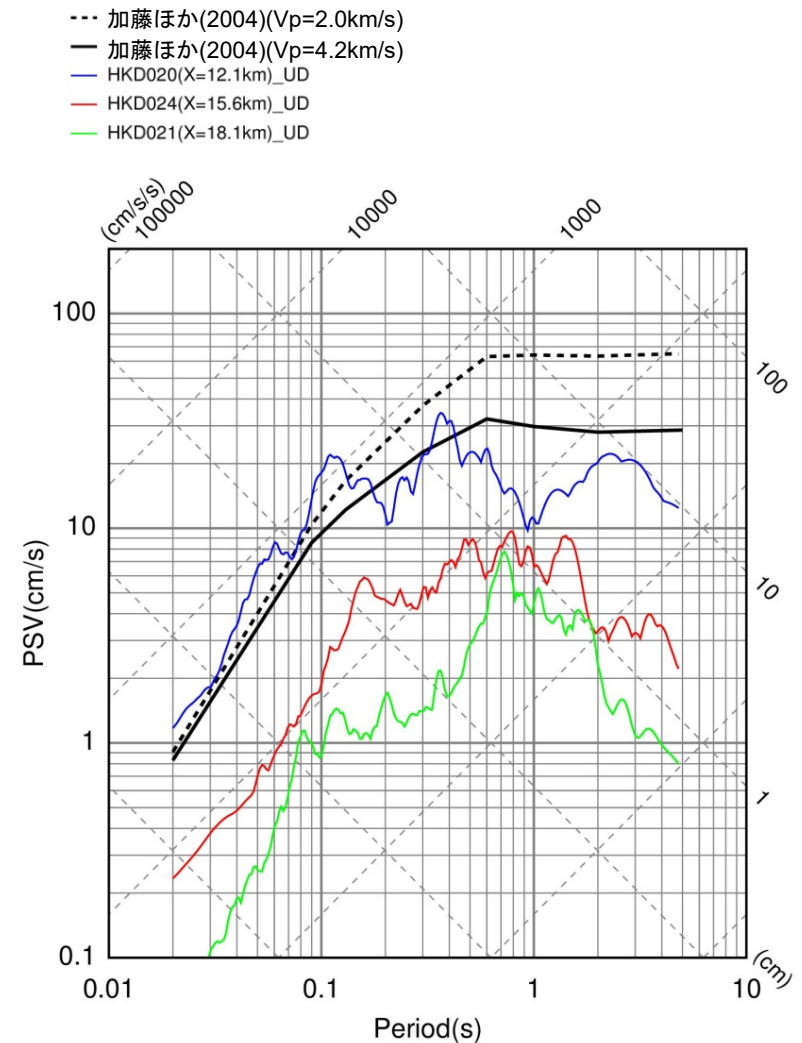
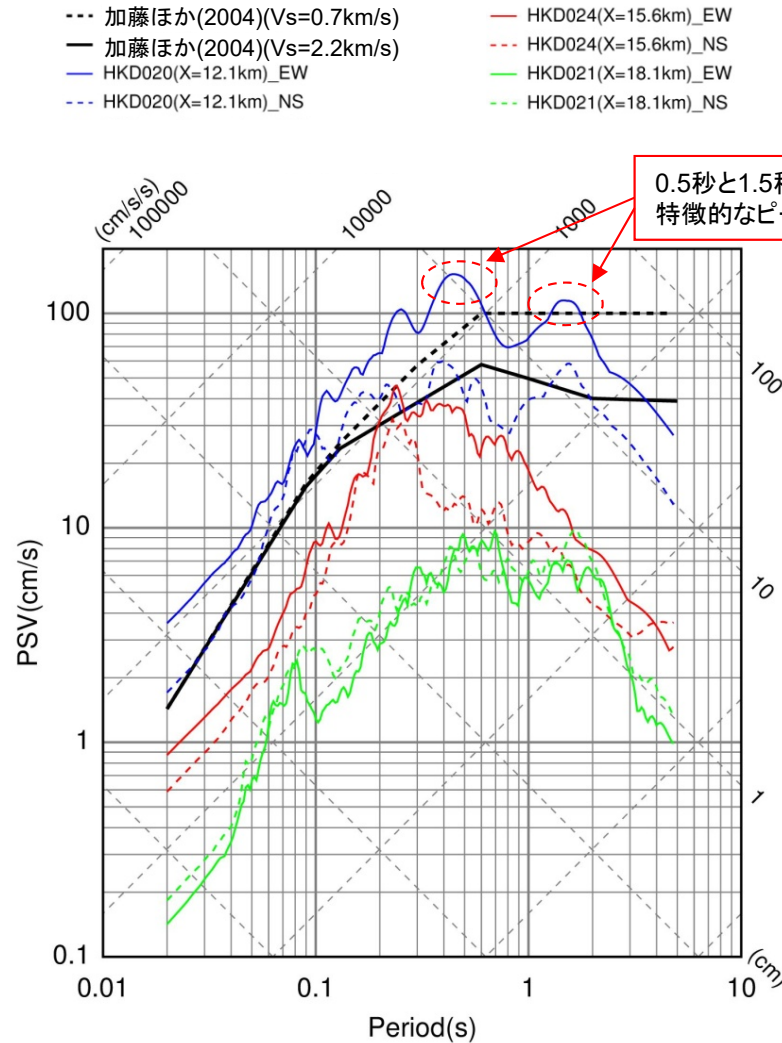


距離減衰式との関係

➤ 断層最短距離30km以内の観測記録は5記録であった。このうち震源近傍に位置するHKD020観測点において、最大加速度1127.2Galが観測されており、司・翠川(1999)の距離減衰式の+1σを上回る。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討 / 3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 観測記録(2)

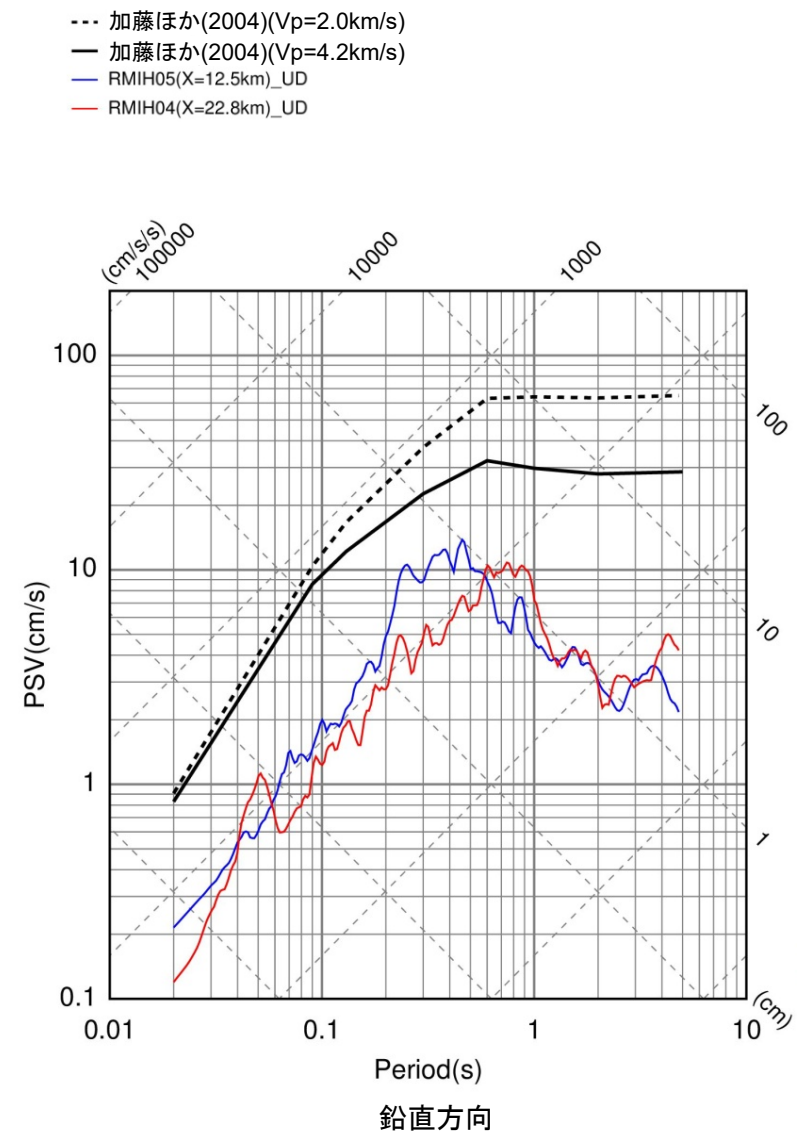
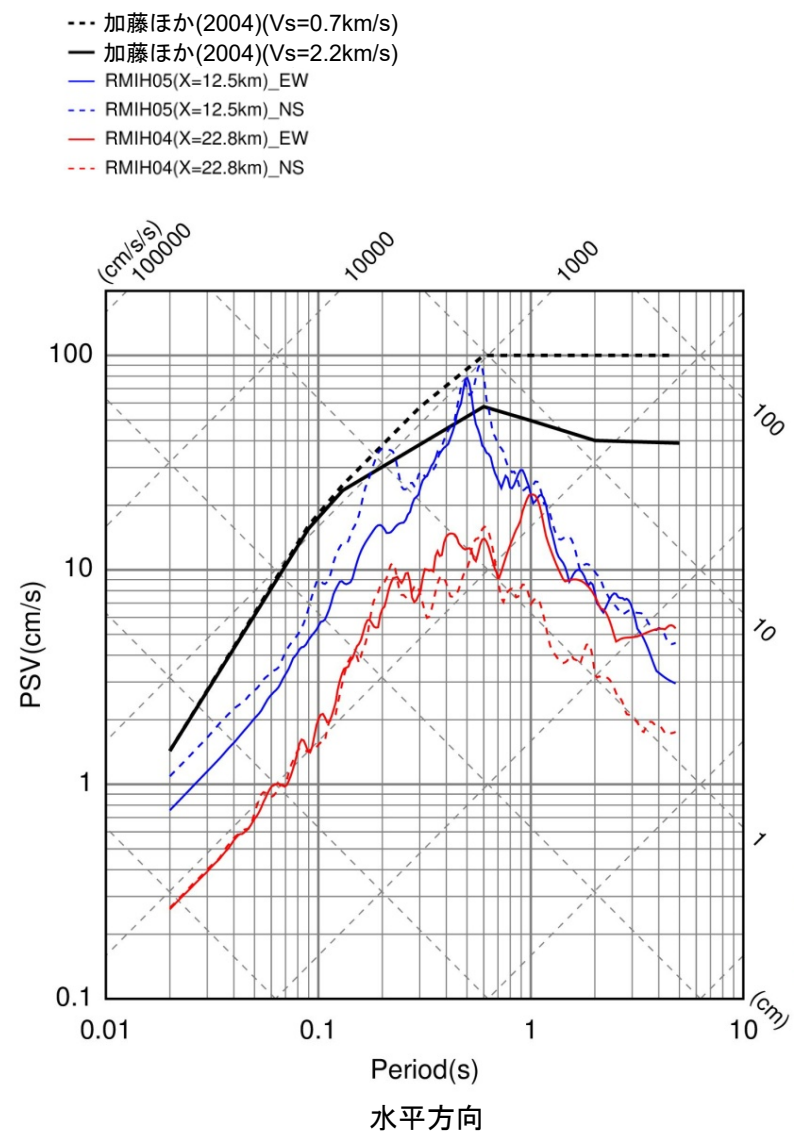
H30.10.31
資料1-4-2
p149 再掲



