

第2回, 第4回, 第5回及び第13回WT資料改訂版  
(論点No. 1~11, 13~16, 20~23, 25, 82, 83反映)

# 東海第二発電所

茨城県原子力安全対策委員会  
東海第二発電所  
安全性検討ワーキングチーム(第23回)  
敦賀発電所2号機審査資料の不適切事  
案による東海第二発電所への影響確認  
により一部修正(2023年3月29日)

## 地震対策への対応について(改訂版)

2022年11月1日

日本原子力発電株式会社

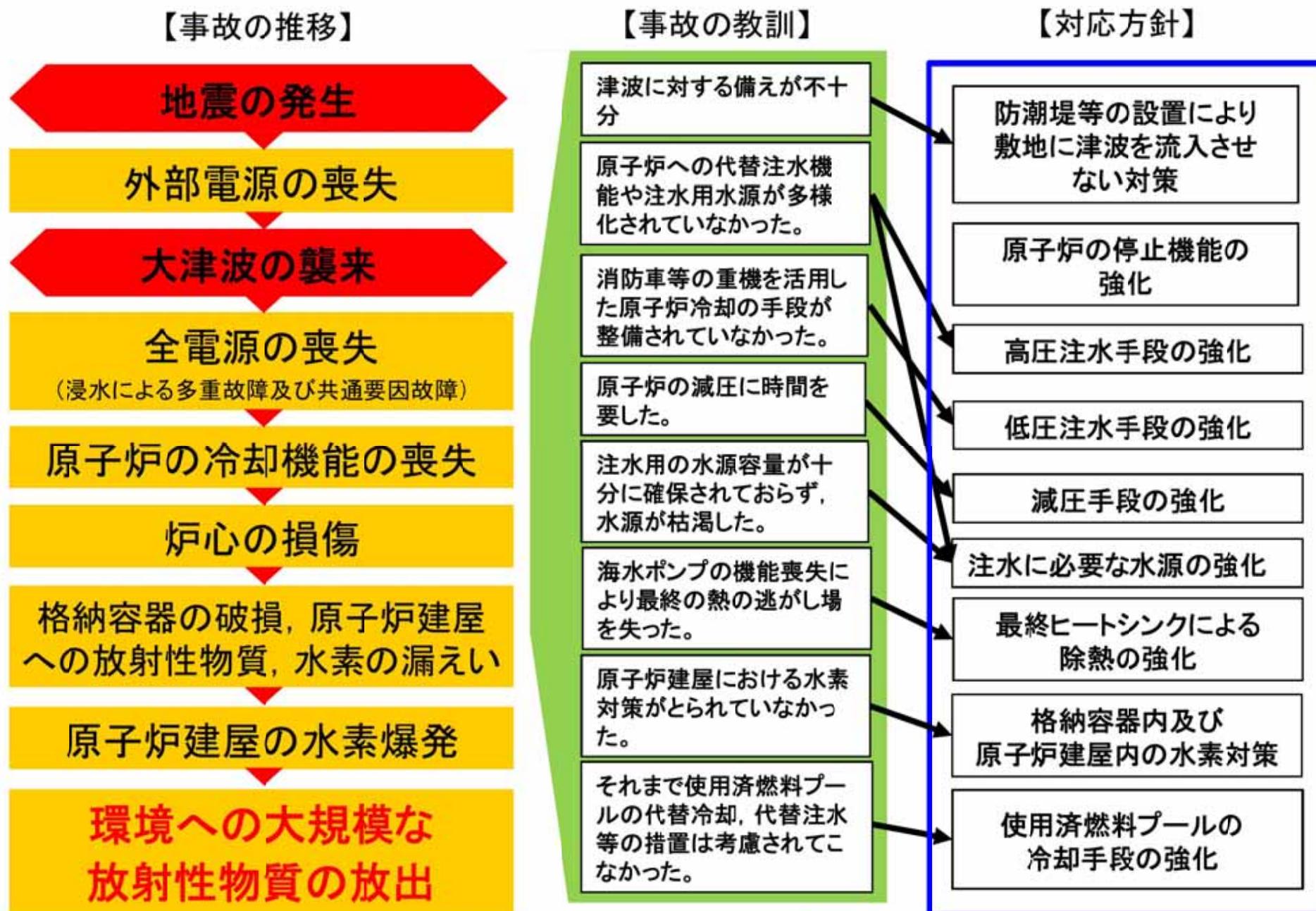
本資料のうち、 は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

地震対策への対応	.....	3
地質・地質構造	.....	9
地震動評価	.....	21
補足説明資料	.....	105
耐震設計評価	.....	167
補足説明資料	.....	199

# 地震対策への対応

1. 福島第一原子力発電所事故の教訓	.....	5
2. 福島第一原子力発電所事故の教訓に対する新たな対応	.....	6

# 1. 福島第一原子力発電所事故の教訓



 : 基準地震動Ssにより耐震安全性を確認

## 2. 福島第一原子力発電所事故の教訓に対する新たな対応(1/3)



- 従来の発電所設備に加えて、福島第一原子力発電所事故で得られた教訓を踏まえ新たに設置する施設についても、地震に対する健全性を確保する。

従来の耐震設計方針	新たに加わる耐震設計方針	備考
<p><b>○耐震Sクラス施設に対する耐震健全性</b> 耐震Sクラスについて基準地震動<math>S_s</math>に対して健全性を有する設計</p>	<p><b>○耐震Sクラス施設として防潮堤等の追加</b> 耐震Sクラス施設が設置された敷地に津波が遡上することを防止するために設置する防潮堤等について基準地震動<math>S_s</math>に対する健全性を有する設計とする。</p>	新規
	<p><b>○重大事故等対処施設に対する耐震健全性</b> 重大事故等を想定し、重大事故等に対処するための設備について基準地震動<math>S_s</math>に対する健全性を有する設計とする。</p>	新規

## 2. 福島第一原子力発電所事故の教訓に対する新たな対応(2/3)



- 設計基準対象施設は、重要度によりSクラス、Bクラス、Cクラスに分類する。津波防護施設等はSクラスとする。また重大事故等対処施設については、施設の有する機能により常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備に分類する。

