福島第一原子力発電所
福島第二原子力発電所

敷地周辺の地質・地質構造及び
基準地震動Ssの策定について
（コメント回答）

平成21年7月13日

東京電力株式会社

東京電力

TEPCO

【本日のご説明内容】

１．双葉断層の横ずれ成分について

２．869年貞観の地震による影響について

１．双葉断層の横ずれ成分について

第32回合同WG会合におけるコメント

双葉断層の左横ずれ成分の有無について調査結果を示した上で評価を行うこと。

■双葉断層に関する文献に左横ずれが示されており，変動地形学的調査結果によっても左横ずれが認められる。

■福島県が実施したトレンチ調査結果においても，左横ずれの水平変位量が確認されている。

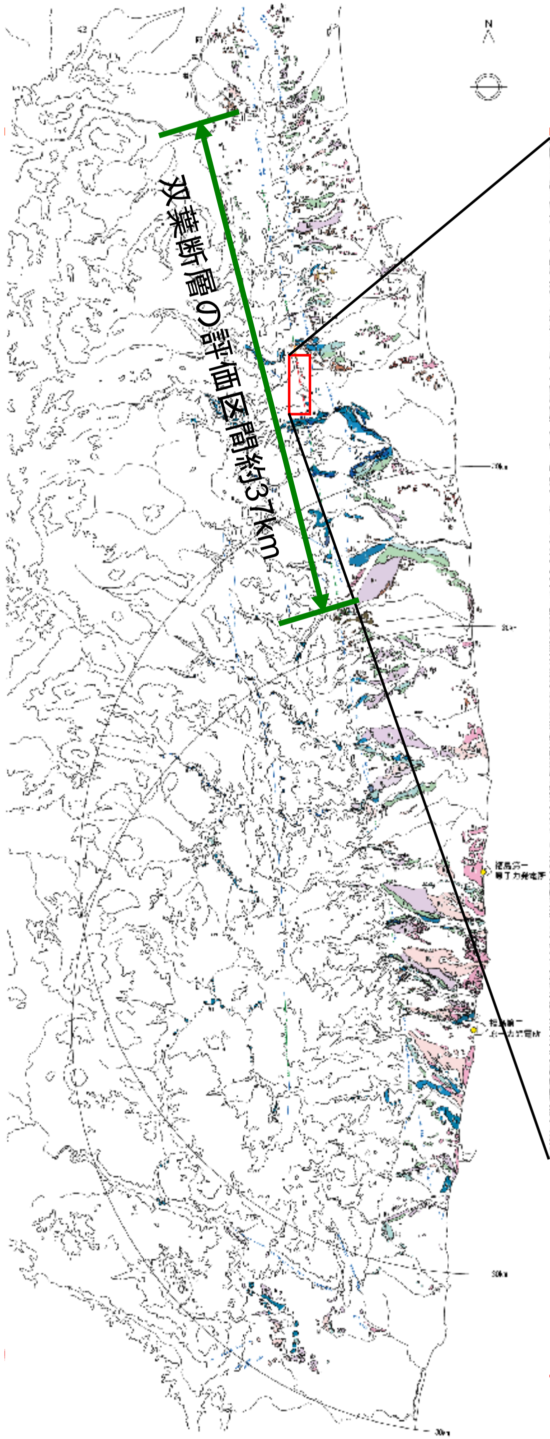
文献調査結果

双葉断層①は，すでに先第四紀に形成された断層帯[13]の一部が再活動したもので，阿武隈山地東縁部には，断層線に沿ってしばしば河川，山脚の横ずれ変位が認められる

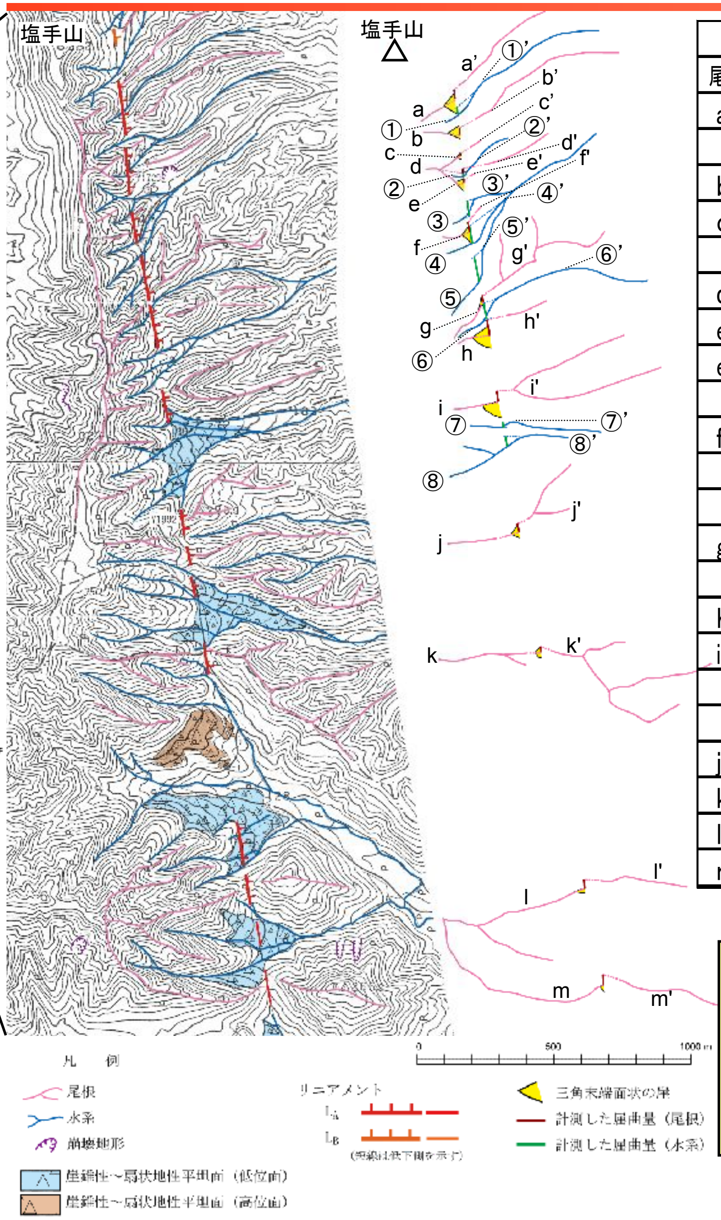
1 断層番号	2 断層名	3 図幅番号	4 確実度	5 活動度	6 長さ km	7 走向	8 傾斜	9 断層形態	10 変位基準	11 年代 10^4年	12 断層変位 上下成分 隆起側 m	12 断層変位 横ずれ成分 むき m	13 平均変位速度 m/10^3年	14 備考・文献
①+	双葉断層*			B	(55)	NNW		断層崖	山地高度					* 1)の久ノ浜—岩沼断層，2)および図1参照
	[小斉峠付近]	1	II	B	5	NNW		高度不連続	山地斜面		E			
								屈曲	谷・尾根			L		
	[塩手山東]	2	I	B	18	NNW		断層崖	山地斜面		W(300)			
								低断層崖	低位河岸段丘	1	W(1.5)		0.2	
								屈曲[3)4)]	尾根・谷			L(<150)		
	[橲原(じさはら)]							低断層崖[18)]	低位河岸段丘	1[18)]	W(1.5)[18)]		0.15	
								断層露頭*	段丘礫層		W(1.3)[18)]			* N5°W，V[18)]
	[栃窪(とちくぼ)]							低断層崖[18)]	低位河岸段丘	1[18)]	W(1.2)[18)]		0.12	
								断層露頭*	段丘礫層		W(1.3)[18)]			* N5°W，70°E[18)]．図2参照
	[新田川以南*]	4	II	B	37	NNW		断層崖	山地高度		W(300)			* 横ずれ地形は不明瞭