水平方向 鉛直方向
K-NET各観測点による応答スペクトルと加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

➤ K-NET観測点の観測記録のうち、HKD020観測点では、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを大きく上回る。また、HKD024観測点の観測記録は、HKD020観測点のEW成分に包絡される。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討 / 3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 観測記録(3)

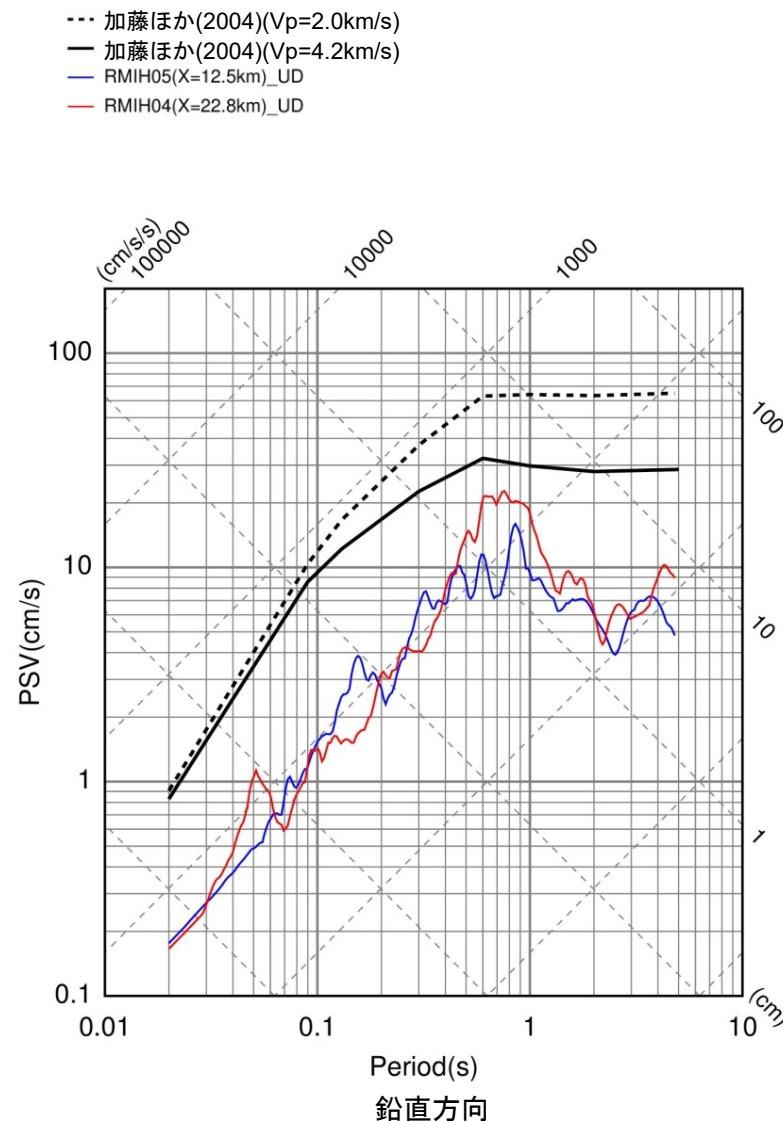
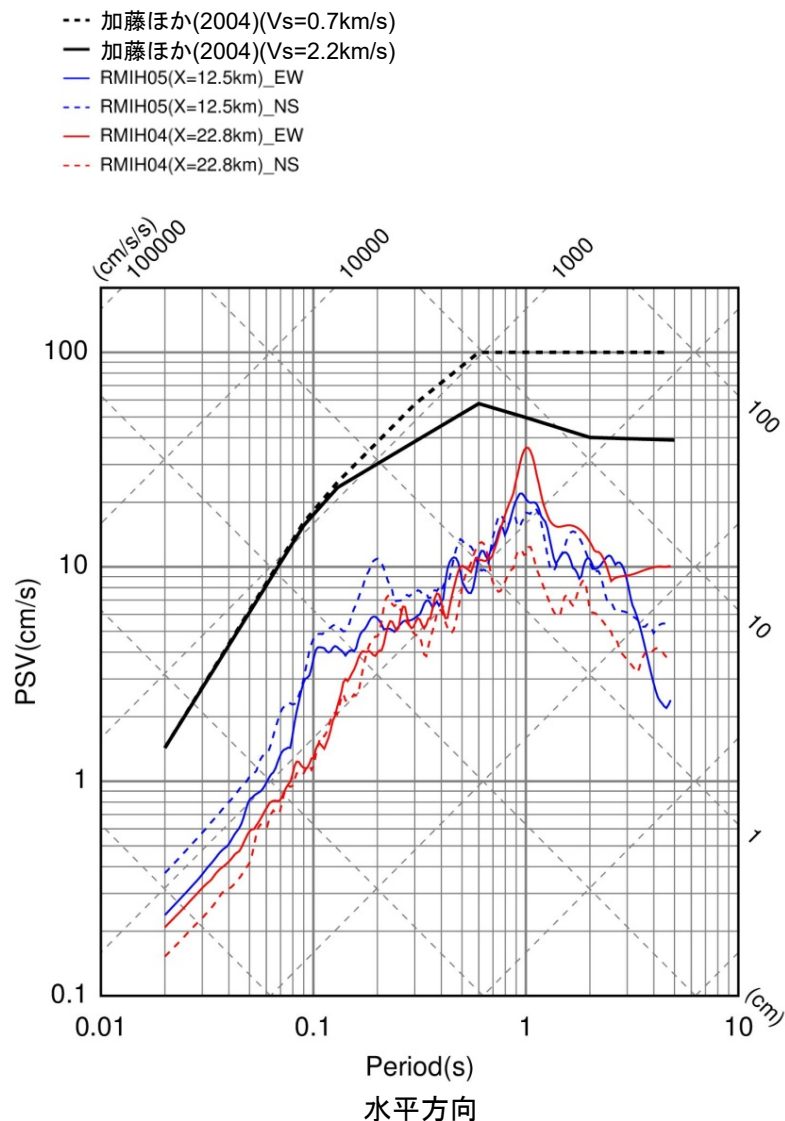


KiK-net各観測点による応答スペクトル(地表)と加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

➤ KiK-net観測点の地表観測記録は、すべて加藤ほか(2004)の応答スペクトルに包絡される。

3.2 Mw6.5未満の地震についての検討 / 3.2.1 2004年北海道留萌支庁南部地震 観測記録(4)

H30.10.31
資料1-4-2
p151 再掲

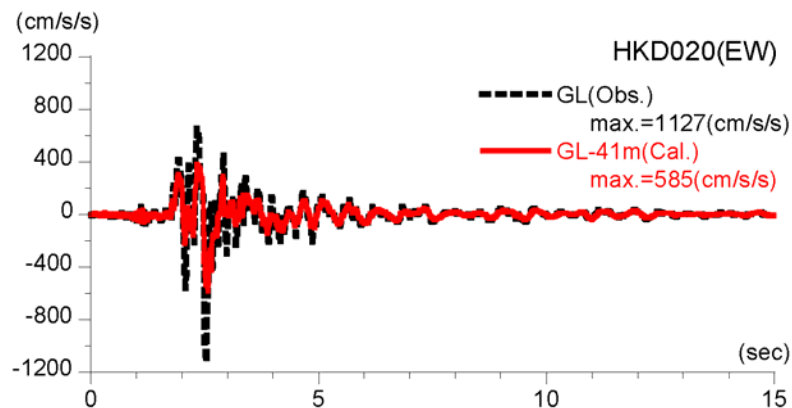


KiK-net各観測点による応答スペクトル(地中×2)と加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