	耐震重要度	該当する施設	備考
設計基準対象施設	Sクラス	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系</li> <li>使用済燃料を貯蔵するための施設</li> <li>原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設</li> <li>原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設</li> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設</li> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設</li> <li>放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設</li> </ul>	継続
		<ul style="list-style-type: none"> <li>津波防護機能を有する設備及び浸水防護機能を有する設備</li> <li>敷地における津波監視機能を有する施設</li> </ul>	新規
	Bクラス	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設</li> <li>放射性廃棄物を内蔵している施設(ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則(昭和53年通商産業省令第77号)第2条第2項第6号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分に小さいものは除く。)</li> <li>放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設</li> <li>使用済燃料を冷却するための施設</li> <li>放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設</li> </ul>	継続
Cクラス	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設</li> </ul>	継続	
重大事故等対処施設	常設耐震重要重大事故防止設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故防止設備のうち常設のものであって、重大事故等時において耐震Sクラスに属する設備の機能を代替するもの</li> </ul>	新規
	常設耐震重要重大事故防止施設以外の常設重大事故防止設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故防止設備のうち常設のものであって、重大事故等時において耐震Bクラス及び耐震Cクラスに属する設備の機能を代替するもの</li> </ul>	新規
	常設重大事故緩和設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故緩和設備(Ssでの機能維持設備)のうち常設のもの</li> </ul>	新規

## 2. 福島第一原子力発電所事故の教訓に対する新たな対応(3/3)



○ 各施設の重要度に応じて、以下に定める地震力に対して、健全性が確保できるように設計する。また、既設設備については、基準適合のため必要に応じて耐震補強を行った上で、基準地震動 $S_s$ に対する健全性を確保する。

	重要度分類	静的地震力 <sup>(注1)</sup>		動的地震力 <sup>(注1)(注2)</sup>		備考
		水平	鉛直	水平	鉛直	
建物・構築物 <sup>(注3)</sup>	S	$3.0 C_i$ <sup>(注4)</sup>	$1.0 C_v$ <sup>(注5)</sup>	$S_s, S_d$	$S_s, S_d$	継続
	B	$1.5 C_i$ <sup>(注4)</sup>	—	$S_d \times 1/2$ <sup>(注6)</sup>	$S_d \times 1/2$ <sup>(注6)</sup>	
	C	$1.0 C_i$ <sup>(注4)</sup>	—	—	—	
機器・配管系	S	$3.6 C_i$ <sup>(注4)</sup>	$1.2 C_v$ <sup>(注5)</sup>	$S_s, S_d$	$S_s, S_d$	
	B	$1.8 C_i$ <sup>(注4)</sup>	—	$S_d \times 1/2$ <sup>(注6)</sup>	$S_d \times 1/2$ <sup>(注6)</sup>	
	C	$1.2 C_i$ <sup>(注4)</sup>	—	—	—	
土木構造物	C	$1.0 C_i$ <sup>(注4)</sup>	—	$S_s$ <sup>(注7)</sup>	$S_s$ <sup>(注7)</sup>	
津波防護施設 浸水防止設備 津波監視設備	S	—	—	$S_s$	$S_s$	新規
重大事故等 対処施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常設耐震重要重大事故防止設備は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力</li> <li>・常設重大事故緩和設備は、基準地震動<math>S_s</math>による地震力</li> <li>・常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備は、代替する設備の耐震クラスに適用される地震力</li> </ul>					新規

(注1) 機器・配管系については設置された床の応答を入力とする。

(注2)  $S_s$ : 基準地震動 $S_s$ により定まる地震力

$S_d$ : 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力

(注3) 建物・構築物の保有水平耐力は、必要保有水平耐力に対して、施設の耐震重要度分類に応じた妥当な安全余裕を有していることを確認する。必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数に乘じる施設の耐震重要度分類に応じた係数はS、B、Cクラスともに1.0とし、その際に用いる標準せん断力係数 $C_o$ は耐震重要度分類にかかわらず1.0とする。

(注4)  $C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_o$  ( $R_t$ : 振動特性係数0.8  $A_i$ :  $C_i$ の分布係数 $C_o$ : 標準せん断力係数0.2)

(注5)  $C_v = R_v \cdot 0.3$  ( $R_v$ : 鉛直方向振動特性係数0.8)

(注6) 地震動に対して共振のおそれのある施設について適用する。

(注7) 屋外重要土木構造物(非常用取水設備、Sクラスの機器・配管系を支持する土木構造物)に適用する。

# 地質・地質構造

1. 2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価	11
2. 東北地方太平洋沖地震(M9.0)による地殻変動(水平)	13
3. 東北地方太平洋沖地震発生前後M4.0以下地震の震央分布図(20km以浅)	14
4. 敷地周辺及び近傍の評価	15
5. 敷地内の評価	19

## 評価の考え方

2011年東北地方太平洋沖地震に伴い、地殻変動による顕著なひずみの変化及び地震発生状況の顕著な変化が敷地を含む広い範囲において認められた。

### ○地殻変動による顕著なひずみの変化

「東北地方太平洋沖地震(M9.0)による地殻変動」(国土交通省国土地理院)

