

伊方SSHAC LEVEL3 論点整理

IKATA SSHAC LEVEL3 / GMC team

Background to the argument and summary of issues

① サイト増幅特性に関する議論

Site amplification characteristics

2017.3.25
GMC support

① サイト増幅特性の議論

Site amplification characteristics

GMC Hazard Significant Issues マトリックス表との対応

Data Matrix Table of GMC HSI versus issues

地震タイプ 評価項目ごとの 主なデータ		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		南海トラフの大地震	フィリピン海プレートの 特定しにくい地震	中央構造線断層帯の 地震	その他内陸活断層の 地震	内陸活断層の固有 規模より小さい地震	陸側プレートの 特定しにくい地震
地震動評価 手法の取扱い	全般	(A) ・ 評価対象範囲（近傍もしくは遠方）とそのばらつきに関する考え方 ・ 地震動評価手法と適用範囲の関係					
	GMPE	(B) ・ GMPE毎の幾何減衰特性について ・ 地震ハザード定義位置への引き戻しに関わる不確かさ					
	断層 モデル	(C) ・ SCEC BBPとの比較・検証 ・ 各種提案モデルの取り扱い（経験的、統計的、ハイブリッド） ・ 断層モデル自体の不確かさの取扱い					
震源・伝播経路・ サイト特性		(D) ・ サイト補正（地下構造（Vs, Q値他）、シングルステーション）の考慮 ・ 到来方向による補正の取り扱い ・ サイトにおける観測記録と地震動評価結果の差異（バラツキ）					
個別震源の 評価手法と課題	GMPE	(E)-(1) ・ 広域な断層面に対するGMPEの適用	(E)-(2) ・ スラブ内地震へのGMPEの適用性 ・ 震源の深さ方向の取扱い	(E)-(3) ・ ごく近傍への適用性	(E)-(4) ・ ごく近傍への適用性 ・ ハザード寄与度の大きい活断層の抽出	(E)-(5) ・ 一回り小さい地震の地震規模他の評価法	(E)-(6) ・ ごく近傍への適用性 ・ 震源の深さ方向の取扱い
	断層 モデル	—	—	(F)-(3) ・ ごく近傍への適用性 ・ 各パラメータの影響について（感度の大きい主パラメータの抽出）	—	—	—
ハザード評価全般に関わるもの		(G) ・ 地震ハザード曲線のトランケート関連					

① サイト増幅特性の議論

Site amplification characteristics

GMC Hazard Significant Issues マトリックス表との対応

Data Matrix Table of GMC HSI versus issues

Terminology		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		Nankai Trough Megathrust Earthquake	Earthquake in/on the Philippine Sea Plate whose seismic source is difficult to identify	Earthquake along the Median Tectonic Line Fault Zone	Inland earthquake on minor faults	Earthquakes of inland active faults that magnitudes are smaller than characteristic magnitudes of each segment	Blind earthquakes
Management of evaluation schemes of the ground motion	Common items	(A) ・ Management of uncertainty associated with the scope of evaluation ・ Relationship between scope of evaluation and evaluation scheme of the ground motion					
	GMPE	(B) ・ The difference of geometric attenuation characteristics in the selection of GMPE ・ Uncertainties about the correction using each evaluation technique of the ground motion transmission to the hazard definition point					
	Fault rupture model	(C) ・ Comparison with the evaluation by SCEC BBP ・ Management of various proposed models (Empirical, Statistical or Hybrid model) ・ Management of uncertainties about fault rupture model					
Source/propagation / site characteristics		(D) ・ Consideration of site correction (Site amplification characteristics based on a subsurface structure, Single station o) ・ Management of correction performed by arrival direction of seismic wave ・ Difference of evaluation of the ground motion and observation records in the site					
Evaluation schemes and issues each seismic source type	GMPE	(E)-(1) ・ Application of GMPE to widespread fault plane	(E)-(2) ・ Application of GMPE to Intraslab earthquakes ・ Management of depth direction of seismic wave of seismic source	(E)-(3) ・ Applicability to the fault in the immediate vicinity of the site	(E)-(4) ・ Applicability to the fault in the immediate vicinity of the site ・ Extraction of active faults that have a lot of influence on hazard	(E)-(5) Consideration of GMPE to Earthquakes of inland active faults that magnitudes are smaller than characteristic magnitudes of each segment	(E)-(6) ・ Applicability to the fault in the immediate vicinity of the site ・ Management of depth direction of seismic wave of seismic source
	Fault rupture model	—	—	(F)-(3) ・ Applicability to the fault in the immediate vicinity of the site ・ Effect of each parameters (Extraction of the main parameter which have higher sensitivity)	—	—	—
The items related to overall hazard evaluation		(G) Seismic hazard curve truncate					