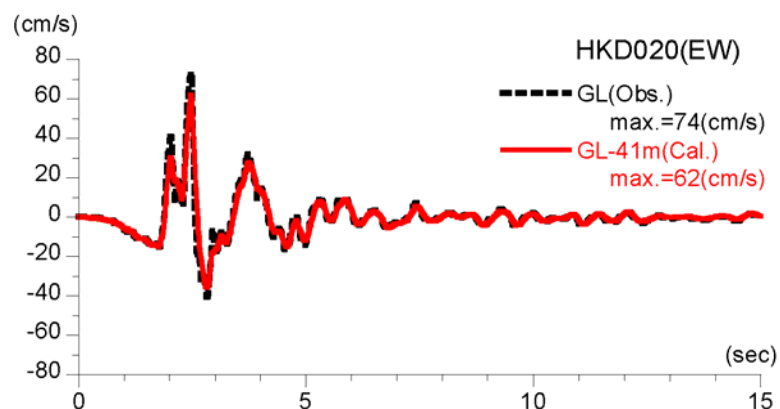
➤ KiK-net観測点の地中観測記録(地中×2)は、すべて加藤ほか(2004)の応答スペクトルに包絡される。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討 / 3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 佐藤ほか(2013)によるHKD020観測点の基盤地震動評価(1)

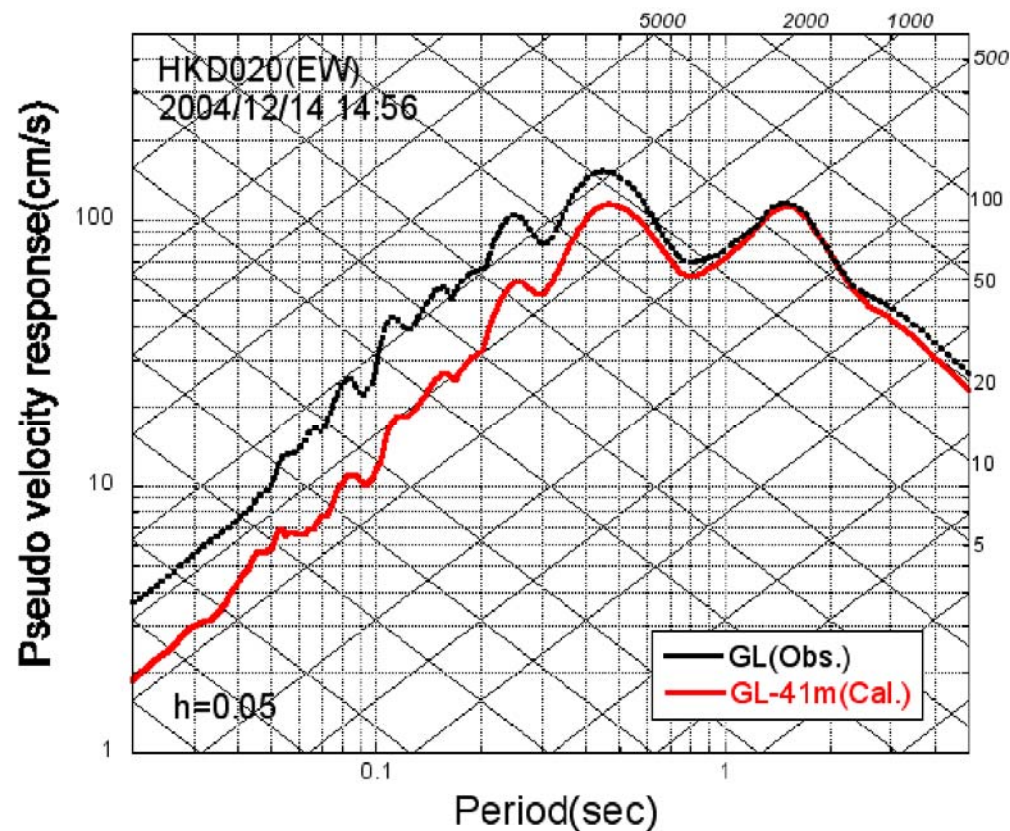
H30.10.31
資料1-4-2
p152 再掲



推計された基盤地震動と地表観測記録の比較



速度に変換した基盤地震動と地表観測記録の比較

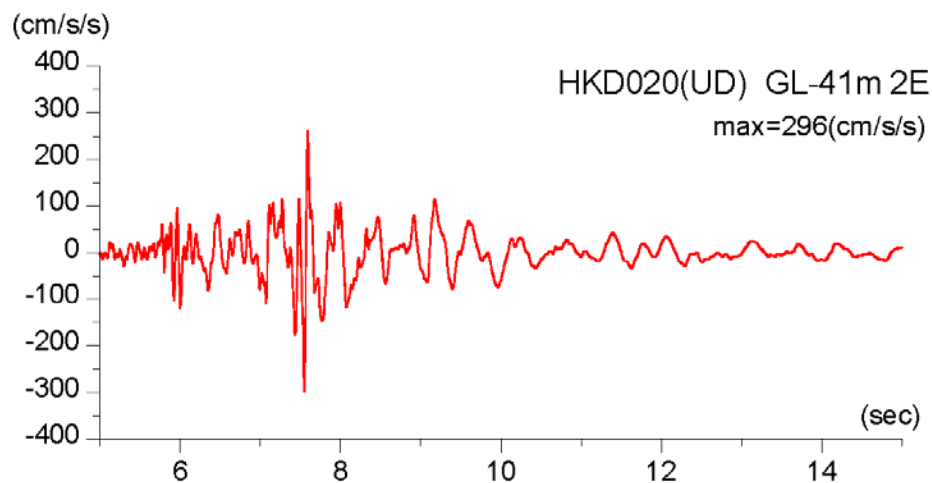


擬似速度応答スペクトルの比較

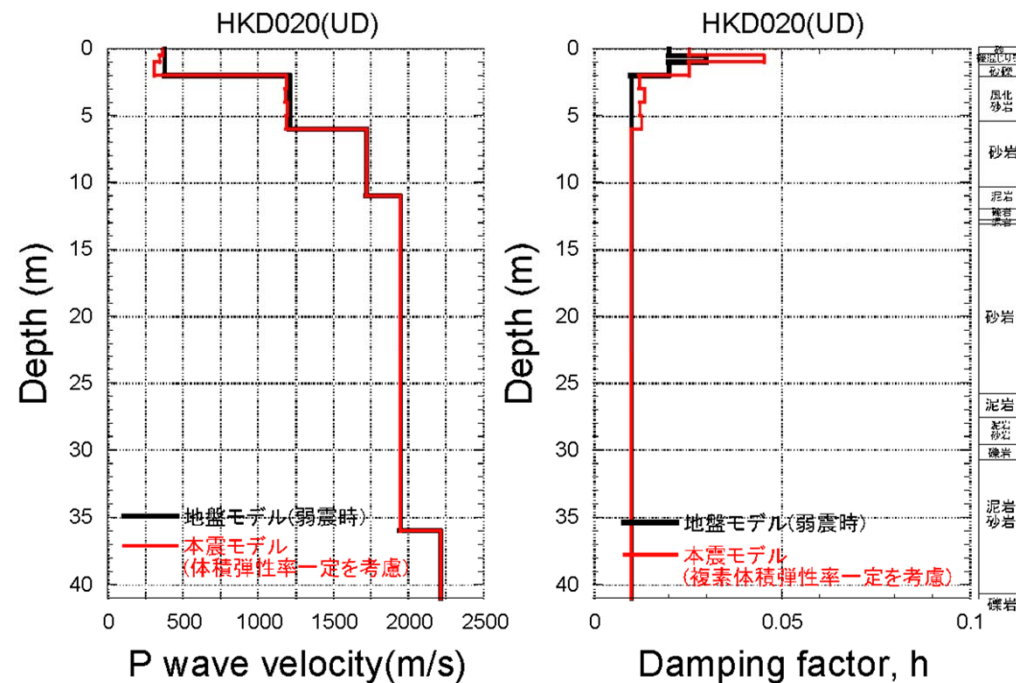
- 等価線形解析により、地表観測記録(EW成分)から深さ41mでの基盤地震動を評価した。
- はざり結果は、最大加速度が585Galとなっており、地表観測記録の約1/2となった。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討 / 3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 佐藤ほか(2013)によるHKD020観測点の基盤地震動評価(2)

H30.10.31
資料1-4-2
p153 再掲



鉛直成分の基盤地震動の推計結果



2004年留萌地震時のP波速度と減衰定数

➤ 鉛直方向については、1次元波動論による線形解析により、深さ41mでの基盤地震動を評価。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討／3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価(水平)(1)