### ○地震発生状況の顕著な変化

「地震年報」(気象庁)より「2011年東北地方太平洋沖地震発生前後のM4.0以下の地震の震央分布図(20km以浅)」を作成

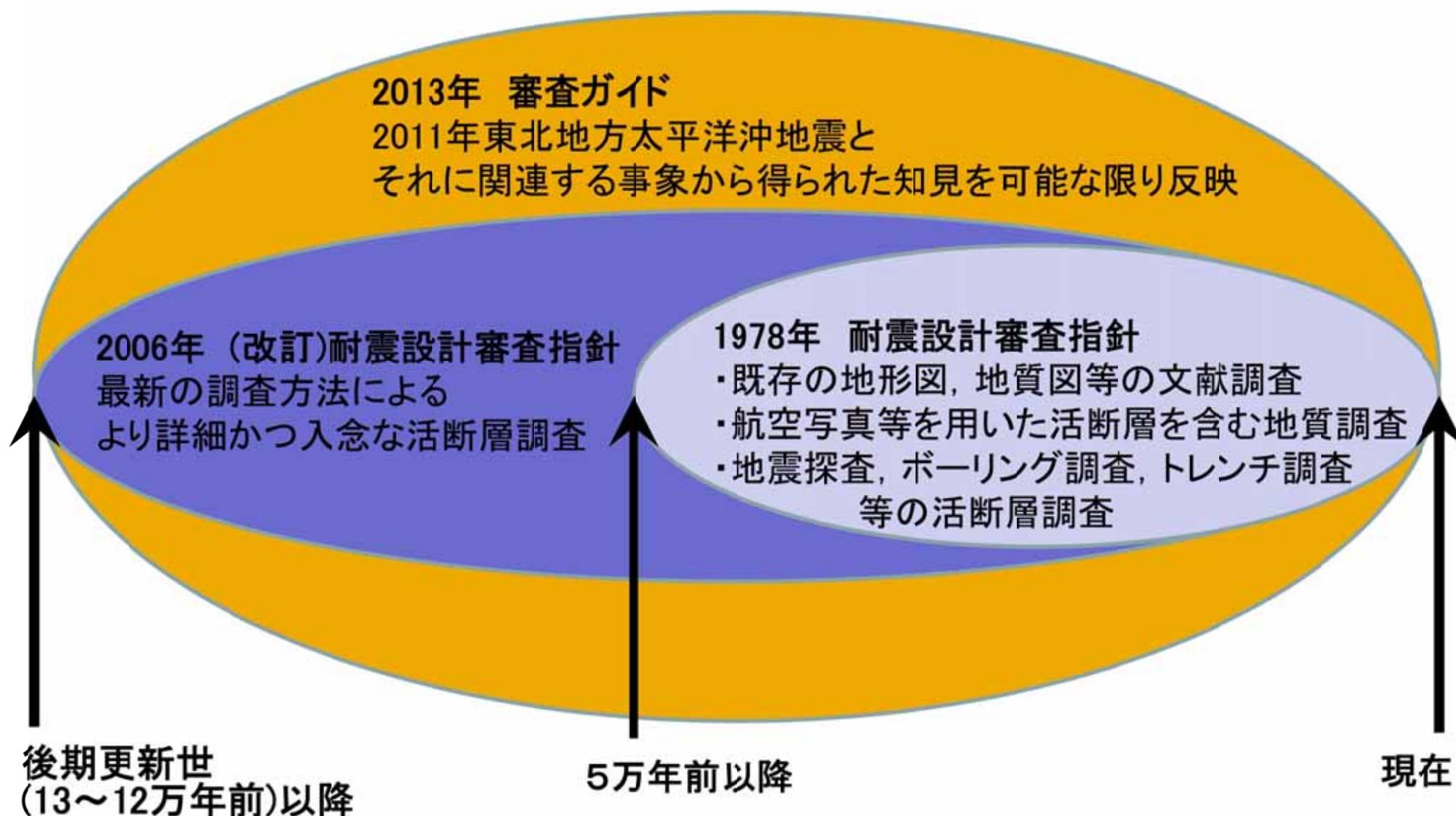
これらの状況を踏まえて、2011年3月以前の調査結果に加え、下記に該当する断層を安全評価上、耐震設計において考慮する断層として取り扱うこととした。

○上載地層法\*で明確に後期更新世以降の活動が否定できない断層を評価対象とした。

○当該断層近傍で地震が集中して発生しているものは評価対象とした。

○近いものは同時活動を考慮して、つないで評価するものとした。

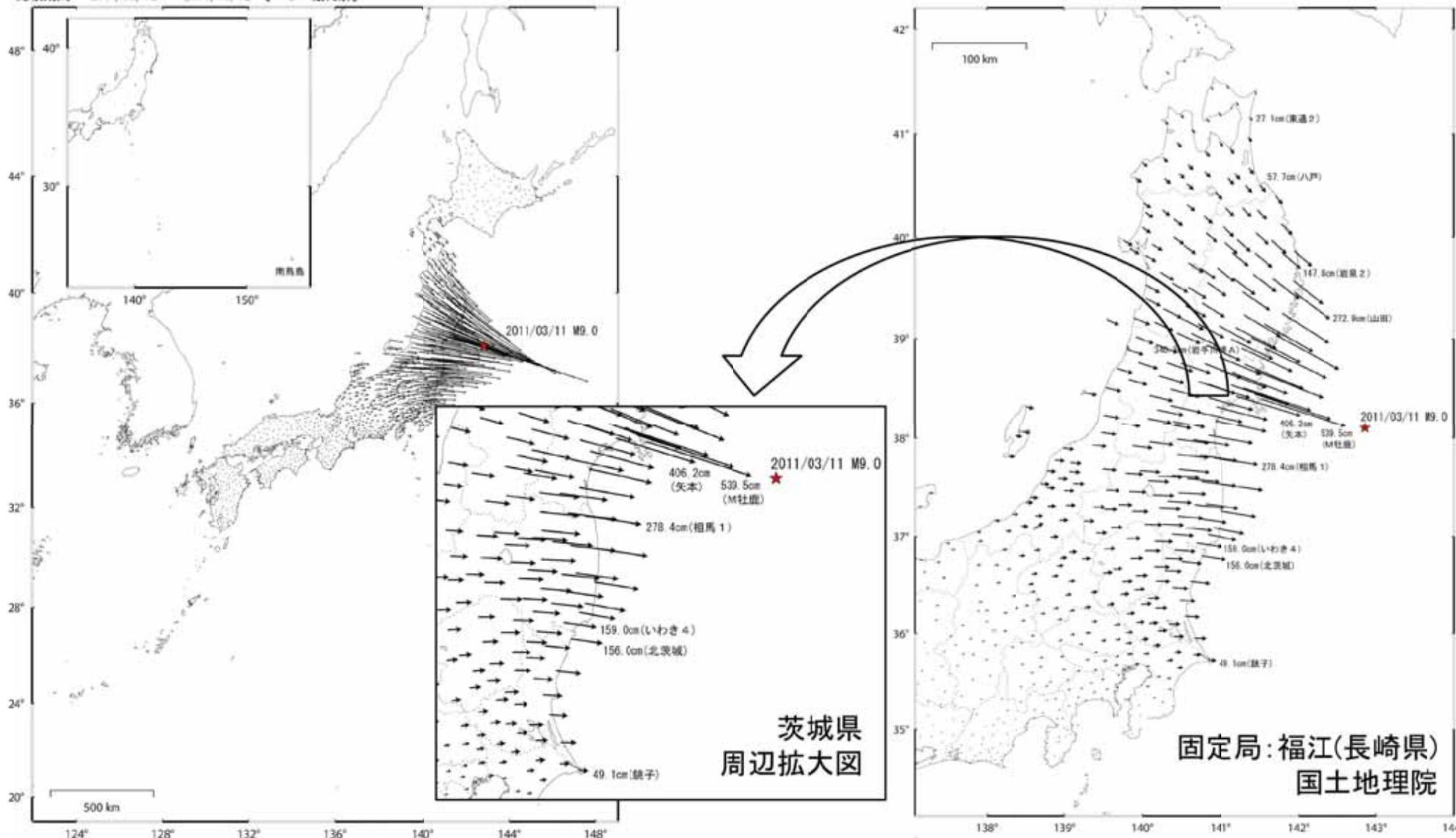
\* 破碎帯を覆う地層(上載地層)の年代を特定することにより、破碎帯の活動時期を判断する方法を上載地層法と呼んでいる。