① サイト増幅特性の議論

Site amplification characteristics

◇経緯

- ・地震動評価において、サイト特有の増幅特性がある場合には、それをハザードに折り込む必要がある。
- ・WS1では、その観点から
『伊方発電所の深部地震観測記録とQ値』
『観測記録の到来方向別の分析、理論値と増幅特性の比較』
といった内容で、地震観測記録を用いた増幅特性の分析結果についてREより報告を受けた。
- ・それらの結果から、GL-160m以浅の地盤およびGL-500mから地震基盤までの深部地盤について、極端に特異な増幅特性がないことは確認されたものの、その間については更なる検討についてコメントを受けた。

◇Background

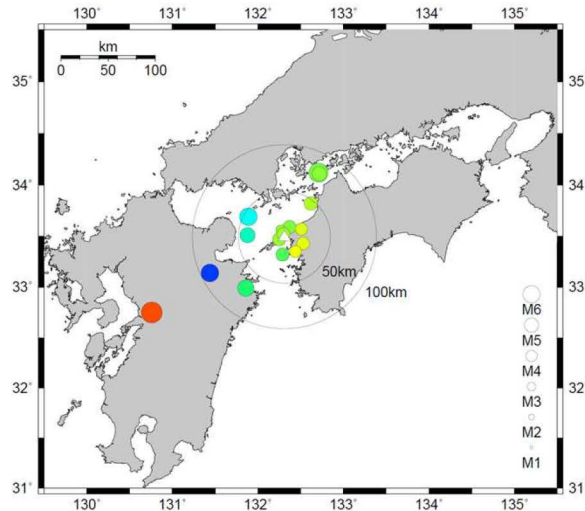
- ・ If there are site specific amplification characteristics, it is necessary to insert then into hazard.
- ・ Therefore, in the WS1, RE reported about the analysis of amplification characteristics as follows
『Deep borehole array observation records and Q at Ikata NPP site』
『Evaluation of underground structures at Ikata NPP using seismic observation records』
- ・ Although we have confirmed that there were not specific amplification characteristics at shallower than GL-160m and deeper than GL-500m, we need to conduct an additional discussion about the characteristics from GL-500m to GL-160m.