新編　日本の活断層（活断層研究会編，1991）より抜粋

■新編日本の活断層他に双葉断層の横ずれ成分について記載されている。



空中写真判読による尾根・水系の左屈曲

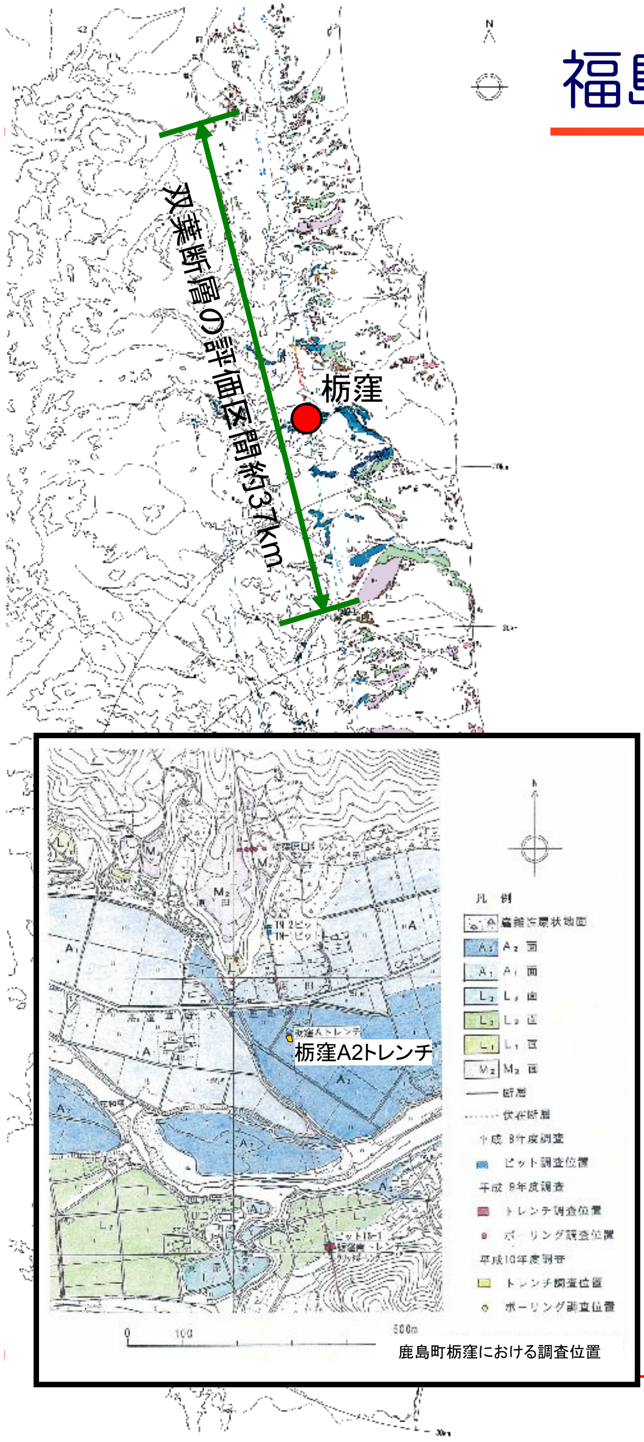


変位基準 尾根，水系，段丘面	屈曲量 （左横ずれ水平成分:H）	高度不連続量 （西上り鉛直成分:V）	H:V
a-a’	40m	40m	1:1
①−①’	20m	−	−
b−b’	30m	30m	1:1
c−c’	10m	10m	1:1
②−②’	10m	−	−
d−d’	40m	40m	1:1
e-e’	20m	10m	2:1
e-d’	60m	20m	3:1
③−③’	50m	−	−
f−f’	40m	20m	2:1
④−④’	70m	−	−
⑤−⑤’	80m	−	−
g−g’	20m	10m	2:1
⑥−⑥’	60m	−	−
h−h’	70m	30m	2．3:1
i−i’	40m	30m	1．3:1
⑦−⑦’	30m	−	−
⑧−⑧’	30m	−	−
j−j’	40m	20m	2:1
k−k’	20m	10m	2:1
l−l’	40m	10m	4:1
m−m’	40m	20m	2:1

（註）計測には，1/3,000空中写真（カラー）を使用した。

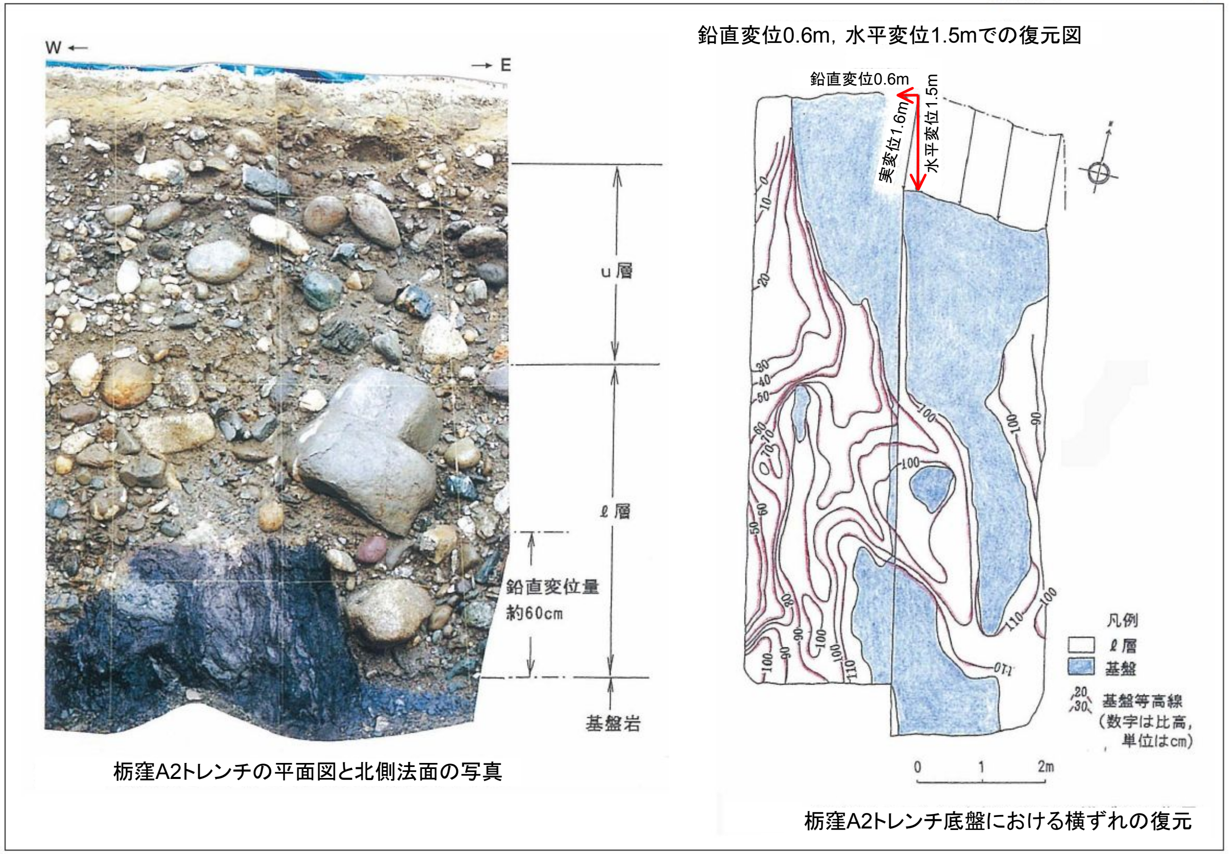
■相馬市遠藤から鹿島町栃窪に至る間ではL_A、L_Bリニアメントが判読され、リニアメントの両側の尾根等に東側が低い高度不連続が認められる。また、同区間では、尾根・水系に左屈曲が認められる。

福島県によるトレンチ調査結果



■福島県(1999)によると、栃窪におけるトレンチ調査の結果から最新活動による鉛直変位量約60cm、左横ずれの水平変位量約1.5mが確認されている。

[栃窪Ａ2トレンチ]