## 2. 東北地方太平洋沖地震(M9.0)による地殻変動(水平)

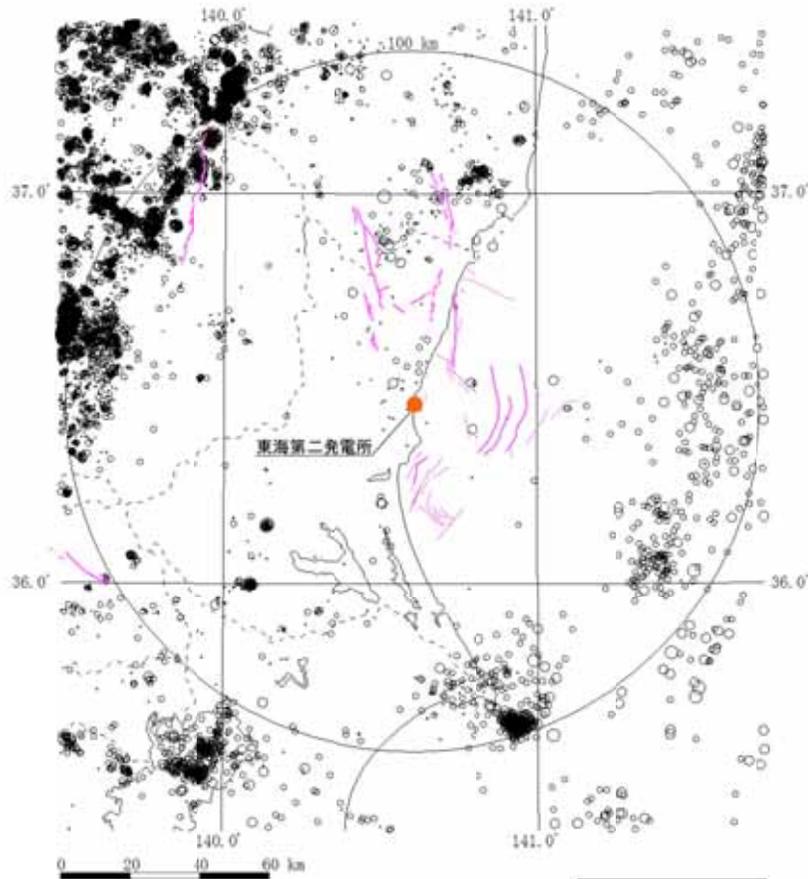
基準期間 : 2011/03/10 -- 2011/03/10 [F3 : 最終解]  
 比較期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3 : 最終解]

基準期間 : 2011/03/10 -- 2011/03/10 [F3 : 最終解]  
 比較期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3 : 最終解]

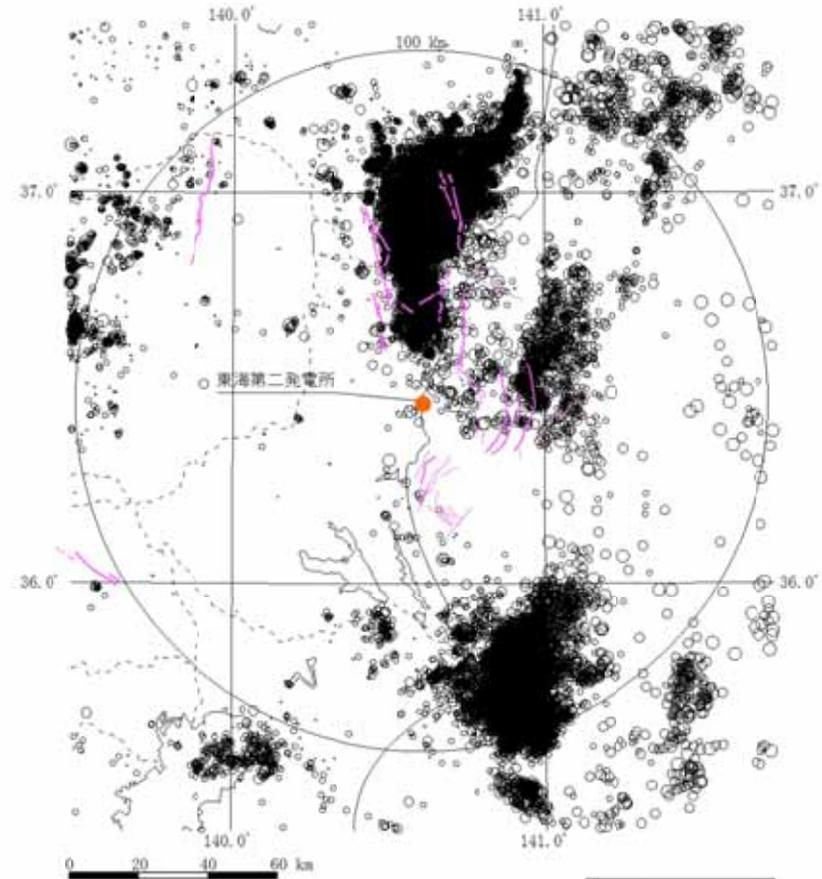


「関東・中部地方は3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動が見られます。(国土地理院)」とされている。東海第二発電所周辺の北茨城においては、156.0cmの地殻変動量(水平)となっている。