等価線形解析に用いる地盤モデル

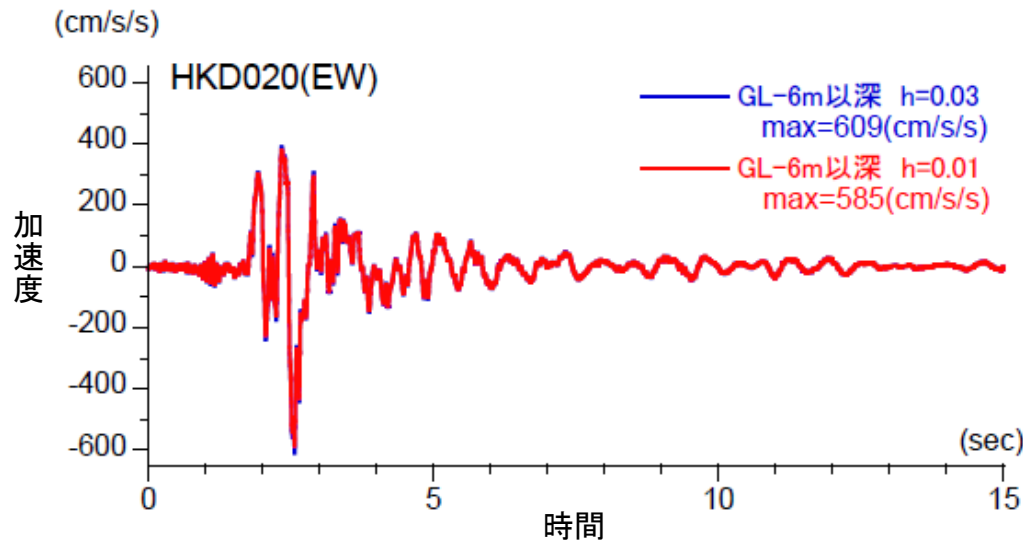
S波速度 Vs(m/s)	密度 ρ (1000kg/m ³)	層厚 H(m)	減衰定数h (初期値)	非線形特性
200	1.9	0.5	0.02	砂
200	2.0	0.5	0.03	礫混じり砂
200	2.0	1	0.02	礫1
290	2.0	1	0.01	礫2
290	2.0	1	0.01	風化砂岩1
370	2.0	1	0.01	風化砂岩2
400	2.0	1	0.01	風化砂岩2
473	2.0	1	0.03	—
549	2.0	3	0.03	—
549	2.0	2	0.03	—
549	2.0	1	0.03	—
549	2.0	0.5	0.03	—
549	2.0	2.5	0.03	—
604	2.06	7	0.03	—
653	2.06	18	0.03	—
938	2.13	17	0.03	—

減衰定数3%として評価する。

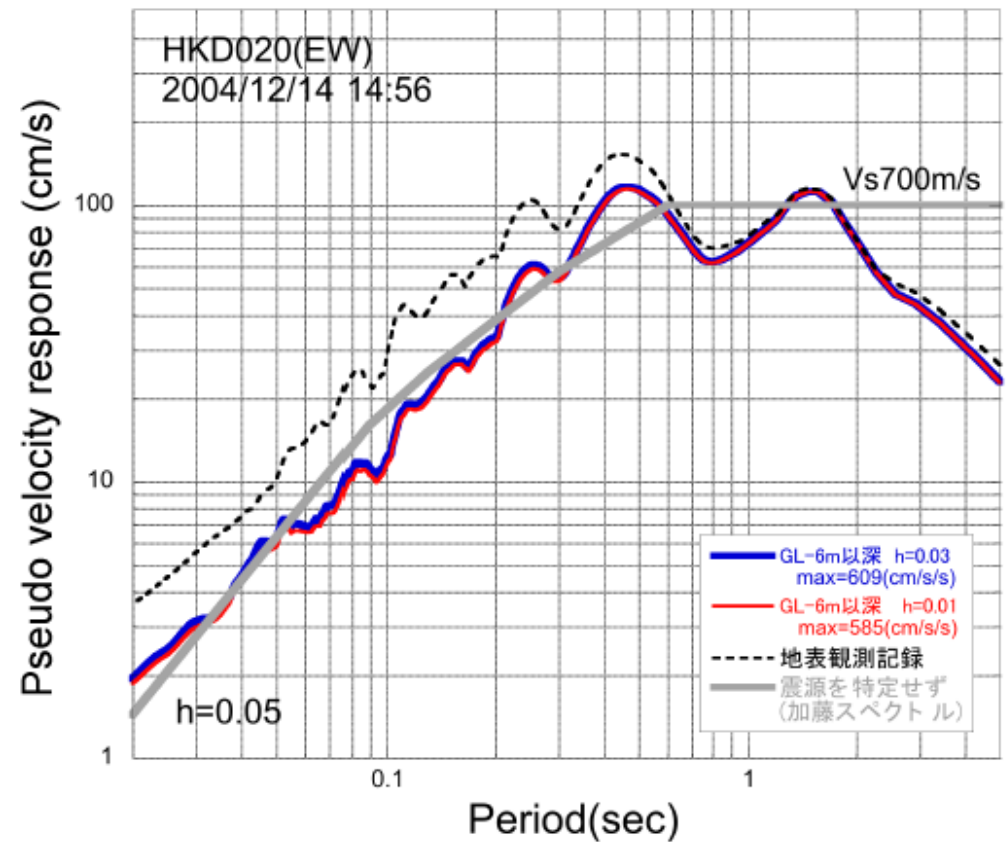
➤ 佐藤ほか(2013)の地盤モデルを基に、GL-6mまで非線形、GL-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動を評価し、佐藤ほか(2013)における評価結果と比較している。

3.2 Mw6.5未満の地震についての検討／3.2.1 2004年北海道留萌支庁南部地震 減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価(水平)(2)

H30.10.31
資料1-4-2
p155 再掲



加速度時刻歴波形の比較

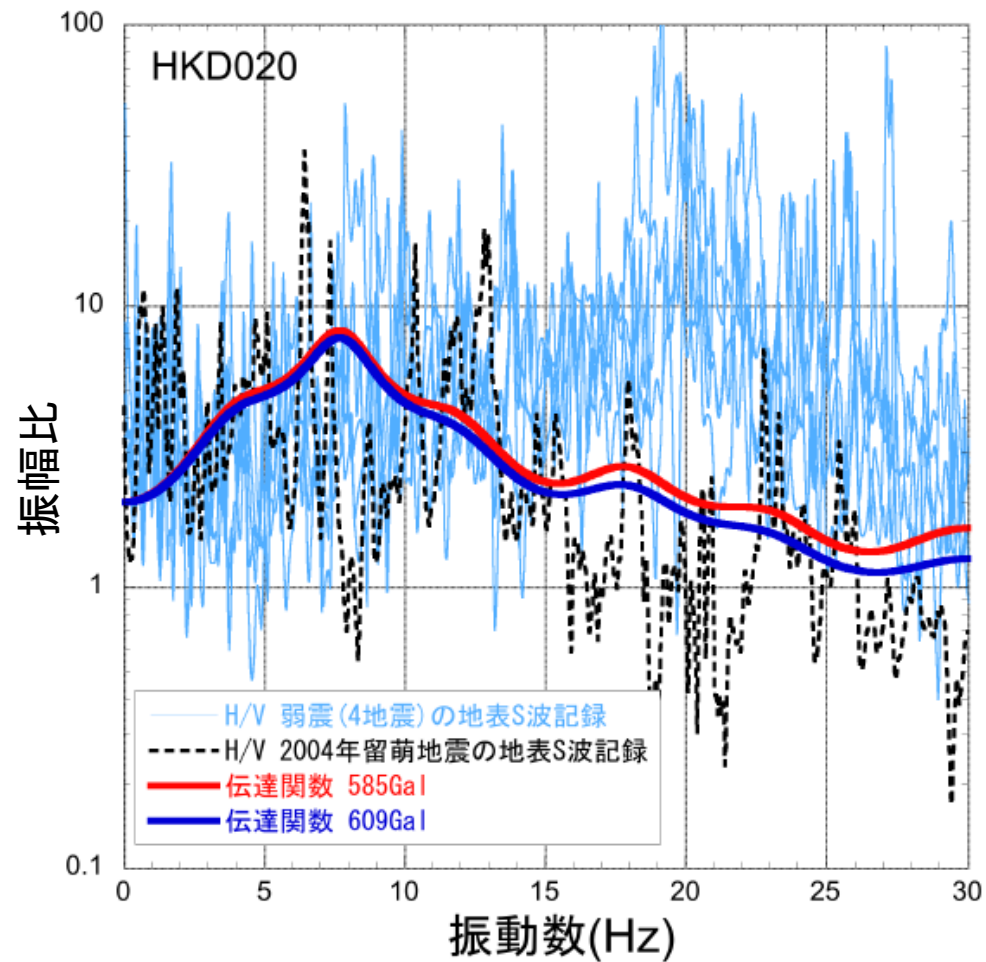


擬似速度応答スペクトルの比較

➤ 佐藤ほか(2013)の地盤モデルをもとに、GL-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動を評価した結果、最大加速度は609Galとなり、佐藤ほか(2013)による基盤地震動(585Gal)と比較してやや大きく評価された。また、応答スペクトルは、佐藤ほか(2013)による応答スペクトルとほぼ同程度となっている。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討／3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価(水平)(3)

H30.10.31
資料1-4-2
p156 再掲



収束物性値による伝達関数とH/Vスペクトルとの比較

➤ 収束物性値による伝達関数は、佐藤ほか(2013)の物性値による伝達関数と同様に、本震時のH/Vスペクトルの特徴をよく再現している。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討／3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価(水平) まとめ