双葉断層に関する調査成果報告書（概要版）（福島県，1999）に加筆

2．869年貞観の地震による影響について

第32回合同WG会合におけるコメント

プレート間地震の検討において，869年貞観の地震を考慮すべきではないか。

- 平成20年3月の中間報告書における考慮すべき過去の地震の選定方法について説明。
- 「日本被害地震総覧」に基づく諸元を用いた場合，及び中間報告後に提案された佐竹ほか（2008）による津波シミュレーションに基づく波源モデルを震源断層と仮定した場合について，福島サイト基準地震動Ssに及ぼす影響を検討。

中間報告書における考慮すべき過去の地震の選定方法

■過去の地震については，敷地における震度がⅤ（５弱）以上の地震を検討対象として選定している。

〔１〕「日本被害地震総覧」等の文献に基づき，1938年塩屋崎沖の地震①～④を選定。

なお，869年貞観の地震については，敷地周辺の震度に関する情報がない。

〔２〕震度分布に関する情報がない地震については，敷地における震央距離200km程度以内の地震を対象として，M－Δ図により敷地の震度を評価し，検討対象となる地震がないことを確認。

なお，869年貞観の地震は，「日本被害地震総覧」による諸元の中央値を採用した場合，震央距離が290km程度となるため中間報告では扱っていないが，M－Δ図による敷地周辺の震度はⅣ程度であり，1938年塩屋崎沖の地震③に比べ影響が小さい。

【参考】869年貞観の地震について

●地震調査研究推進本部（2009）
「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（一部改訂）」において，「16世紀以前については，資料の不足により，地震の見落としの可能性が高い。以下ではこのことを考慮した。」としており，当該地震を評価の対象としていない。

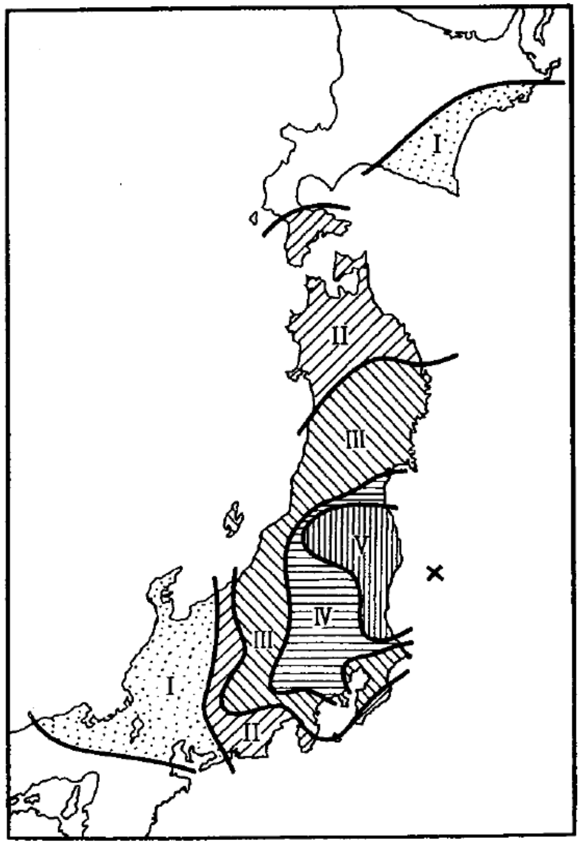
●佐竹ほか（2008）
津波の数値シミュレーションに基づき仙台平野の津波堆積物を説明する波源モデルを提案している。