### 3. 東北地方太平洋沖地震発生前後M4.0以下地震の震央分布図(20km以浅)



発生前(気象庁, 1997年10月～2011年2月)



発生效后(気象庁, 2011年3月～2012年8月)

2011年東北地方太平洋沖地震発生效后, 発電所北方の福島県と茨城県の県境付近及び発電所東方の海域で, 地震が集中して発生している。

## 4. 敷地周辺及び近傍の評価(1/4)

調査は、敷地周辺(敷地を中心とする半径約30kmの範囲)及びその周辺について実施した。

### 1) 震源として考慮する活断層が存在する可能性のある範囲を抽出

- 文献調査
- 変動地形学的調査  
(空中写真判読, 航空レーザー測量)
- 地球物理学的調査  
(海上音波探査)



### 2) 断層の有無, 性状, 最新活動時期等の調査

- 地質調査  
(地表地質調査, ボーリング調査, トレンチ調査等)
- 地球物理学的調査  
(陸域: 反射法地震探査, 海域: 海上音波探査)



### 3) 活動性の評価

- 各断層の活動性の評価
- 近接する断層の性状, 位置関係等から同時活動の可能性を検討

2011年東北地方太平洋沖地震に伴い、「地殻変動による顕著なひずみの変化」及び「地震発生状況の顕著な変化」が認められた。



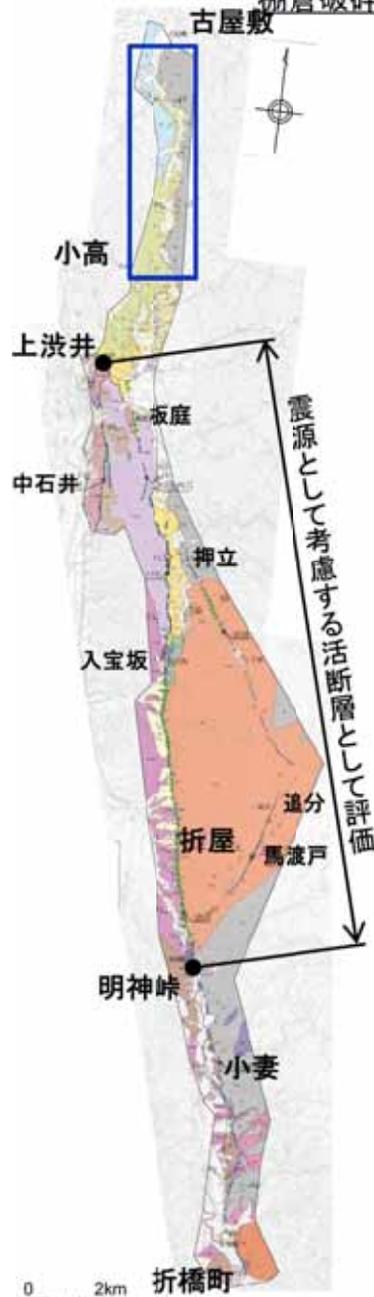
下記の断層について、震源として考慮する活断層として取り扱うこととした。

- 2011年東北地方太平洋沖地震に関連して活動した状況は認められないが、断層破砕部の性状(断層面の平面性, 破砕部の固結度等)に関するデータのみしか得られておらず、上載地層法で明確に後期更新世以降の活動が否定できない断層
- 2011年東北地方太平洋沖地震以降、当該断層近傍で地震が集中して発生しており、活動した可能性が否定できない断層

# 4. 敷地周辺及び近傍の評価(2/4)

棚倉破碎帯東縁付近の北端及び棚倉破碎帯西縁断層(の一部)の南端について追加の調査・検討を行い、評価が妥当であることを確認している。

棚倉破碎帯東縁付近の推定活断層



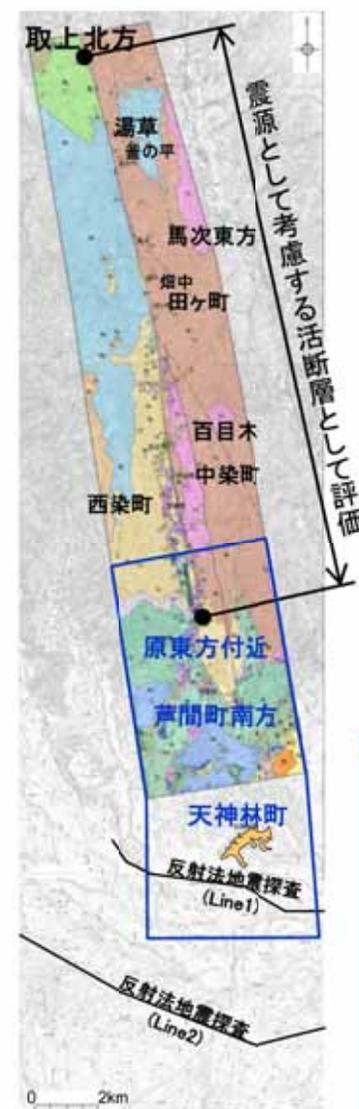
古屋敷～小高の追加調査・検討項目
<p>文献調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新編 日本の活断層(1991)</li> <li>・活断層詳細デジタルマップ(2002)</li> <li>・活断層データベース(2015)</li> <li>・20万分の1地質図幅「白河」(2007)</li> <li>・大槻(1975)</li> <li>・島本ほか(1998)</li> <li>・50万分の1活構造図「新潟」(1984)</li> </ul> <p>空中写真及び航空レーザーDEM(1mメッシュ及び10mメッシュ)による変動地形学的調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鳥瞰図</li> <li>・段彩陰影図</li> <li>・アナグリフ</li> </ul> <p>地表地質調査</p>

古屋敷～小高については、いずれの調査結果からも、活構造を示唆する状況は得られなかった。

- ・活構造の可能性は指摘されておらず、リニアメントも判読されない。
- ・「新編 日本の活断層」のリニアメント位置付近には断層は認められず、先新第三系及び新第三系が不整合関係で接していること、層理面の傾斜が緩く断層の存在を示唆する急傾斜構造が認められないことを確認した。

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
(承認番号 平28情復 第124号)  
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。