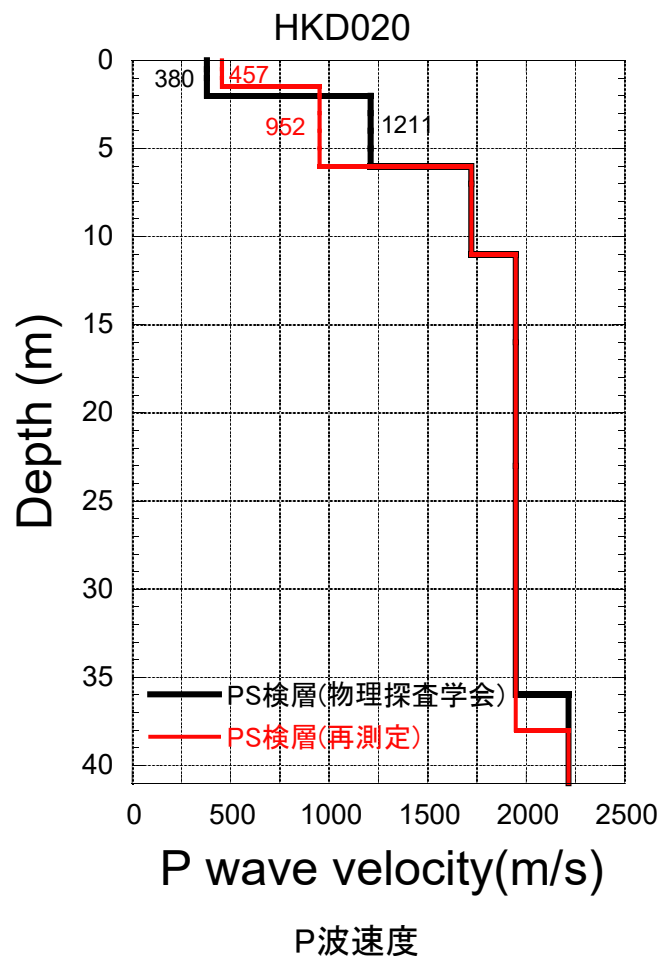
H30.10.31
資料1-4-2
p157 再掲



- 北海道留萌支庁南部地震におけるHKD020観測点の観測記録について、佐藤ほか(2013)の地盤モデルをもとに、GL-6mまで非線形、GL-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動が評価された。
- GL-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動を評価した結果、最大加速度は609Galとなり、佐藤ほか(2013)による基盤地震動(585Gal)と比較してやや大きく評価された。また、応答スペクトルは、佐藤ほか(2013)による応答スペクトルとほぼ同程度となっている。
- 収束物性値による伝達関数は、佐藤ほか(2013)の物性値による伝達関数と同様に、本震時のH/Vスペクトルの特徴をよく再現しているものと考えられる。

3. 2 Mw6.5未満の地震についての検討／3. 2. 1 2004年北海道留萌支庁南部地震 鉛直方向の基盤地震動の再評価(1)

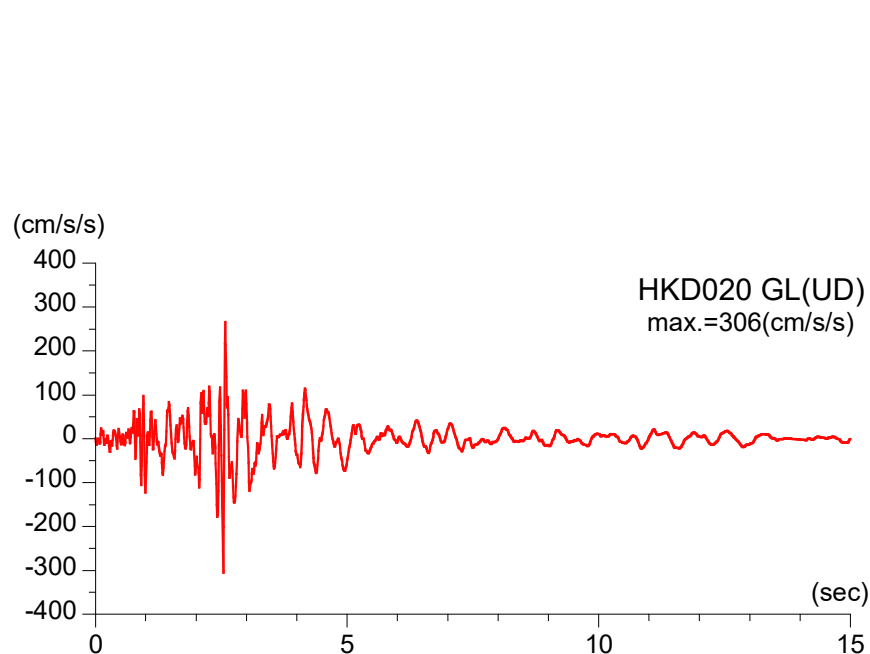
H30.10.31
資料1-4-2
p158 再掲



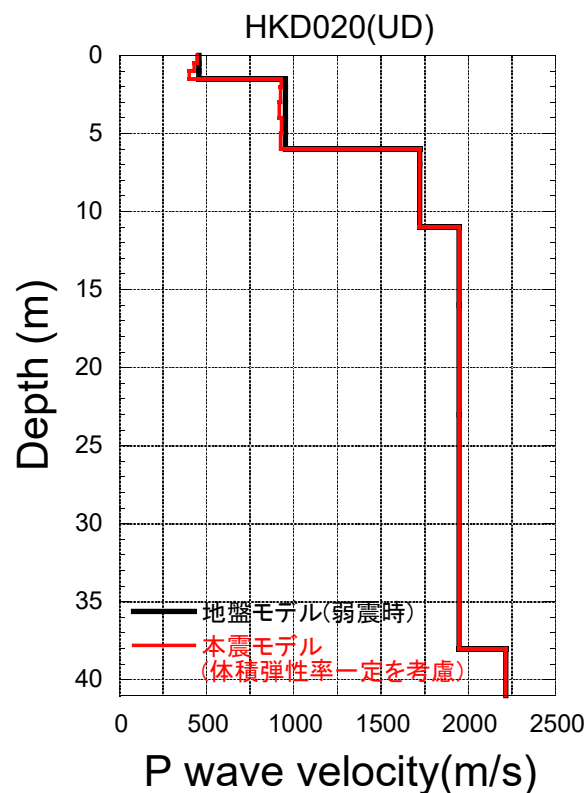
- 佐藤ほか(2013)において、付録として事例紹介していた鉛直方向の基盤地震動の評価結果は、物理探査学会(2013.10)時点でのモデルに基づいていたが、表層部分のPS検層結果について笹谷ほか(2008)の位相速度と差異がみられたことから、最表層に重点をおいた再測定が物理探査学会発表後に実施されている。
 - 再測定の結果、表層の6m以浅のP波速度は、佐藤ほか(2013)において鉛直方向の基盤地震動を評価した時のモデルとは異なっていたため、P波速度を再設定した地盤モデルを用いた基盤地震動が再評価された。
- ※S波速度は、再測定の結果、佐藤ほか(2013)における地盤モデルとほぼ同様のため変更していない。

3.2 Mw6.5未満の地震についての検討／3.2.1 2004年北海道留萌支庁南部地震 鉛直方向の基盤地震動の再評価(2)

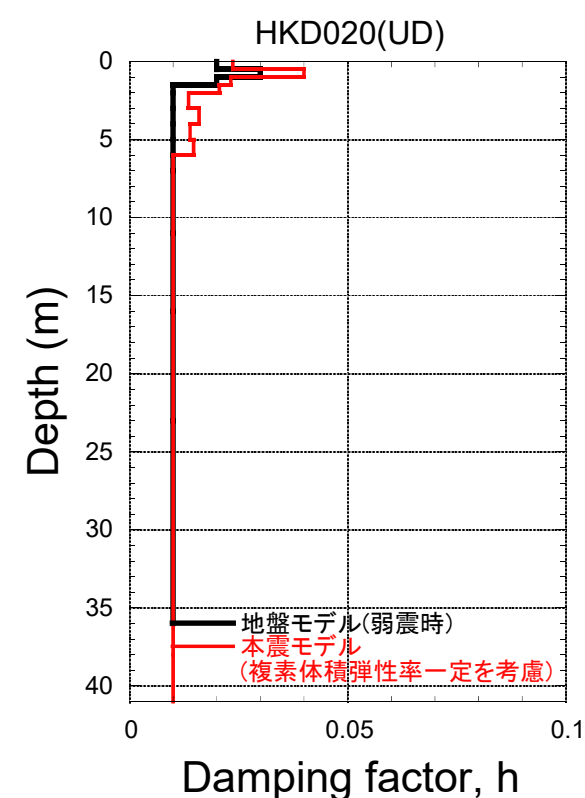
H30.10.31
資料1-4-2
p159 再掲



加速度時刻歴波形



P波速度



減衰定数

➤ 再測定結果を用いて体積弾性率一定として基盤地震動を評価した結果、最大加速度は306Galであり、従来の評価結果(296Gal)と比較してやや大きく評価された。

3.2 Mw6.5未満の地震についての検討／3.2.1 2004年北海道留萌支庁南部地震 鉛直方向の基盤地震動の再評価 まとめ

H30.10.31
資料1-4-2
p160 再掲



- HKD020観測点のP波速度モデルは、笹谷ほか(2008)の位相速度と差異がみられたことから、最表層に重点をおいて再測定され、その結果を踏まえて再設定された。
- 再設定結果を用いて体積弾性率一定として基盤地震動を評価した結果、最大加速度は306Galであり、従来の評価結果(296Gal)と比較してやや大きい評価となった。