1938年塩屋崎沖地震群の震度分布

■いずれの地震も，敷地における震度はⅤとなっている。

塩屋崎沖の地震①

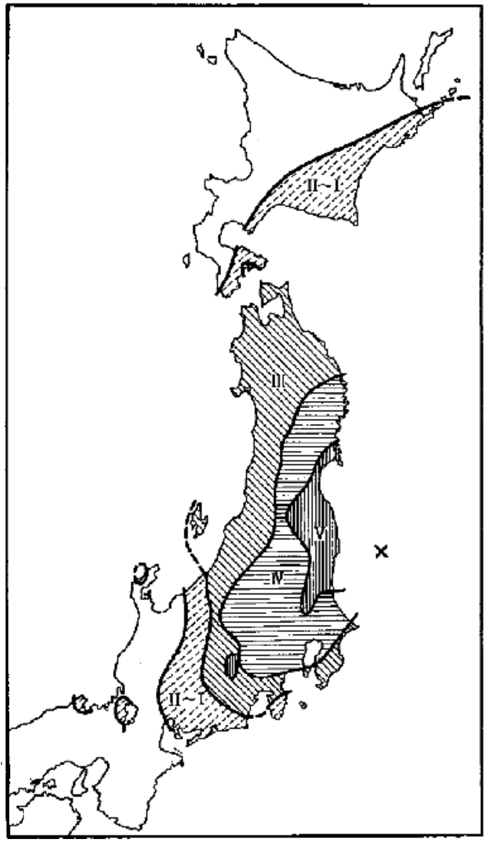
1938年5月23日（M 7.0）



「日本被害地震総覧」による。

塩屋崎沖の地震②

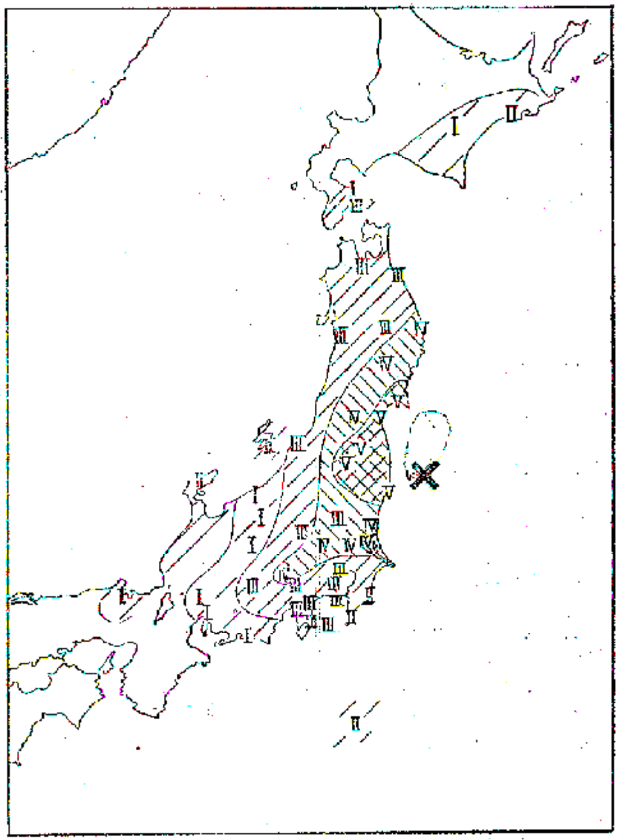
1938年11月5日（M 7.5）



「日本被害地震総覧」による。

塩屋崎沖の地震③

1938年11月5日（M 7.3）



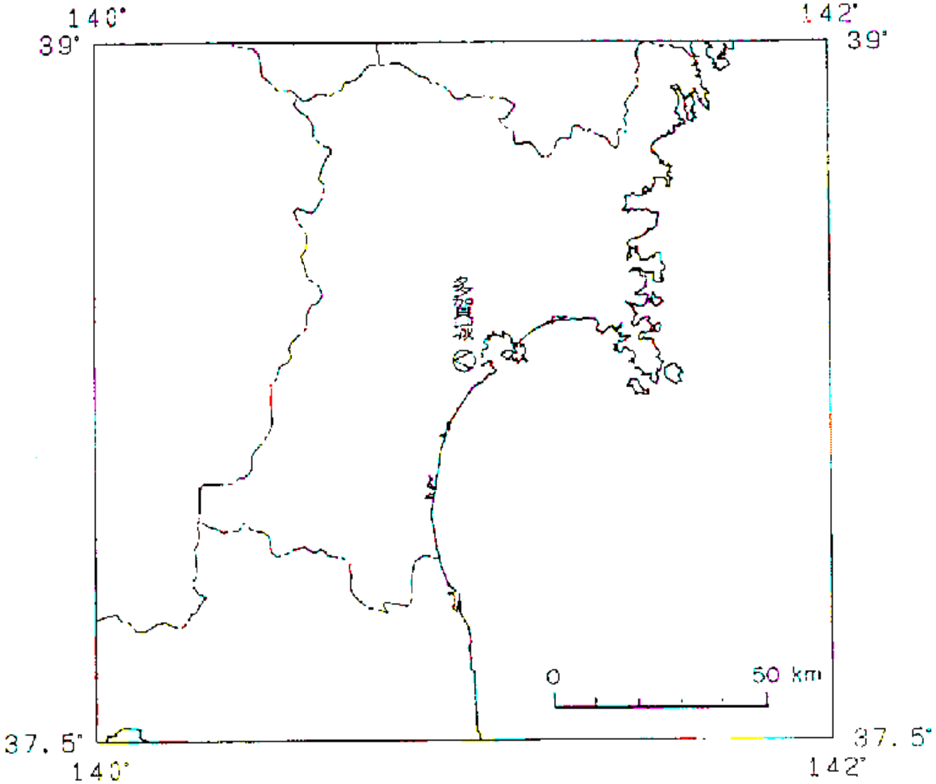
気象要覧による。

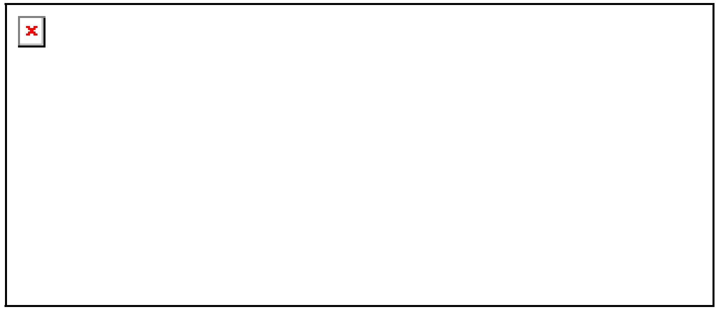
869年貞観の地震の被害記事及び震度分布

■敷地周辺の震度分布に関する情報は見当たらない。

021* 869 Ⅶ 13（貞観 11 Ⅴ 26）夜 三陸沿岸 λ＝143～145°E φ＝37.5～39.5°N *M*＝8.3±¼ 城廓・倉庫・門櫓・垣壁崩れ落ち倒潰するもの無数．人々は倒れて起きることができないほどであった．津波襲来し，海水城下（多賀城）に至り溺死者 1,000．流光昼のごとく隠映したという．これは，わが国最古の発光現象の記事である．震央を陸に近づければ *M* は小さくなる．[4]（#）

「日本被害地震総覧」による。

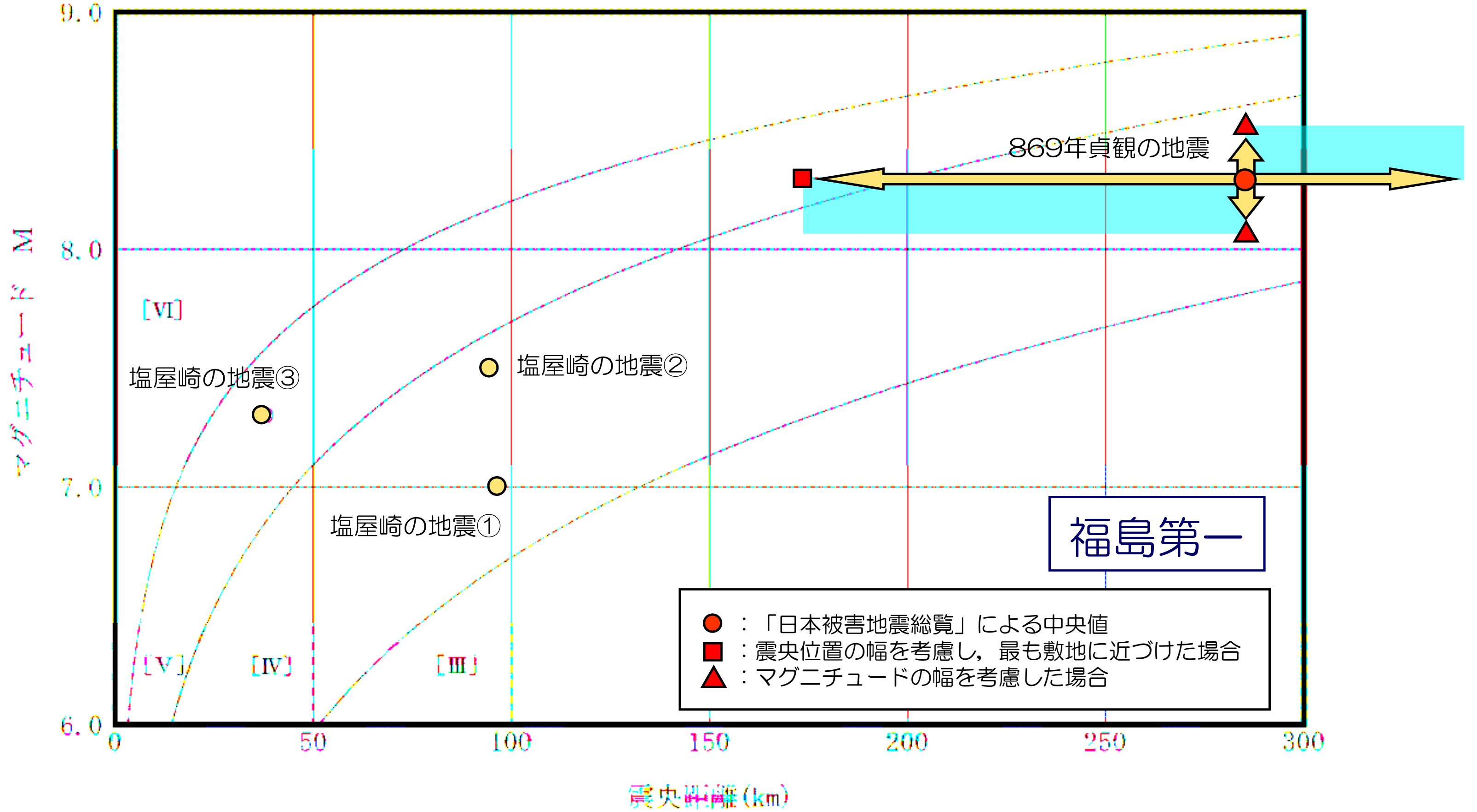




日本電気協会（1994）による。

「日本被害地震総覧」に基づく869年貞観の地震の影響評価

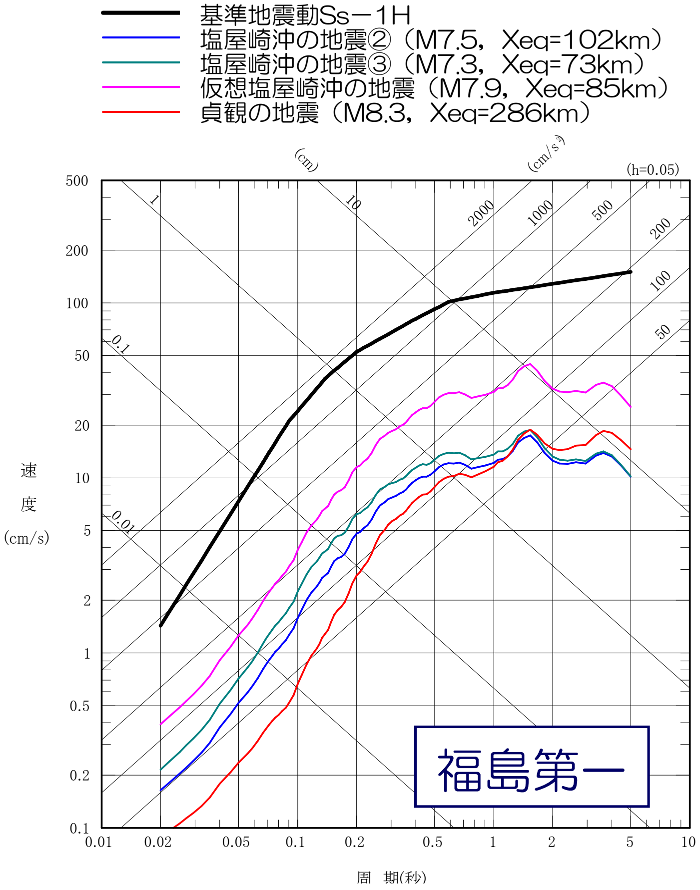
- ■M－Δ図によると，「日本被害地震総覧」による諸元の中央値を採用した場合，869年貞観の地震の敷地周辺における震度はⅣ程度となっており，検討用地震として選定している塩屋崎沖の地震③に比べ影響は小さい。
- ■また，「日本被害地震総覧」による諸元の幅を考慮した場合も，敷地周辺における震度は塩屋崎沖の地震③と同程度以下である。