① サイト増幅特性の議論 Site amplification characteristics

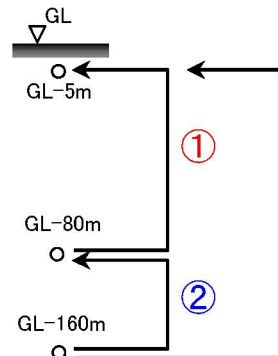
WS1資料

『観測記録の到来方向別の分析、理論値と増幅特性の比較』より

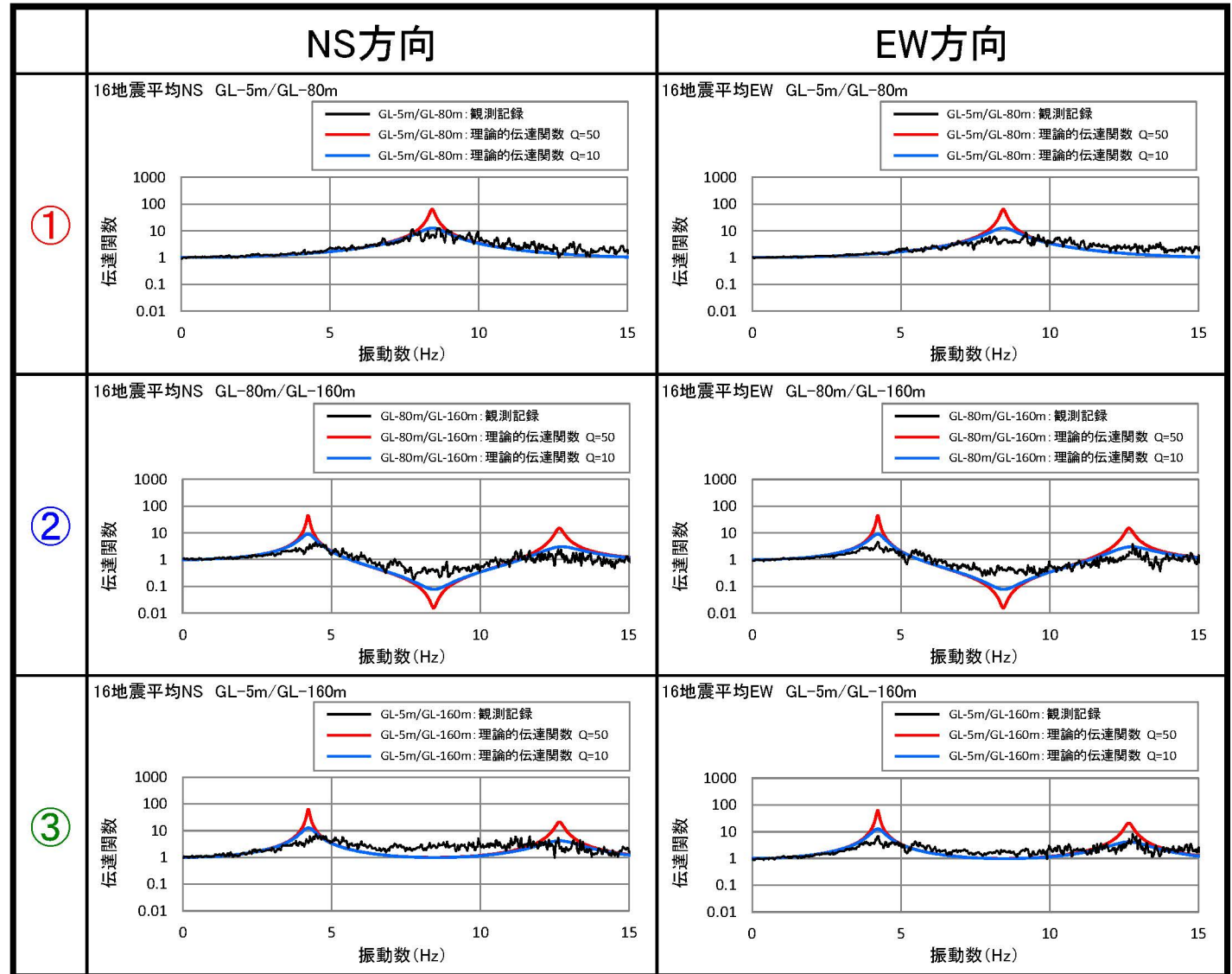
最大加速度10Gal以上の観測記録における伝達関数