1. 地下構造モデルの策定

- 梅田尚子, 小林喜久二: 地震記録の逆解析による地下構造推定手法の適用性に関する検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.813-814, 2010.
- KINOSHITA, S.: Frequency-dependent attenuation of shear waves in a sedimentary layer-basement system in the Kanto area, Japan, Proc. of International Symposium on Earthquake Disaster Prevention, Vol.1, pp.212-226, 1992.
- 武村雅之, 池浦友則, 高橋克也, 石田寛, 大島豊: 堆積地盤における地震波減衰特性と地震動評価, 日本建築学会構造系論文報告集, 446, pp.1-11, 1993.
- 福島美光, 翠川三郎: 周波数依存性を考慮した表層地盤の平均的な Q^{-1} 値とそれに基づく地盤増幅率の評価, 日本建築学会構造系論文集, 460, pp.37-46, 1994.
- 小林喜久二, 久家英夫, 植竹富一, 真下貢, 小林啓実: 伝達関数の多地点同時逆解析による地盤減衰の推定 その3 Q値の基本式に関する検討, 日本建築学会大会学術講演集, B2, 構造Ⅱ, pp.253-254, 1999.
- 佐藤浩章, 金谷守, 大鳥靖樹: 減衰定数の下限値を考慮したスペクトル比の逆解析による同定手法の提案—岩盤における鉛直アレイ記録への適用と減衰特性の評価—, 日本建築学会構造系論文報告集第604号, p55-62, 2006.
- 太田裕: 地震工学への最適化の適用. 1, 八戸港湾SMAC設置点の地下構造推定, 建築学会論文報告集, 229, 35-41, 1975.
- 岩田知孝, 入倉孝次郎: 観測された地震波から, 震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震第2輯, No.39, pp.579-593, 1986.
- 鶴来雅人, 田居優, 入倉孝次郎, 古和田明: 経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討, 地震第2輯, Vol.50, pp.215-227, 1997.
- 川瀬博, 松尾秀典: K-NET, KiK-net, JMA震度計観測網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第1号, pp.33-52, 2004.
- Boore, D.M.: Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bulletin of the Seismological Society of America, 73, 1983.
- 浅野公之, 岩田知孝: 経験的グリーン関数法を用いた2008年7月24日岩手県沿岸北部のスラブ内地震の震源モデルの推定, 日本地球惑星科学連合2009年大会, S152-009, 2009.
- 吉田望, 篠原秀明, 澤田純男, 中村晋: 設計用地震動の設定における工学的基盤の意義, 土木学会地震工学論文集, 第28巻, Paper No.170, 2005
- 独立行政法人原子力安全基盤機構: 地震動評価のための三次元地下構造モデルの作成手引き, 2013.
- 佐藤智美, 巽誉樹: 全国の強震記録に基づく内陸地震と海溝型地震の震源・伝播・サイト特性, 日本建築学会構造系論文集, 第556号, pp.15-24, 2002.
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004): 三陸沖北部の地震を想定した強震動評価, 2004.

2.1 プレート間地震

- Noda,S., K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe (2002) : OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Istanbul, Oct.16-18
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2012) : 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
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004a) : 三陸沖北部の地震を想定した強震動評価
- 宇佐美龍夫(2013) : 最新版 日本被害地震総覧599-2012, 東京大学出版会
- 宇津徳治(1982) : 日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表: 1885年~1980年, 東京大学地震研究所彙報 Vol.57
- 気象庁(2014) : 地震年報 等「気象庁地震カタログ」
- 諸井孝文, 広谷浄, 石川和也, 川里健, 生玉真也, 釜田正毅(2013) : 標準的な強震動レシピに基づく東北地方太平洋沖巨大地震の強震動の再現, 日本地震工学会第10回年次大会
- 入倉孝次郎(2012) : 海溝軸巨大地震の強震動予測のための震源モデルの構築, 第40回地盤震動シンポジウム
- 中央防災会議(2004) : 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(第5回)
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004b) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第二版)
- 永井理子, 菊池正幸, 山中佳子(2001) : 三陸沖における再来大地震の震源過程の比較研究-1968年十勝沖地震と1994年三陸はるか沖地震の比較-, 地震第2輯, 第54巻, 267-280
- 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透(2001) : 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 545, 51-62
- 佐藤智美(2003) : 中小地震の応力降下量の断層タイプ・震源深さ依存性及び地域性に関する研究, 土木学会地震工学論文集, Vol. 27
- 佐藤智美(2010) : 逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻, 第651号, 923-932
- 片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊輔, 日下部毅明(2006) : 短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式, 土木学会論文集A, Vol.62, 2006.10
- 佐藤良輔 編著(1989) : 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック, 鹿島出版会
- 三浦誠一, 高橋成美, 仲西理子, 小平秀一, 金田義行(2001) : 日本海溝前弧域(宮城沖)における地震学的探査-KY9905航海-, JAMSTEC深海研究, 第18号, 145-156
- Toshihiro Igarashi, Toru Matsuzawa, Norihito Umino, Akira Hasegawa(2001) : Spatial distribution of focal mechanisms for interplate and intraplate earthquakes associated with the subducting Pacific plate beneath the northeastern Japan arc: A triple-planed deep seismic zone, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.106, NO.82, PAGES 2177-2191
- F. O. Strasser, M. C. Arango, and J.J. Bommer(2010) : Scaling of the Source Dimensions of Interface and Intraslab Subductuoin-zone Earthquakes with Moment Magnitude, Seismological Research Letters, Vol81, 941-950

- 田島礼子, 秋元康広, 司宏俊, 入倉孝次郎(2013):内陸地殻内および沈み込みプレート境界で発生する巨大地震の震源パラメータに関するスケーリング則の比較研究内陸地殻内および沈み込みプレート境界で発生する巨大地震の震源パラメータに関するスケーリング則の比較研究, 地震 第2輯, 第66巻, 31-45
- Kurahashi, S. and K, Irikura(2013): Short-period source model of the 2011 Mw9.0 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, Bull. Seism Soc. Am., 103, 1373-1393
- Asano, K., and T. Iwata(2012): Source model for strong ground motion generation in 0.1-10 Hz during the 2011 Tohoku earthquake, Earth Planets Space,64, 1111-1123
- 佐藤智美(2012): 経験的グリーン関数法に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル —プレート境界地震の短周期レベルに着目して—, 日本建築学会構造系論文集, 第77巻, 第675号, 695-704
- 川辺秀憲, 釜江克宏(2013): 2011年東北地方太平洋沖地震の特性化震源モデルの構築, 日本地震学会秋季大会予稿集, B22-04

2.2 海洋プレート内地震

- Noda, S., K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe(2002): OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Istanbul, Oct.16-18
- Kosuga, M., T. Sato, A. Hasegawa, T. Matsuzawa, S. Suzuki, and Y. Motoya(1996): Spatial distribution of intermediate-depth earthquakes with horizontal or vertical nodal planes beneath northeastern Japan, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 93
- 気象庁(2014): 地震年報 等「気象庁地震カタログ」
- Kita, S., T. Okada, A. Hasegawa, J. Nakajima and T. Matsuzawa(2010): Existence of interplane earthquakes and neutral stress boundary between the upper and lower planes of the double seismic zone beneath Tohoku and Hokkaido, northeastern Japan, Tectonophysics
- 海野徳仁, 長谷川昭, 高木章雄, 鈴木貞臣, 本谷義信, 亀谷悟, 田中和夫, 澤田義博(1984): 北海道および東北地方における稍深発地震の発震機構—広域の験震データの併合処理—地震 第2輯 第37巻 523-538
- N. Ozel and T. Moriya(2003): Focal Mechanisms of Intermediate-depth Earthquakes Beneath Southeastern Hokkaido, Japan Implications of the Double Seismic Zone, Pure appl. geophys. 160 2279-2299
- Seno, T., and M. Yoshida(2004): Where and why do large shallow intraslab earthquakes occur? Phys Earth Planet. Inter. 141
- Seno, T., Yamanaka, Y(1998): Arc stresses determined by slabs: Implications for mechanisms of back-arc spreading. Geophys. Res. Lett. 25
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2016): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
- 気象庁: 気象庁(2011a)平成23年4月 地震・火山月報(防災編), <<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/>>, 2008
- 気象庁: 気象庁技術報告 第133号 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震調査報告, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/gizyutu/133/gizyutu_133.html>, 2012
- Nakajima, J., A. Hasegawa and S. Kita(2011): Seismic evidence for reactivation of a buried hydrated fault in the Pacific slab by the 2011 M9.0 Tohoku earthquake, Geophys. Res. Lett., 38, L00G06, doi:10.1029/2011GL048432

- Yusaku Ohta, Satoshi Miura, Mako Ohzono, Saeko Kita, Takeshi Iinuma, Tomotsugu Demachi, Kenji Tachibana, Takashi Nakayama, Satoshi Hirahara, Syuichi Suzuki, Toshiya Sato, Naoki Uchida, Akira Hasegawa, and Norihito Umino (2011): Large intraslab earthquake (2011 April 7, M 7.1) after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M 9.0): Coseismic fault model based on the dense GPS network data, Earth Planets Space, 63
- Nakajima, J., S. Hada, E. Hayami, N. Uchida, A. Hasegawa, S. Yoshioka, T. Matsuzawa and N. Umino (2013): Seismic attenuation beneath northeastern Japan: Constraints on mantle dynamics and arc magmatism, J. Geophys. Res., 118, 5838-5855
- 原田 怜, 釜江 克宏: 2011年4月7日宮城県沖のスラブ内地震の震源のモデル化,
<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/tohoku2/20110407miyagioki_slab.pdf>, 2011
- 佐藤智美 (2012): 経験的グリーン関数法に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル - プレート境界地震の短周期レベルに着目して -
- 気象庁 (2008): 平成20年7月 地震・火山月報(防災編), <<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/>>
- 東北大学: 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター 地震特集 2008年7月24日岩手県沿岸北部の地震,
<<http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/info/topics/topics-080724/>>, 2008
- 佐藤智美 (2013): 東北地方のアウトラーサイズ地震, スラブ内地震, プレート境界地震の短周期レベルとfmax及び距離減衰特性, 日本建築学会構造系論文集, 689, 1227-1236
- 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透 (2001): 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 545, 51-62
- 気象庁: 気象庁 (2011b) 平成23年7月 地震・火山月報(防災編), <<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/>>, 2011
- 佐藤智美, 巽誉樹 (2002): 全国の強震記録に基づく内陸地震と海溝性地震の震源・伝播・サイト特性, 日本建築学会構造系論文集, 第556号, pp.15-24
- 山中佳子 (2011): 「リアルタイム地震学(NGY 地震ノート)」, <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2011/NGY37.html>
- 地震調査研究推進本部 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～
- Geller, R. J. (1976): Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes, Bulletin of the Seismological Society of America, 66, 1501-1523