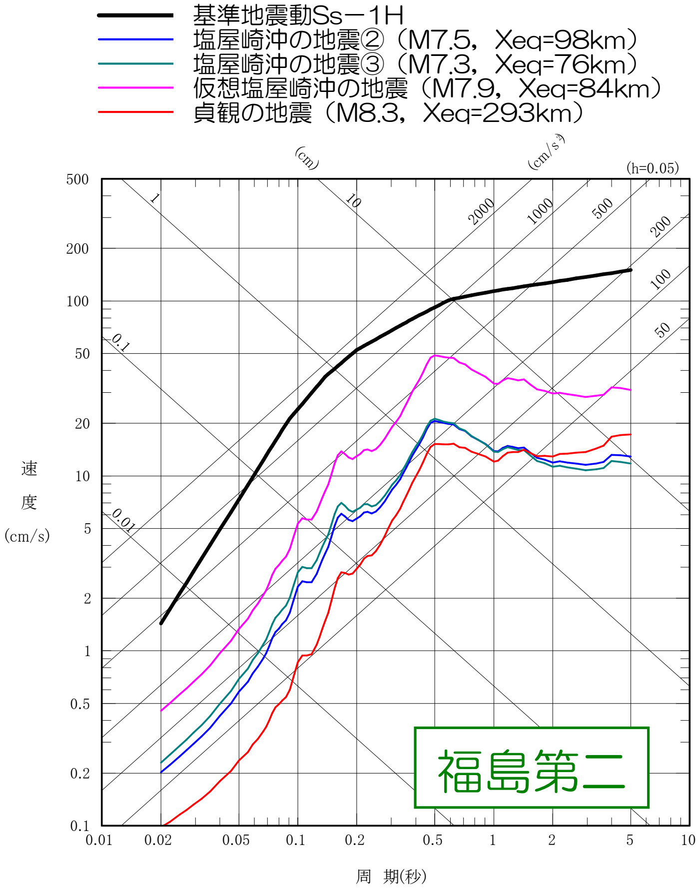


※[Ⅲ]～[Ⅵ]は，1996年以前の気象庁震度階で，震度階の境界線は，村松（1969）及び勝又・徳永（1971）による。

「日本被害地震総覧」に基づく869年貞観の地震の影響評価

- 「日本被害地震総覧」による諸元の中央値を採用した場合，耐専スペクトルに基づく地震動レベルは，短周期側の主要な周期帯で検討用地震として選定している塩屋崎沖の地震②，同③を下回る。
- なお，不確かさとして考慮している仮想塩屋崎沖の地震（①～③同時活動）との比較では，全周期帯で下回っている。





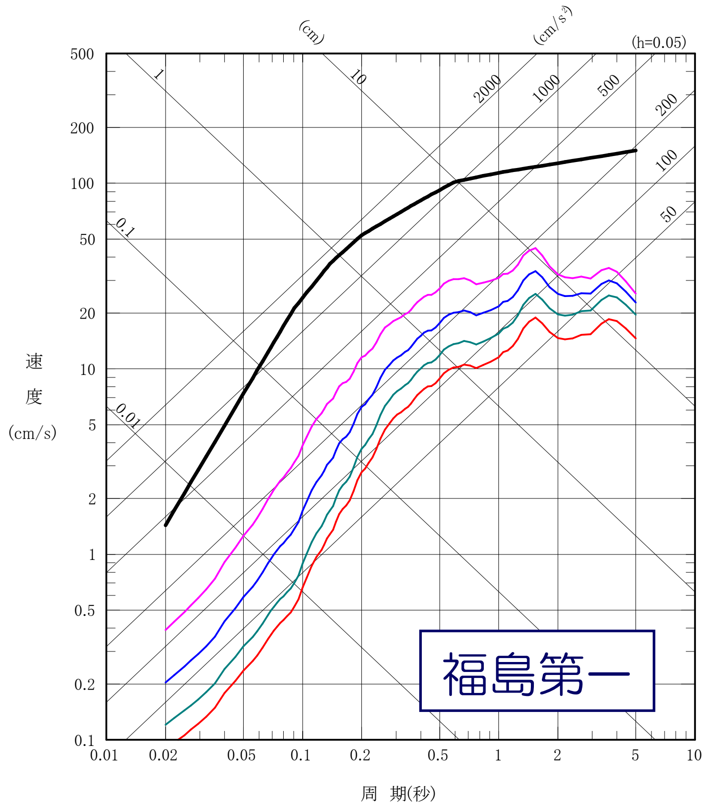
※貞観の地震の等価震源距離は震央距離に等しいと仮定。

東京電力

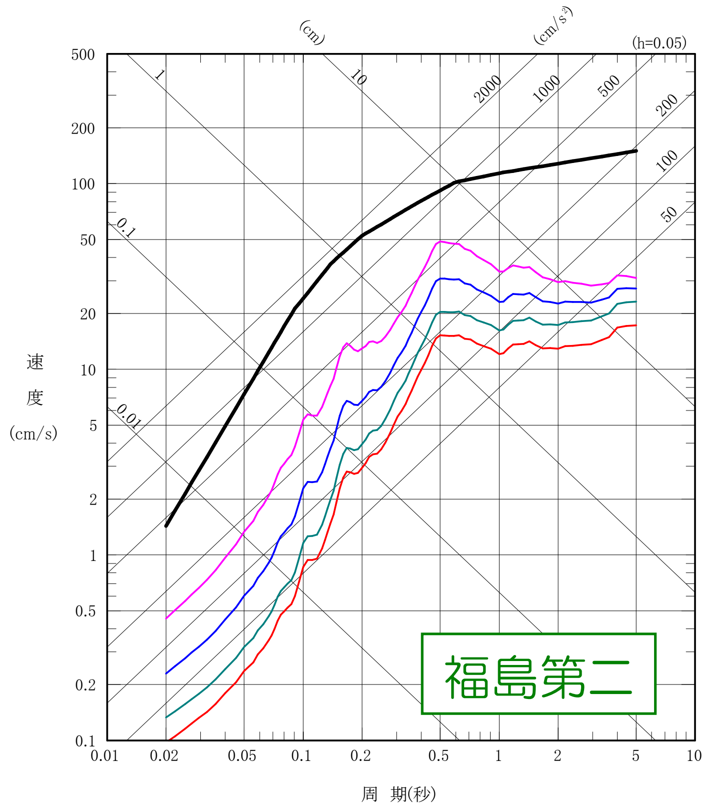
「日本被害地震総覧」に基づく869年貞観の地震の影響評価

- また，「日本被害地震総覧」による諸元の幅を考慮した場合も，仮想塩屋崎沖の地震（①～③同時活動）のレベルを下回っており，策定した基準地震動Ss-1を下回ることを確認 。

基準地震動Ss－1H
仮想塩屋崎沖の地震（M7.9，Xeq=85km）
貞観の地震【中央値を採用した場合】（M8.3，Xeq=286km）
貞観の地震【敷地に最も近付けた場合】（M8.3，Xeq=174km）
貞観の地震【Mを最大とした場合】（M8.55，Xeq=286km）



基準地震動Ss－1H
仮想塩屋崎沖の地震（M7.9，Xeq=84km）
貞観の地震【中央値を採用した場合】（M8.3，Xeq=293km）
貞観の地震【敷地に最も近付けた場合】（M8.3，Xeq=176km）
貞観の地震【Mを最大とした場合】（M8.55，Xeq=293km）