地震の震央位置



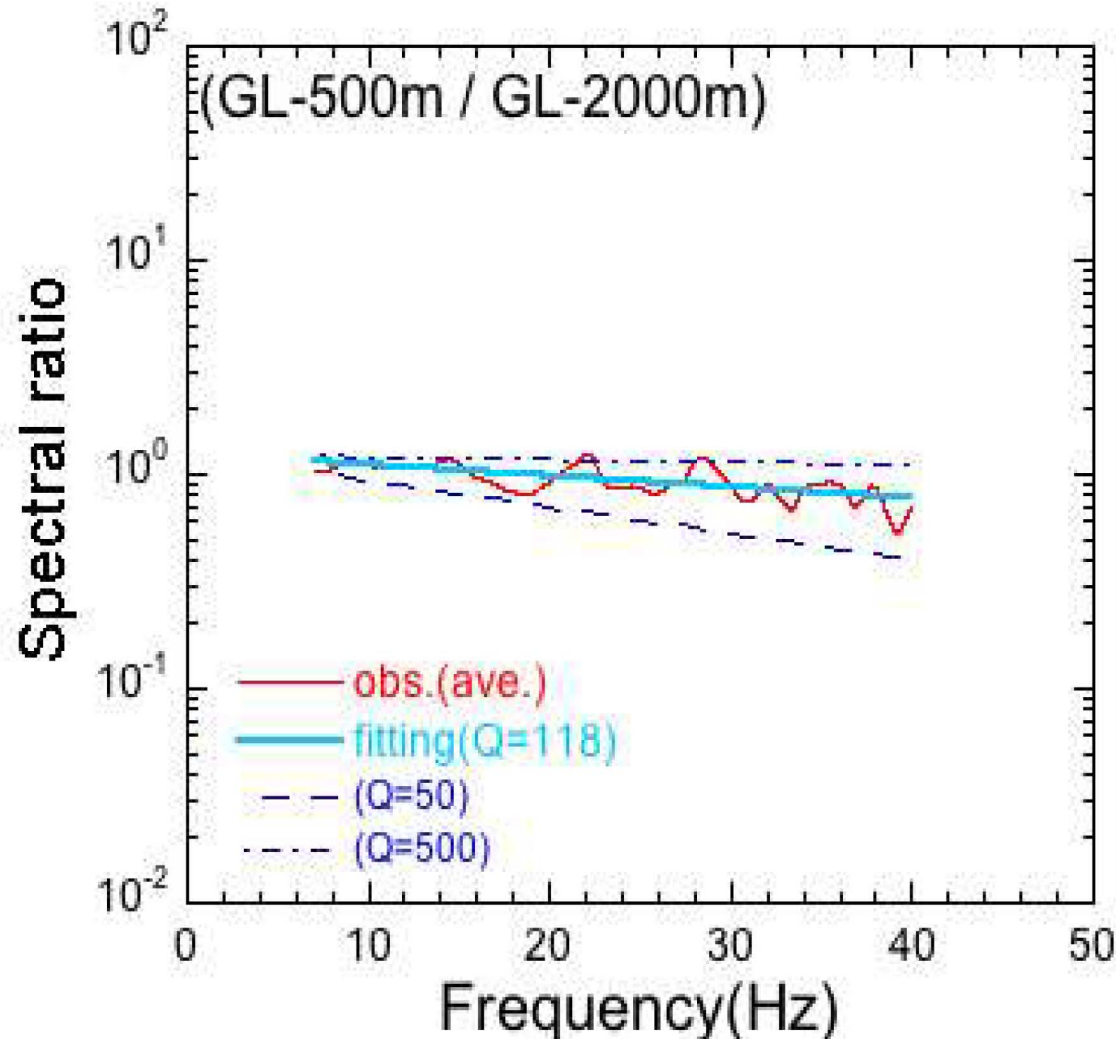
伝達関数検討位置



設定した地盤構造モデルによる理論的伝達関数（図の赤線）は、観測記録の伝達関数とほぼ整合していることを確認した。
なお参考までに、観測記録の伝達関数のピークレベルと整合するQ値を算定すると、10程度と求まる（図の青線）。