2.3 内陸地殻内地震

- Noda,S., K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.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
- 原子力安全基盤機構(2004) :地震記録データベースSANDELのデータ整備と地震発生上下限層深さの評価に関する報告書(平成15年度),JNES/sEA04-017
- 気象庁(2014) :地震年報 等「気象庁地震カタログ」
- 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
- 吉井弘治, 伊藤潔(2001) :近畿地方北部の地震波速度構造と地震発生層,地球惑星科学連合学会2001年合同大会,Sz-P006
- 廣瀬一聖, 伊藤潔(2006) :広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定,京都大学防災研究所年報,第49号B,307-321
- 長谷川昭, 中島淳一, 海野徳仁, 三浦哲, 諏訪謡子(2004) :東北日本弧における地殻の変形と内陸地震の発生様式,地震,第2輯,第56巻,413-424
- 木下繁夫, 大竹政和(2000) :強震動の基礎,< <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/gk/publication/> >
- C.H.Scholz(1988) :The brittle-plastic transition and the depth of seismic faulting, Geologische Rundschau,77/1,319-328
- A Tanaka, Y Ishikawa(2005) :Crustal thermal regime inferred from magnetic anomaly data and its relationship to seismogenic layer thickness : The Japanese islands case study ,Physics of the Earth and Planetary Interiors,Vol.152,257-266
- 大久保泰邦(1984) :全国のキュリー点解析結果,地質ニュース,362-10,12-17
- 武村雅之(1990) :日本列島およびその周辺地域に起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
- Stirling, M. W., Rhoades, D. and Berryman, K.(2002) :Comparison of earthquake scaling relations derived from data of the instrumental and preinstrumental era, Bull. Seismol. Soc. Am.,Vol. 92, 812-830
- 杉山雄一, 関口春子, 栗田泰夫, 伏島祐一郎, 下川浩一(2002) :活断層情報と不均質震源特性との関係,平成13年度科学振興調整費「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」研究成果報告書,119-129
- Dan, K., T. Watanabe and T. Tanaka(1989) : A semi-empirical method to synthesize earthquake ground motions based on approximate far-field shear-wave displacement, Tran. A.I.J., No.396, 27-36
- 小林喜久二, 久家英夫, 植竹富一, 真下貢, 小林哲実(2006) :伝達関数の多地点同時逆解析による地盤減衰の推定 その3 Q値の基本式に関する検討, 日本建築学会大会学術講演集, B2, 構造II, pp.55-62
- Kanno T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara and Y. Fukushima(2006) : A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data, Bulletin of the Seismological Society of America,Vol.96, No.3,879-897
- Zhao, J. X., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H.K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima and Y. Fukushima (2006) :Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bull. Seism, Bulletin of the Seismological Society of America,Vol.96,No.3,898-913

- 内山泰生, 翠川三郎 (2006) : 震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第606号, 81-88
- 片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊介, 日下部毅明 (2006) : 短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式, 土木学会論文集A Vol.62, No.4, 740-757, 2006.10
- Norman A. Abrahamson, Walter J. Silva and Ronnie Kamai (2014) : Summary of the ASK14 Ground Motion Relation for Active Crustal Regions, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, 1025-1055
- David M. Boore, Jonathan P. Stewart, Emel Seyhan, and Gail M. Atkinson (2014) : NGA-West2 Equations for Predicting PGA, PGV, and 5% Damped PSA for Shallow Crustal Earthquakes, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, 1057-1085
- Kenneth W. Campbell and Yousef Bozorgnia (2014) : NGA-West2 Ground Motion Model for the Average Horizontal Components of PGA, PGV, and 5% Damped Linear Acceleration Response Spectra, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, 1087-1115
- Brian S.-J. Chiou and Robert R. Youngs (2014) : Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, 1117-1153
- I. M. Idriss (2014) : An NGA-West2 Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated by Shallow Crustal Earthquakes, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, 1155-1177
- Timothy D. Ancheta, Robert B. Darragh, Jonathan P. Stewart, Emel Seyhan, Walter J. Silva, Brian S. J. Chiou, Katie E. Wooddell, Robert W. Graves, Albert R. Kottke, David M. Boore, Tadahiro Kishida, Jennifer L. Donahue (2013) : NGA-West2 Database, http://peer.berkeley.edu/publications/peer_reports/reports_2013/webPEER-2013-03-Ancheta.pdf
- Donahue, J. L., and Abrahamson, N. A (2014) : Simulation-based hanging wall effects, Earthquake Spectra 30, 1269-1284

3. 震源を特定せず策定する地震動

- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会 (1999) : 日本の地震活動-被害地震から見た地域別の特徴<追補版>
- 気象庁 (2008) : 「平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震」の特集, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2008_06_14_iwate-miyagi/
- 国土地理院 (2008) : 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震に伴う地殻変動(第2報), <http://www.gsi.go.jp/johosystem/johosystem60032.html>
- 産業技術総合研究所 (2009) : 地質学的歪みと測地学的歪みの集中域と地震との関係, 地震予知連絡会会報, 第81巻, 98.
- Satoshi Miura, Toshiya Sato, Akira Hasegawa, Yoko Suwa, Kenji Tachibana and Satoshi Yui (2004) : Strain concentration zone along the volcanic front derived by GPS observations in NE Japan arc, Earth Planets Space, 56, 1347-1355.
- 産業技術総合研究所 活断層データベース: https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html
- 岡田知己, 海野徳仁, 長谷川昭 (2008) : 震源域の地下構造からみたマグマ・地殻流体との関係, 科学, 78, 978-984.
- 鈴木康弘, 渡辺満久, 中田高, 小岩直人, 杉戸信彦, 熊原康博, 廣内大助, 澤祥, 中村優太, 丸島直史, 島崎邦彦 (2008) : 2008年岩手・宮城内陸地震に関わる活断層とその意義——関市巖美町付近の調査速報——. 活断層研究, 29, 25-34.
- 田力正好, 池田安隆・野原壯 (2009) : 河成段丘の高度分布から推定された, 岩手・宮城内陸地震の震源断層, 地震第2輯, 第62巻, 1-11.

参考文献一覧(7)

H30.10.31
資料1-4-2
p167 再掲



- 社団法人東北建設協会監修(2006):建設技術者のための東北地方の地質
- 吉田武義, 中島淳一, 長谷川昭, 佐藤比呂志, 長橋良隆, 木村純一, 田中明子, Prima,O.D.A, 大口健志(2005):後期新生代,東北日本弧における火成活動史と地殻・マントル構造, 第四紀研究, 44,195-216.
- 遠田晋次, 丸山正, 吉見雅行, 金田平太郎, 粟田泰夫, 吉岡敏和, 安藤亮輔(2010):2008年岩手・宮城内陸地震に伴う地表地震断層—震源過程および活断層評価への示唆—, 地震 第2輯, 第62巻, 153-178.
- 布原啓史, 吉田武義, 山田亮一(2008):地理情報システムを用いた地震災害とカルデラ構造との関連の検討, 地質学会webサイト <http://www.geosociety.jp/hazard/content0035.html>
- 布原啓史, 吉田武義, 山田亮一, 前田修吾, 池田浩二, 長橋良隆, 山本明彦, 工藤健(2010):平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震の震源域周辺の地質と地質構造. 月刊地球 32, 356-366.
- 井口隆, 大八木規夫, 内山庄一郎, 清水文健(2010):2008年岩手・宮城内陸地震で起きた地すべり災害の地形地質学的背景,防災科学技術研究所, 主要災害調査第43号, 2010年3月
- 産業技術総合研究所 地質図Navi:<https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php>
- 宮村撰三(1962):地震活動と地体構造, 地震, 15, 23-52.
- Omote, S., Y. Ohsaki, T. Kakimi, and T.Matsuda(1980):Japanese practice for estimating the expected maximum earthquake force at a nuclear power plant site, Bull. New Zealand Nat. Soc. Earthq. Eng.,13, 37-48.
- 松田時彦(1990):最大地震規模による日本列島の地震分帯図, 東京大学地震研究所彙報, 65, 289-319, 1990.
- Kinugasa, Y(1990):Seismotectonic zonation based on the characteristics of active faults in Japan, USGS Open-File Rept., 90-98, 15-17.
- 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
- 活断層研究会(1991):[新編]日本の活断層,東京大学出版会.
- 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.
- Tomomi Okada, Norihito Umino, and Akira Hasegawa(2010):Deep structure of the Ou mountain range strain concentration zone and the focal area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake, NE Japan—seismogenesis related with magma and crustal fluid, Earth Planets Space,62,347-352,2010.
- Akiko Tanaka, Makoto Yamano, Yusaku Yano, and Masakatsu Sasada(2004):Geothermal gradient and heat flow data in and around Japan(I): Appraisal of heat flow from geothermal gradient data, Earth Planets Space,56,1191-1194,2004.
- 高橋浩晃, 宮村淳一(2009):日本列島における深部低周波地震の発生状況, 北海道大学地球物理学研究報告, 72, 177-190.
- 核燃料サイクル開発機構(1999):わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—, 分冊1, わが国の地質環境
- 防災科学研究所 地すべり分布図:<http://lweb1.ess.bosai.go.jp/>