※貞観の地震の等価震源距離は震央距離に等しいと仮定。

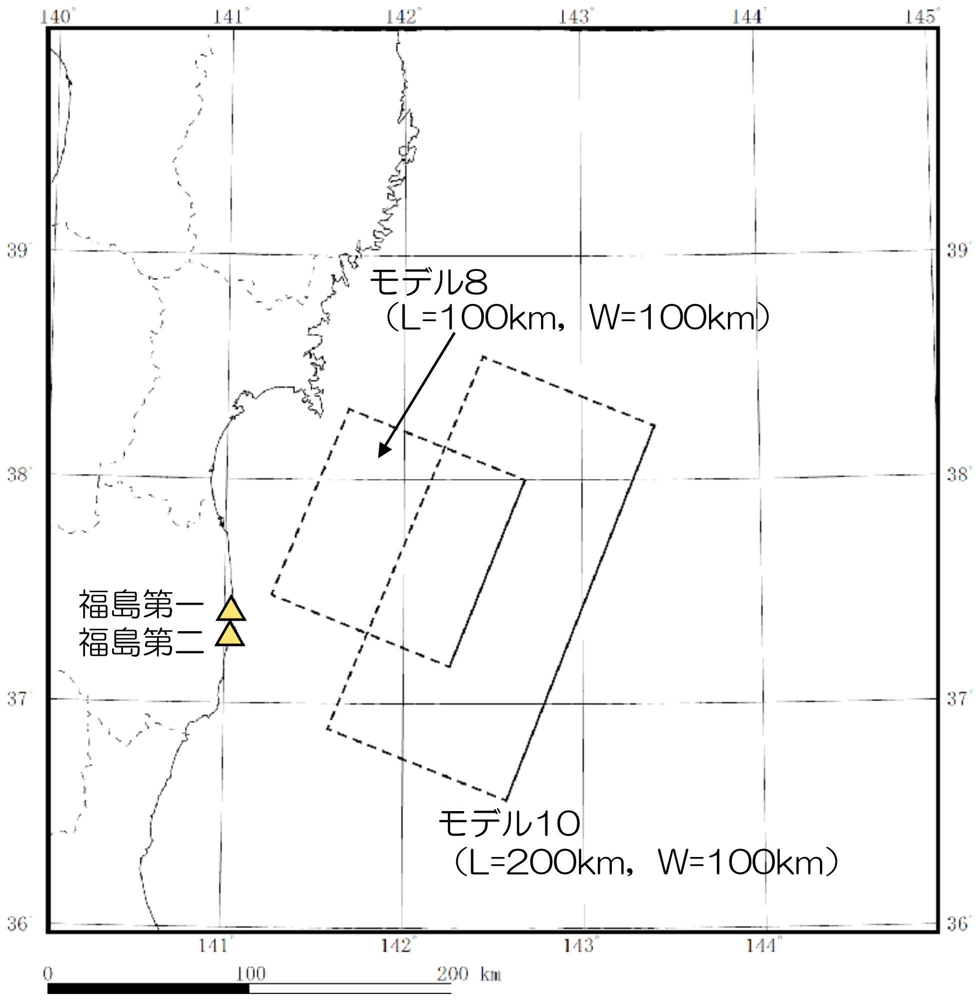
佐竹ほか（2008）による869年貞観の地震の波源モデル

■貞観の地震について，以下の地震タイプを想定し，10種類の波源モデルを設定。
- ●昭和三陸地震と同様の正断層地震
- ●明治三陸地震と同様の津波地震
- ●プレート間地震
- ●仙台湾内の断層による地震