棚倉破碎帯西縁断層(の一部)



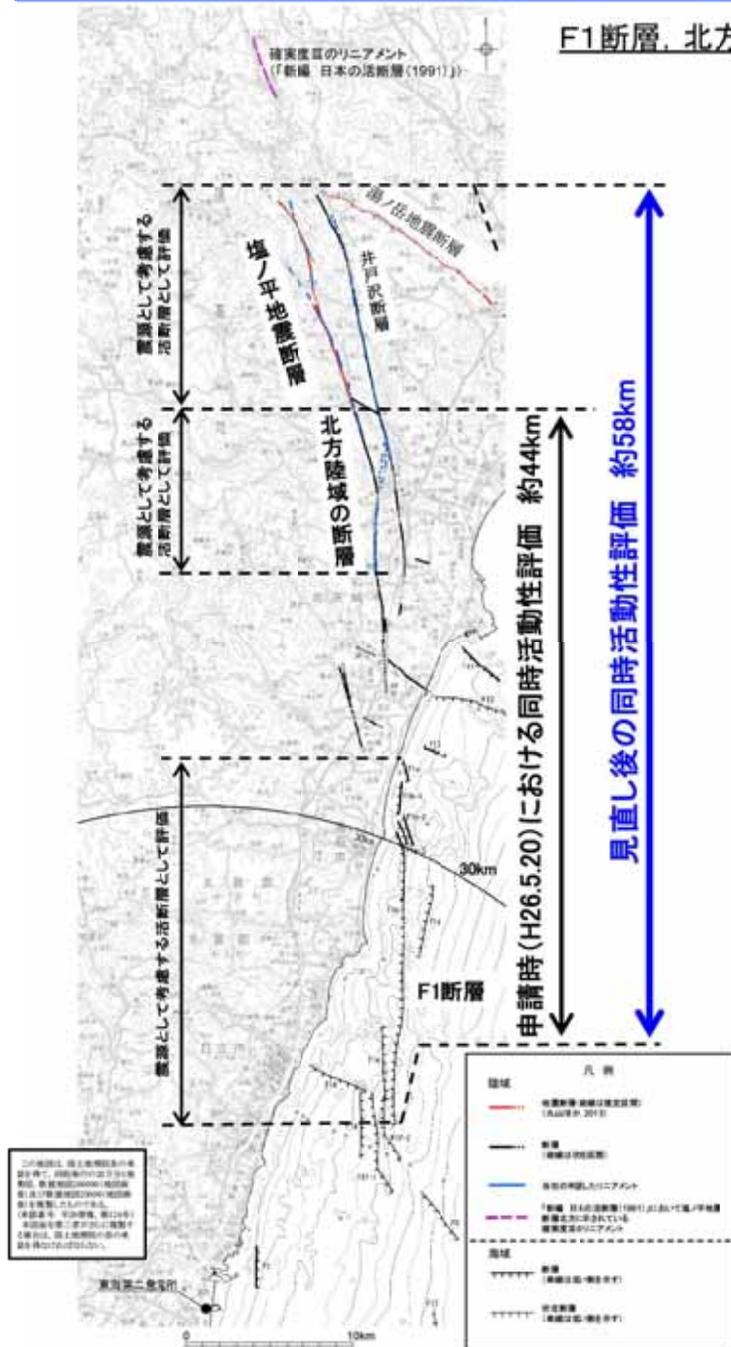
原東方以南の追加調査・検討項目
<p>文献調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新編 日本の活断層(1991)</li> <li>・活断層詳細デジタルマップ(2002)</li> <li>・活断層データベース(2015)</li> <li>・50万分の1活構造図「新潟」(1984)</li> <li>・関東地域の活断層の長期評価(2015)</li> <li>・20万分の1地質図幅「水戸」(2001)</li> <li>・大槻(1975)</li> </ul> <p>空中写真及び航空レーザーDEM(1mメッシュ及び10mメッシュ)による変動地形学的調査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鳥瞰図</li> <li>・段彩陰影図</li> <li>・アナグリフ</li> </ul> <p>地表地質調査 反射法地震探査</p>

原東方以南については、いずれの調査結果からも、活構造を示唆する状況は得られなかった。

- ・活構造の可能性は指摘されておらず、リニアメントも判読されない。
- ・原東方付近において、変動地形の可能性のある地形がないこと、L1段丘面に変位・変形がないことを確認した。
- ・芦間町南方において、棚倉破碎帯西縁断層(の一部)と同方向(N-S走向)の断層が確認されたが、断層面は連続性が悪く雁行状をなし、粘土状破碎部は認められず、断層面では剥離しない。
- ・芦間町南方において、NW-SE走向の断層はないことを確認した。
- ・天神林町において、反射法地震探査の結果から、棚倉破碎帯西縁断層(の一部)はM1段丘面の直下に位置し、同段丘面に変位・変形がないことを確認した。

# 4. 敷地周辺及び近傍の評価(3/4)

## F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動性の評価



塩ノ平地震断層とF1断層及び北方陸域の断層の同時活動性に関する追加調査・検討項目	
文献調査(活動履歴及び単位変位量の調査・検討を含む)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・新編 日本の活断層(1991)</li> <li>・活断層データベース(2015)</li> <li>・5万分の1地質図幅 竹貫(1973)</li> <li>・50万分の1活構造図「新潟」(1984)</li> <li>・丸山ほか(2013)</li> <li>・国土地理院HP「平成23年(2011年)4月11日福島県浜通りの地震(M7.0)に伴う地殻変動」</li> <li>・Kato et al.(2013)</li> <li>・芝・野口(2012)</li> <li>・黒澤ほか(2012)</li> <li>・堤・遠田(2012)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活断層詳細デジタルマップ(2002)</li> <li>・Toda and Tsutsumi(2013)</li> <li>・20万分の1地質図幅「白河」(2007)</li> <li>・地震調査委員会「主要活断層の長期評価」</li> <li>・石山ほか(2012)</li> <li>・引間(2012)</li> <li>・Tanaka et al.(2014)</li> <li>・丸山ほか(2012)</li> <li>・丹生ほか(2013)</li> </ul>
空中写真及び航空レーザーDEM(5mメッシュ)による変動地形学的調査	
・鳥瞰図	・段彩陰影図
地表地質調査	
地震本部の手法による塩ノ平断層の地震発生確率の算定	