- Tomomi Okada, Norihito Umino, Akira Hasegawa, and Group for the aftershock observations of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake 2008 (2012) : Hypocenter distribution and heterogeneous seismic velocity structure in and around the focal area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, NE Japan-Possible seismological evidence for a fluid driven compressional inversion earthquake, Earth Planets Space, 64, 717-728.
- Kimiyuki Asano, Tomotaka Iwata (2011) : Characterization of Stress Drops on Asperities Estimated from the Heterogeneous Kinematic Slip Model for Strong Motion Prediction for Inland Crustal Earthquakes in Japan, Pure and Applied Geophysics Volume 168, 105-116.
- Wataru Suzuki, Shin Aoi, Haruko Sekiguchi (2010) : Rupture Process of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku, Japan, Earthquake Derived from Near-Source Strong-Motion Records, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.100, No.1, 256-266.
- 吉田邦一, 宮腰研, 倉橋奨, 入倉孝次郎 (2014) : 震源直上の強震記録を用いた2008年岩手・宮城内陸地震の震源モデルとすべり速度に基づく特性化震源モデル, 日本地震学会講演予稿集2014年度秋季大会, 167
- 引間和人, 瀬瀬一起 (2013) : 2008年岩手・宮城内陸地震の震源過程～東・西傾斜の複数枚断層を仮定した再解析～, 日本地震学会講演予稿集 巻2013年度秋季大会, 63
- 野津厚 (2011) : 内陸地殻内地震によるやや短周期地震動の再現に適した震源のモデル化手法, 港湾空港技術研究所報告, 第50巻第4号, 133-195.
- 入倉孝次郎, 倉橋奨 (2008) : 2008年岩手・宮城内陸地震の震源モデルと強震動—なぜ4000ガルの強震動が生成されたのか?—, 日本活断層学会2008年度秋季学術大会, http://danso.env.nagoya-u.ac.jp/jsafr/pdfs/2008fprograms/2008f_S02.pdf
- 堀川晴央 (2008) : 遠地実体波から推定される2008年6月岩手・宮城内陸地震の断層モデル (第1報), <https://staff.aist.go.jp/h.horikawa/2008Iwate/200806Iwate.html>
- 釜江克宏 (2008) : 2008年岩手・宮城内陸地震 (Mj7.2) の震源のモデル化 (暫定版), http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/iwate_miyagi_1.html
- 独立行政法人原子力安全基盤機構 (2014) : 基準地震動策定のための地震動評価手引き: 震源極近傍の地震動評価
- 中央防災会議首都直下地震モデル検討会 (2013) : 首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書
- 加藤研一, 宮腰勝義, 武村雅之, 井上大栄, 上田圭一, 壇一男 (2004) : 震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討—, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号, 46-86.
- 司宏俊・翠川三郎 (1999) : 断層タイプおよび地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 523, 63-70
- Shin Aoi, Takashi Kunugi, Hiroyuki Fujiwara (2008) : Trampoline Effect in extreme Ground Motion, Science, Vol.322, 727-730.
- 大町達夫, 井上修作, 水野剣一, 山田雅人 (2011) : 2008年岩手・宮城内陸地震のKiK-net—関西における大加速度記録の成因の推定, 日本地震工学会論文集, 第11巻, 第1号, 32-47.
- 森一司, 馬場富士雄, 橋本智雄, 藤田慶太 (2011) : 2008年岩手・宮城内陸地震に伴う荒砥沢ダム右岸の地表変状について, 応用地質, 第52巻, 第2号, 55-61
- 田原徹也, 大町達夫 (2010) : 観測記録に基づく中央コア型ロックフィルダムの非線形地震応答特性, 土木学会第65回年次学術講演会, 1299-1300.
- 国土交通省国土技術政策総合研究所, 独立行政法人土木研究所, 独立行政法人建築研究所 (2008) : 平成20年 (2008年) 岩手・宮城内陸地震被害調査報告.

参考文献一覧(9)

H30.10.31
資料1-4-2
p169 再掲



- 増川晋, 黒田清一郎, 林田洋一, 田頭秀和(2014):21世紀初頭10年間の大規模地震における農業用大ダムの入力地震動, 農村工学研究所技報, 第215号, 185-217.
- Hiroshi Kawase, Francisco J.Sanchez-Sesma, Shinichi Matsushima(2011): The Optimal Use of Horizontal-to-Vertical Spectral Ratios of Earthquake Motions for Velocity Inversions Based on Diffuse-Field Theory for Plane Waves, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.101, No.5, 2001-2014
- 山中浩明(2007):ハイブリッドヒューリスティック探索による位相速度の逆解析, 物理探査, 第60巻, 第3号, 265-275
- 松本徳久, 大町達夫, 安田成夫, 山口嘉一, 佐々木隆, 倉橋宏(2005):ダムで観測された強震記録の解析, ICOLD第73回年次例会ワークショップ.
- 財団法人ダム技術センター(2005):多目的ダムの建設.
- USGS(2000): USGS shakeMap:Tottori, JAPAN, Fri Oct 5,2000 04:30:20 GMT M6.7.
- 気象庁(2000):気象庁の発震機構解2000年10月, <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/mech/pdf/mc200010.pdf>
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2000):鳥取県西部の地震活動の評価
- 岡田篤正(2002):山陰地方の活断層の諸特徴, 活断層研究, No.22, 17-32
- 日本の地質増補版編集委員会編(2005):日本の地質増補版, 共立出版, 241
- 伏島祐一郎, 吉岡敏和, 水野清秀, 宍倉正展, 井村隆介, 小笠原琢, 佐々木俊法(2001):2000年鳥取県西部地震の地震断層調査, 活断層・古地震研究報告, No.1, 1-26, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
- 堤浩之, 隈元崇, 奥村晃史, 中田高(2000):鳥取県西部地震震源域の活断層, 月間地球/号外, 31, 81-86
- 井上大栄, 宮腰勝義, 上田圭一, 宮脇明子, 松浦一樹(2002):2000年鳥取県西部地震震源域の活断層調査, 地震2, 54, 557-573
- 堤浩之(2009):2000年鳥取県西部地震, 科学, 79, 210-212
- 垣見俊弘(2010):活断層の成熟度について, 活断層研究, No.32, 73-77
- T. Kanno, A.Narita, N.Morikawa, H.Fujiwara and Y.Fukushima.(2006):A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data, BSSA, 96, 879-897
- 引間和人(2013):スペクトルインバージョンを用いた2013年2月栃木県北部地震の震源域におけるサイト・伝播特性に関する検討, 日本地震工学会大会, 335-336
- 青柳恭平, 上田圭一(2012):2011年東北地方太平洋沖地震による阿武隈南部の正断層型誘発地震の特徴—臨時余震観測に基づく震源分布と速度構造—, 電力中央研究所報告
- Maeda,T and Sasatani,T (2009): Strong ground motion from an Mj6.1 inland crustal earthquake in Hokkaido, Japan: the 2004 Rumoi earthquake, Earth Planets Space, Vol.61(No.6), pp.689-701

- K.Miyakoshi, Y.Nishimura, T.Sasatani, K.Kamae and K.Irikura(2012): Investigation of predominant area of the directivity effect for strong ground motions near fault, 15 WCEE, 3353
- 元木健太郎, 加藤研一, 岡崎敦(2013): 2004年留萌支庁南部の地震の震源近傍の地震動シミュレーションー破壊伝播効果の影響を考慮した震源モデルの構築ー, 日本地震工学会大会, pp.361-362, 2013
- 佐藤浩章, 芝良昭, 功刀卓, 前田宜浩, 藤原広行(2013): 物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部地震の地震によるK-NET港町観測点(HKD020)の基盤地震動とサイト特性評価, 電力中央研究所報告
- 笹谷努, 前田宜浩, 高井伸雄, 重藤迪子, 堀田淳, 関克郎, 野本真吾(2008): Mj6.1内陸地殻内地震によって大加速度を観測したK-NET(HKD020)地点でのS波速度構造の推定, 物理探査学会第119回, 学術講演会講演論文集, pp.25-27
- 狐崎長狼, 後藤典敏, 小林芳正, 井川猛, 堀家正則, 斉藤徳美, 黒田徹, 山根一修, 奥住宏一(1990): 地震動予測のための深層地盤P・S波速度の推定, 自然科学災害, 9-3, 1-17
- 廣内大助, 松多信尚, 杉戸信彦, 竹下欣宏(2012): 3月12日長野県北部の地震に伴う地変と栄村周辺地域の活断層, 信州大学山岳科学総合研究所, 長野県北部地震災害調査研究報告, 2012年1月27日発行, 2012
- 独立行政法人原子力安全基盤機構(2005): 震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書, JNES/SAE05-004
- 日本原子力学会(2007): 日本原子力学会標準 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, AESJ-SC-P006:2007