■上記の波源モデルを用いて津波の数値シミュレーションを行い，仙台平野の津波堆積物の分布を説明できる２つのプレート間地震による波源モデルを提案している（右図）。

■ただし，同論文では，「断層の南北方向の広がり（長さ）を調べるためには，仙台湾より北の岩手県あるいは南の福島県や茨城県での調査が必要」とされている。

■なお，本波源モデルは強震動の観点から評価されたものではないと考えられ，強震動評価においては課題がある。



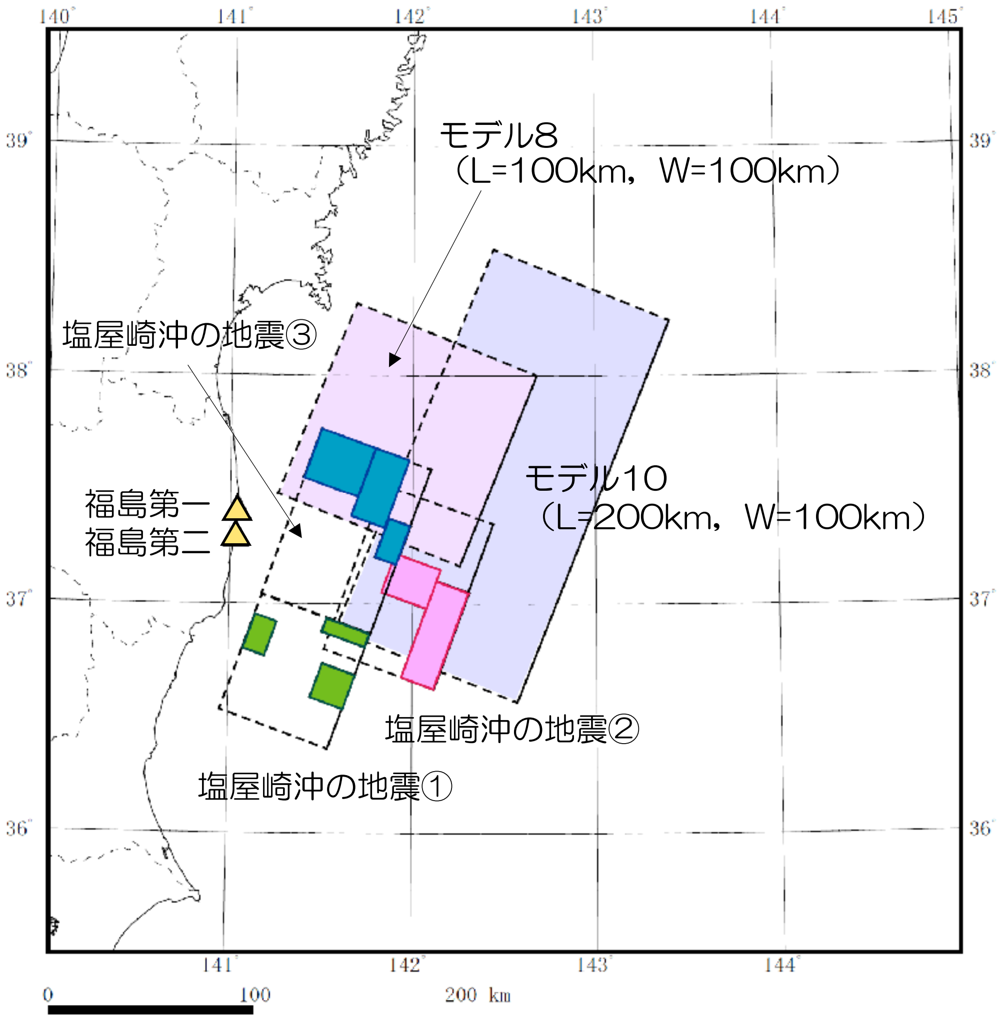
東京電力

佐竹ほか（2008）による869年貞観の地震の影響について

■佐竹ほか（2008）による波源モデルを震源断層と仮定し，耐専スペクトルを用いた地震動評価を行う。

■なお，佐竹ほか（2008）によるモデルを用いた地震動評価に当たっては，アスペリティに関する情報がないため，一様断層として等価震源距離の算定を行う。

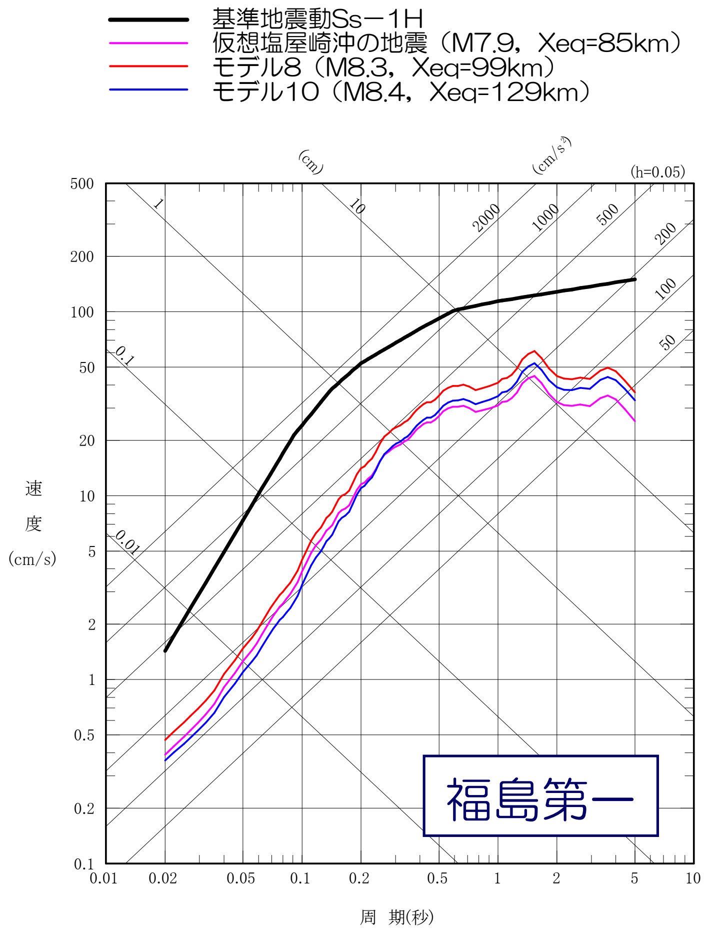
地震	M	等価震源距離 Xeq(km)	
		福島第一	福島第二
仮想塩屋崎沖の地震	7.9	85	84
佐竹ほか（2008）モデル8	8.3※	99	104
佐竹ほか（2008）モデル10	8.4※	129	129

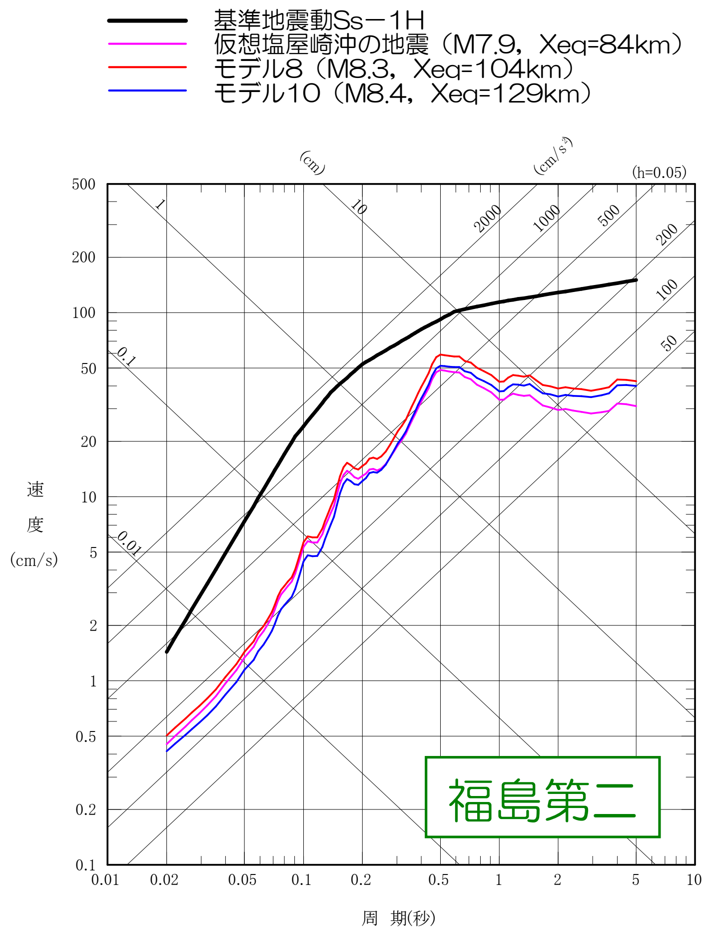


※Kanamori(1977)及び佐藤(1989)に基づき，Mj＝Mwと仮定。

佐竹ほか（2008）による869年貞観の地震の影響について

■耐専スペクトルに基づく地震動レベルは，仮想塩屋崎沖の地震（①～③同時活動）と比較して同程度あるいは少し上回るものの，策定した基準地震動Ss-1を下回る。





869年貞観の地震による影響に関するまとめ

■869年貞観の地震が福島サイト基準地震動Ssに及ぼす影響について検討を行った。

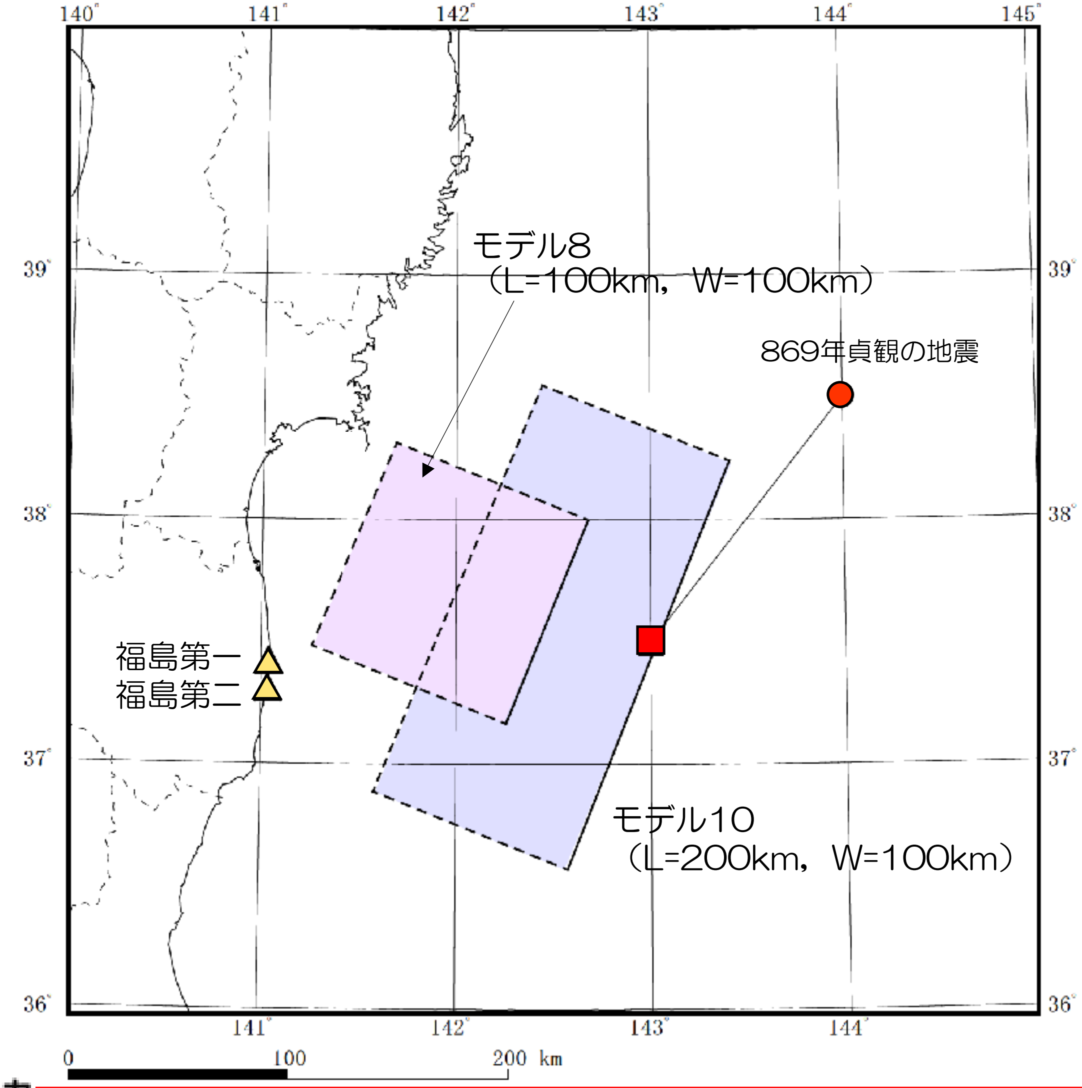
● 「日本被害地震総覧」による諸元を用いた場合，
・M－Δ図による震度はⅣ～Ⅴ程度であり，塩屋崎沖の地震③と比較して同程度以下。
・耐専スペクトルによる評価結果は，諸元の中央値を用いた場合，短周期側の主要な周期帯で塩屋崎沖の地震②，同③を下回っており，諸元の幅を考慮した場合も，不確かさとして考慮している仮想塩屋崎沖の地震（①～③同時活動）を下回っている。
→策定した基準地震動Ss-1を下回る。