ボアホール地震記録によるQ値(減衰)の測定 - 弱震記録の結果 -

Q (ATTENUATION) MEASUREMENTS BY BOREHOLE RECORDS -WEAK MOTIONS -

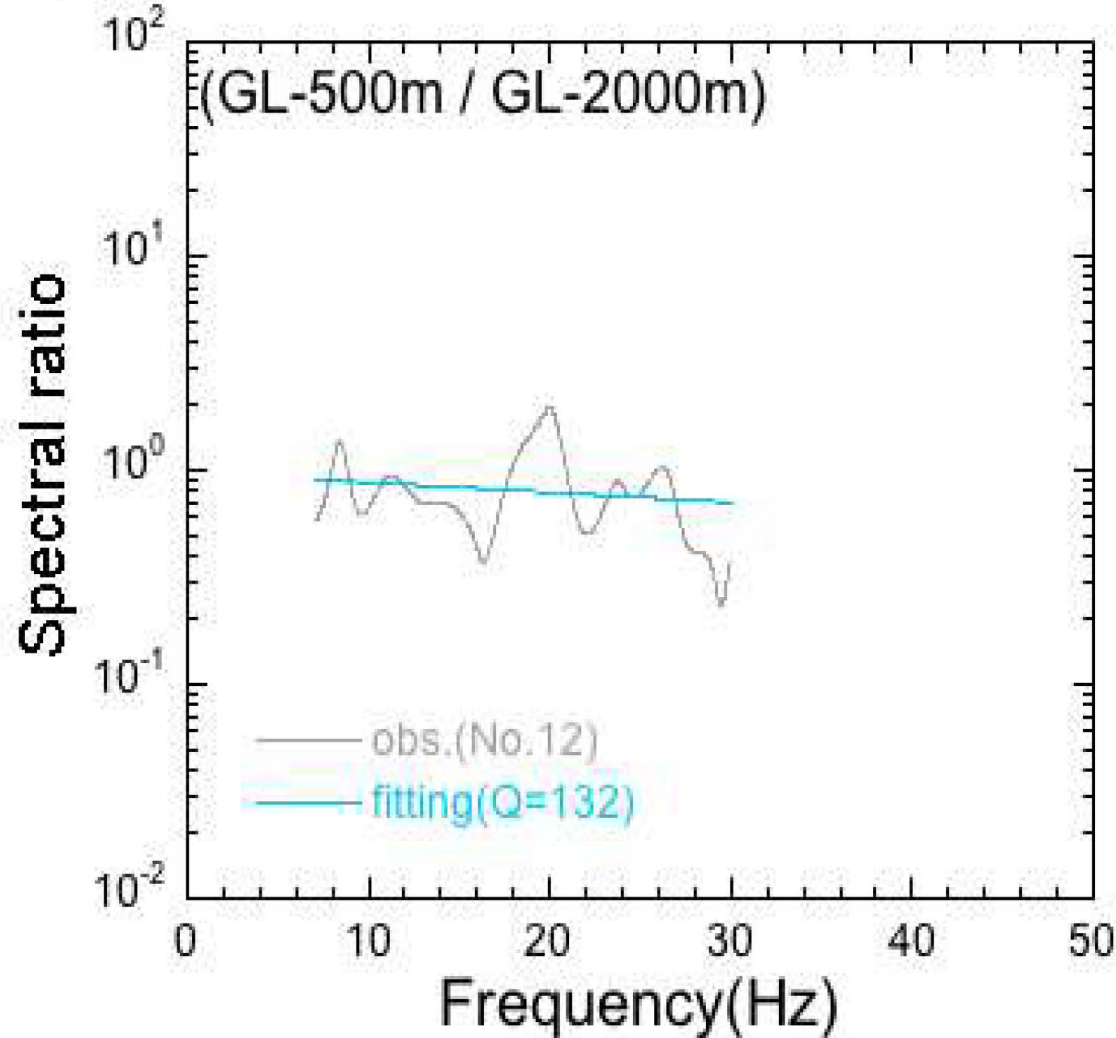


- ✓ 11個の弱震のスペクトル比の平均(7Hz~40Hz)を用いて、スペクトル減衰モデルによるフィッティングを実施し、Q=118を得た。
- ✓ Q=50および500を用いたモデルでは、明らかに、観測スペクトル比を説明できていない。

- **Figure** shows a comparison of the averaged spectral ratio of 11 events and the attenuation model of Q=118 estimated by least-squared fitting.
- Attenuation models of Q=50 and 500 can't explain the observed ratio.