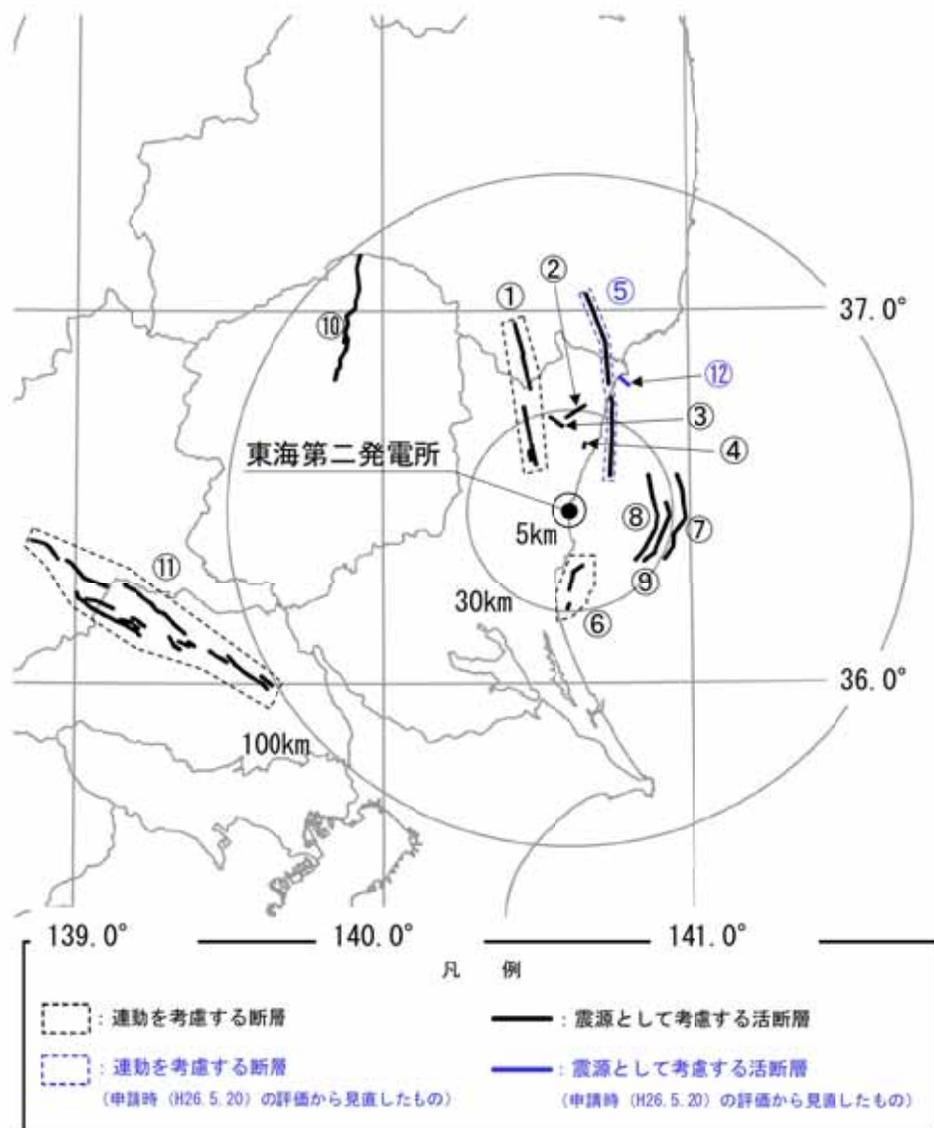
塩ノ平地震断層とF1断層及び北方陸域の断層について、同時活動性を考慮する。

- ・他機関の調査結果も含め、後期更新世以降に「塩ノ平断層」が「F1断層」や「北方陸域の断層」と同時活動した事実はない。
- ・このため、これらの断層の同時活動の評価にあたっては、「塩ノ平断層」の「活動履歴」や「単位変位量」の情報から、地震本部の評価手法も参考に検討した。その結果、「塩ノ平断層自体の今後50年間における地震発生確率はほぼ0%」であり、また「塩ノ平断層とF1断層及び北方陸域の断層が今後50年間で同時活動する場合の地震発生確率は更に小さい」と評価される。  
\*約10<sup>-4</sup>パーセント
- ・しかしながら、断層の走向・傾斜の類似性等も勘案し、これらの断層の同時活動を考慮する。
- ・震源として考慮する活断層の北端については、地震断層、リニアメント及び文献が示す活構造のうち、断層長さが最長となる地震断層(丸山ほか、2013及び栗田ほか、2011)の北端とする。なお、2011年4月11日の地震の地殻変動、余震分布及び震源過程解析によるすべり分布は、地震断層の範囲と対応している。

(参考)「新編 日本の活断層(1991)」が塩ノ平地震断層の北方に示す確実度Ⅲのリニアメントについて

- ・文献調査の結果、「新編 日本の活断層(1991)」が塩ノ平地震断層の北方に示す確実度Ⅲのリニアメントについて活構造であることを指摘する見解はない。
- ・変動地形学的調査の結果、「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメント付近にリニアメントは判読されない。
- ・地表地質調査の結果、「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメントに対応して認められた断層の最新活動面は右横ずれを伴う逆断層センスであるのに対し、塩ノ平地震断層の過去数万年間の活動はいずれも正断層センスである。
- ・以上のことから、「新編 日本の活断層(1991)」が示すリニアメントについて活構造を示唆する状況はなく、塩ノ平地震断層との同時活動を考慮する必要はないと判断する。