●佐竹ほか（2008）による波源モデルを震源断層と仮定した場合，
・耐専スペクトルによる評価結果は仮想塩屋崎沖の地震と同程度あるいは少し上回るものの，策定した基準地震動Ss-1を下回る。

■869年貞観の地震については，今後も引き続き知見の収集に努め，適宜必要な検討を行っていく所存。

【参考】

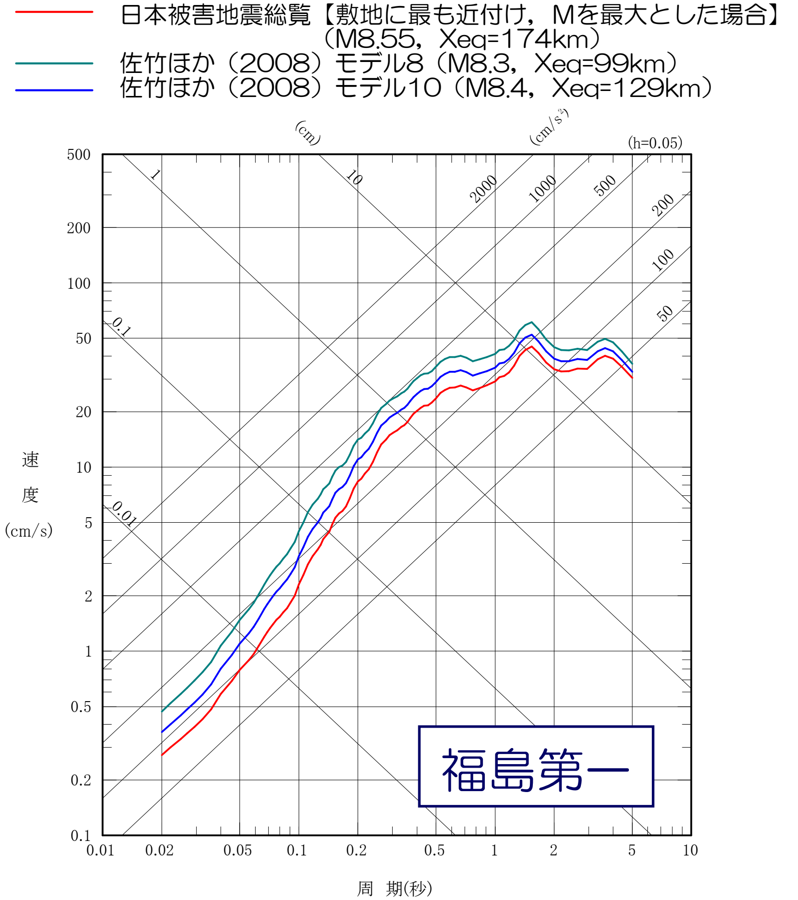
■「日本被害地震総覧」による震央位置と佐竹ほか（2008）に基づく波源モデルの位置関係

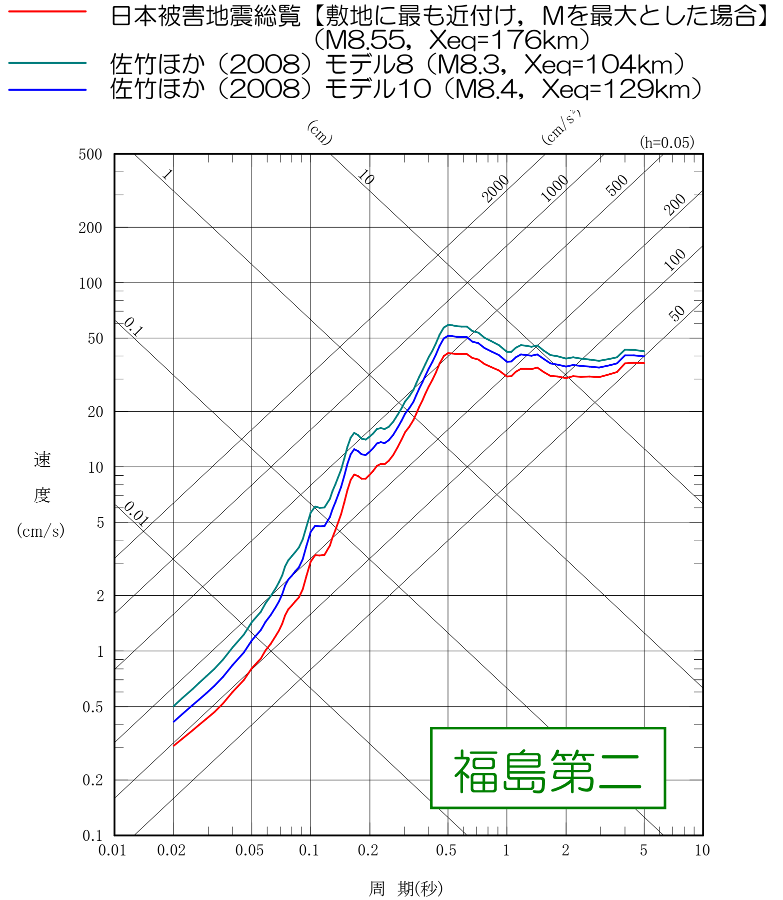


● ：「日本被害地震総覧」による中央値
■ ：震央位置の幅を考慮し，最も敷地に近づけた場合

【参考】

■佐竹ほか（2008）による波源モデルを用いた場合の耐専スペクトルに基づく地震動レベルは，「日本被害地震総覧」による諸元の幅を最大限考慮し，仮に最も敷地に近く，規模（マグニチュード）を最大と想定した場合の評価結果と比較しても大きめとなっている。





※日本地震被害総覧に基づく等価震源距離は震央距離に等しいと仮定。

参考文献

「1．双葉断層の横ずれ成分について」

■活断層研究会編(1991)：新編　日本の活断層- 分布図と資料-．東京大学出版会
■福島県(1999)：双葉断層に関する成果報告書（概要版）．福島県

「2．869年貞観の地震にによる影響について」

■宇佐美龍夫（2003）：最新版　日本被害地震総覧［416］－2001，東京大学出版会
■佐竹健治・行谷佑一・山木滋（2008）：石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション，活断層・古地震研究報告，No.8，71-89
■村松郁栄（1969）：震度分布と地震のマグニチュードとの関係，岐阜大学教育学部研究報告，自然科学，第４巻，第３号，168－176
■勝又譲・徳永規一（1971）：震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応，験震時報，第36巻，第3,4号，89－95
■地震調査研究推進本部（2009）：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価の一部改訂について，地震調査委員会資料
■気象庁（1938）：気象要覧　昭和13年11月
■社団法人　日本電気協会（1994）：わが国の歴史地震の震度分布・等深度線図
■Noda，S.，K.Yashiro，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，Oct.16－18，Istanbul，399－408
■池田孝・加藤研一・植竹富一・敦賀隆史（2008）：1938年塩屋崎沖地震群の震源モデルの特性化と地震動評価，日本建築学会構造系論文集，第73巻，第633号，1951－1958
■Kanamori，H.（1977）：The energy release in great earthquakes，J. Geophs. Res. 82，2981－2987
■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