ボアホール地震記録によるQ値(減衰)の測定- 最も大きい記録の結果 -

Q (ATTENUATION) MEASUREMENTS BY BOREHOLE RECORDS - LARGEST RECORD -



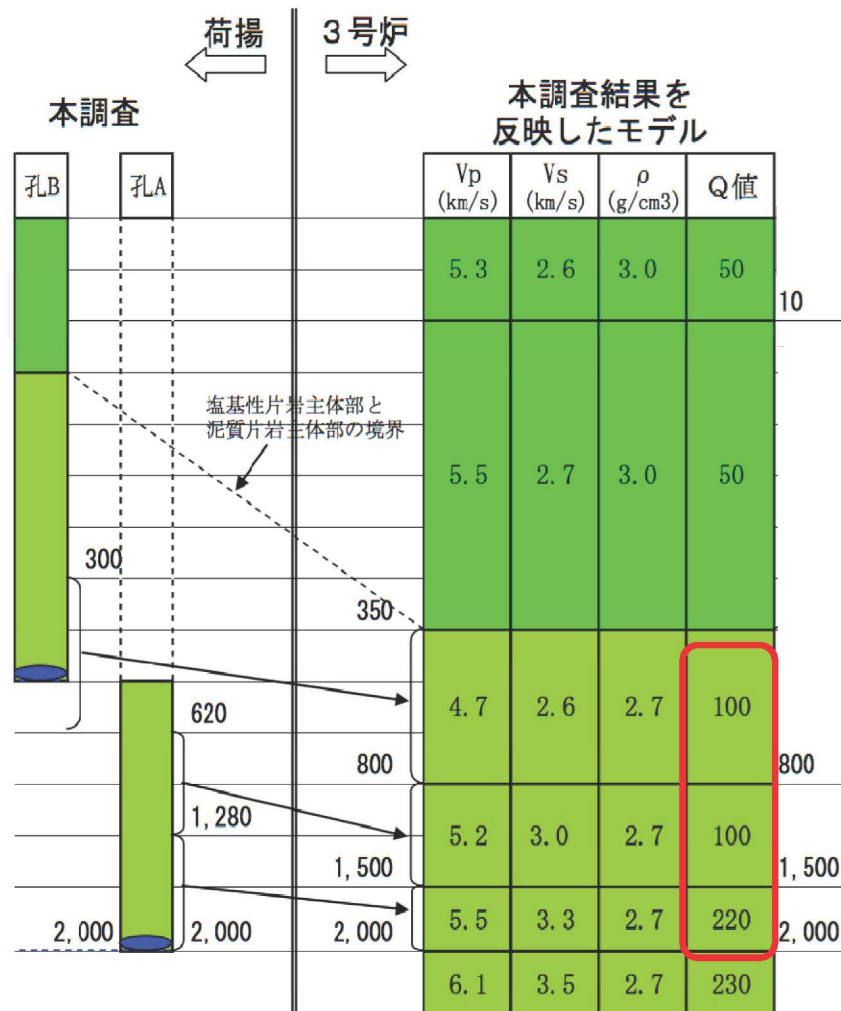
- ✓ 最も大きい記録(No.12)の上昇波スペクトル比(7Hz~30Hz)を用いて、スペクトル減衰モデルによるフィッティングを実施した結果、 $Q=132$ を得た。
- ✓ 平均的な弱震記録による $Q(=118)$ と比較して、 Q 値に顕著な差異はみられない。

➤ **Figure** shows a comparison of spectral ratio of largest event and attenuation model of $Q=132$ estimated by least-squared fitting.

地盤モデルと深部地震観測井のQ値

Q OF UNDERGROUND STRUCTURAL MODEL AND DEEP BOREHOLE

大深度ボーリング



- ✓ 深部地震観測井における調査に基づき、地盤モデルのGL-500m以深のQ値は、100～220で設定されている。

孔	深度 (m)	Q値			卓越周波数	スペクトル法評価に用いた周波数範囲
		最大振幅法	スペクトル法最大値	スペクトル法平均値 ^{※1}		
A, B	15～130	6.3 ^{※2}	6.3 ^{※2}	6.3 ^{※2}	26.3	20～38
	130～300	18.8	発散	36.9	26.1	18～38
	300～620	38.7	85.6	42.3	27.7	21～39
	620～1280	50.0	63.8	48.3	27.7	22～37
	1,280～2,000	101.8	発散	163	28.5	24～38

- ✓ 深部地震観測により測定したGL-500m～GL-2000mのQ値(118～132)は、地盤モデルとは調和的である。

① サイト増幅特性の議論

Site amplification characteristics

◇課題・論点 *Current issues*

- ・ 地下構造（GL-500m～-160m）の増幅特性の検討

/Site specific amplification characteristics from GL-500m to GL-160m.

◇検討の方向性 *Approach*

- ・ 500m以浅（GL-500m～-160m）について観測記録によるQ値の検討および地盤モデルとの比較を実施する。

/We need to compare the Q value which is obtained from the site observation records and the ground model from GL-500m to GL-160m.

- ・ PEにその結果を示してもらい、地震基盤までの特異な増幅の有無に関する判断材料とし、ハザード評価における地盤増幅特性を設定したい。

/By PE reports , TI team will judge the Site specific amplification characteristics in the hazard evaluation.

Proponent Expert : 佐藤 浩章 / 電力中央研究所

Hiroaki Sato / Central Research Institute of Electric Power Industry

◇ **発表題目** *Presentation title*

『伊方観測記録に基づくQ値評価の高度化』

/Advance of Q value using deep borehole array observation records at Ikata NPP site

◇ **説明依頼事項** *Requests*

- ・ 観測記録に基づく減衰特性の同定結果から、WS1でコメントのあった500m以浅のQ値に対する評価結果および重複反射解析による解析結果を踏まえ、伊方地盤モデルの減衰特性についてご説明いただきたい。

/Please explain the amplification characteristics of the Ikata ground model based on an analysis of seismic records.

◇事前質問事項 *Questions*

①WS1の内容も踏まえ、伊方サイトの増幅特性について総合的な意見を願います。

/Based on the discussion of WS1, please give a general opinion regarding amplification characteristics of the Ikata site.

②重複反射理論を用いて減衰特性の検討を行っているが、別の手法によって検討する方法はないのか？

/In this study, amplification characteristics are examined by a multiple reflection theory. Are there any other techniques for examining them?

③GMPEの硬岩 ($V_s=2.6\text{km/s}$) への適用にあたり、評価結果を $V_s=2.6\text{km/s}$ 相当に引き戻すことを考えている。その際にどのようにすべきか、ご意見を願いたい。

/In order to apply GMPE to hard rock ($V_s=2.6\text{km/s}$), we intend to convert the prediction result to the seismic motion in $V_s=2.6\text{km/s}$. We would like your opinion how we should do it.

◇PE関連文献 *References*

- ・ 地下構造の不均質性が地震動特性に及ぼす影響
(物理探査学会, 物理探査学会学術講演会講演論文集, 117巻, 2007)
/Effects of random fluctuation of subsurface structure on earthquake ground motion
(Proceeding of the SEGJ Conference 117, 2007)
- ・ 地震動評価のための硬質地盤における減衰評価とその体系化
(電力中央研究所報告, 巻頭1-3, 2012)
/Attenuation measurements of hard rock ground and its systematization for earthquake ground motion estimation
(CRIEPI Research Report, 1-3, 2012)
- ・ 地震観測記録に基づく地震動の減衰特性
(電力中央研究所報告, 2005-2010)
/Attenuation characteristics of seismic motion based on earthquake observation records
(CRIEPI Research Report, 2005-2012)
- ・ 地震動評価のための地表に近い岩盤における減衰の測定とそのモデル化
(物理探査, 第65巻, 第1&2号, 2012)
/Attenuation measurements of near-surface rock and its modeling for earthquake ground-motion estimation
(Geophysical exploration, 65, 1&2, 2012)