## 4. 敷地周辺及び近傍の評価(4/4)



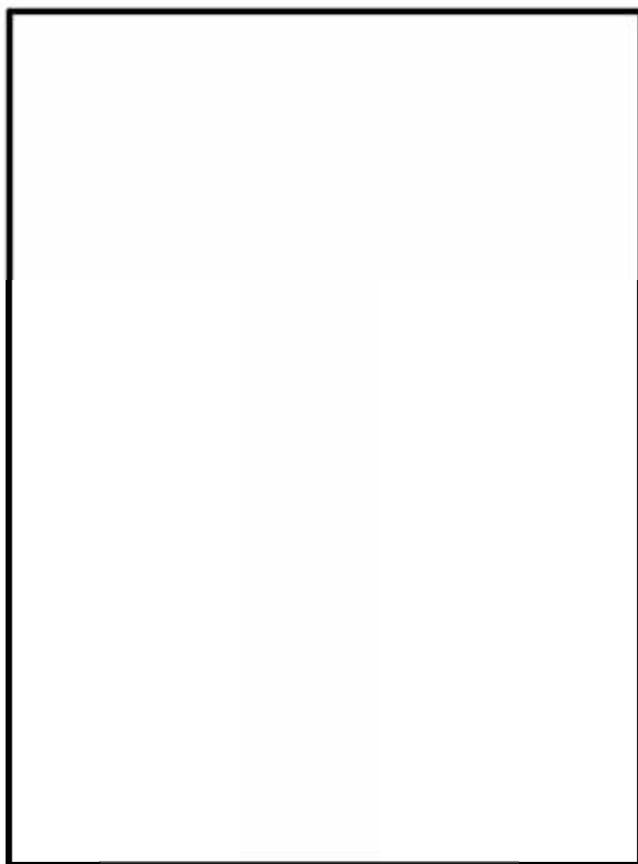
断層名	長さ(km)
① 棚倉破碎帯東縁付近の推定活断層, 棚倉破碎帯西縁断層(の一部)*の運動 <small>* 中染付近・西染付近のリニアメントを含む。</small>	42
② 関口一米平リニアメント	6
③ <small>たつわれ</small> 豎破山リニアメント	4
④ 宮田町リニアメント	1
⑤ F1断層, 北方陸域の断層の運動 ↓	44 ↓
⑤ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動	58
⑥ F3断層, F4断層の運動	16
⑦ F8断層	26
⑧ F16断層	26
⑨ A-1背斜	20
⑩ 関谷断層	40
⑪ 関東平野北西縁断層帯	82
⑫ F11断層	5

※ 変動地形の可能性のある地形を「リニアメント」という。  
断層の同時活動を考慮した場合は「運動」と記す。

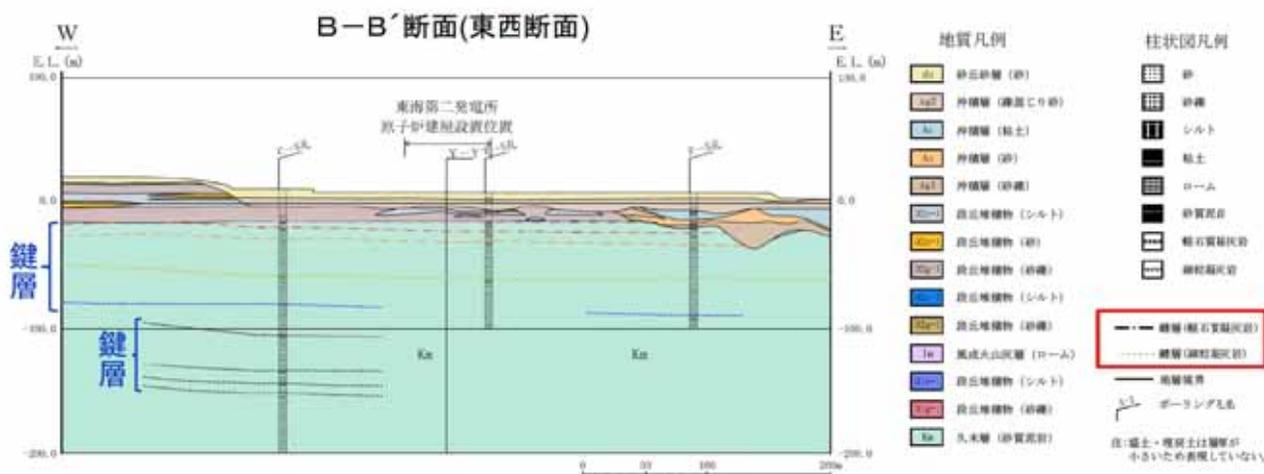
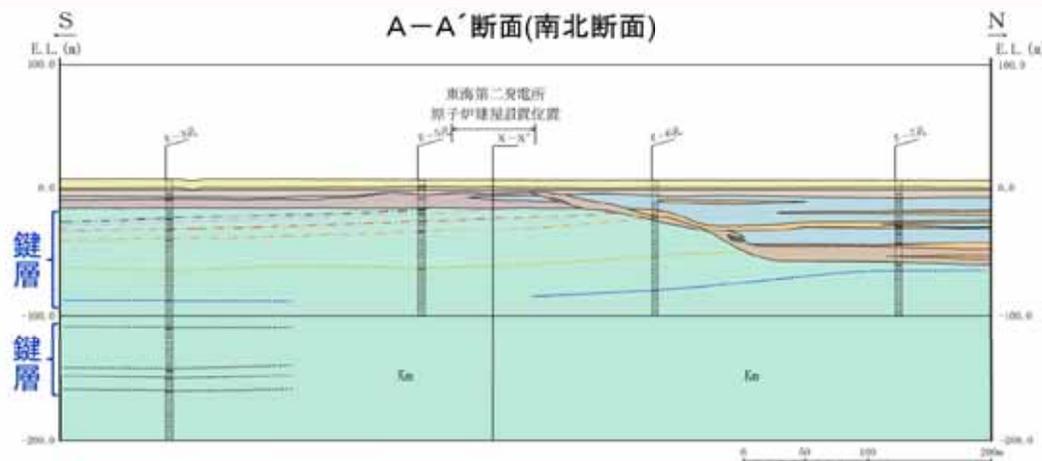
- 敷地周辺の地質・地質構造に関する調査の結果, 上記の断層を震源として考慮する活断層として評価する。
- 敷地近傍(敷地を中心とする半径約5kmの範囲)において, 震源として考慮する活断層は認められない。

# 5. 敷地内の評価

- 原子炉建屋等の基礎地盤である久米層は新第三系鮮新統であり、敷地全域に分布している。
  - ボーリングコア観察の結果、久米層に断層は認められない。久米層中には複数の鍵層がほぼ水平に連続して分布している。
- 敷地内には「将来活動する可能性のある断層等」は存在しない。



地質断面位置図



余白

# 地震動評価

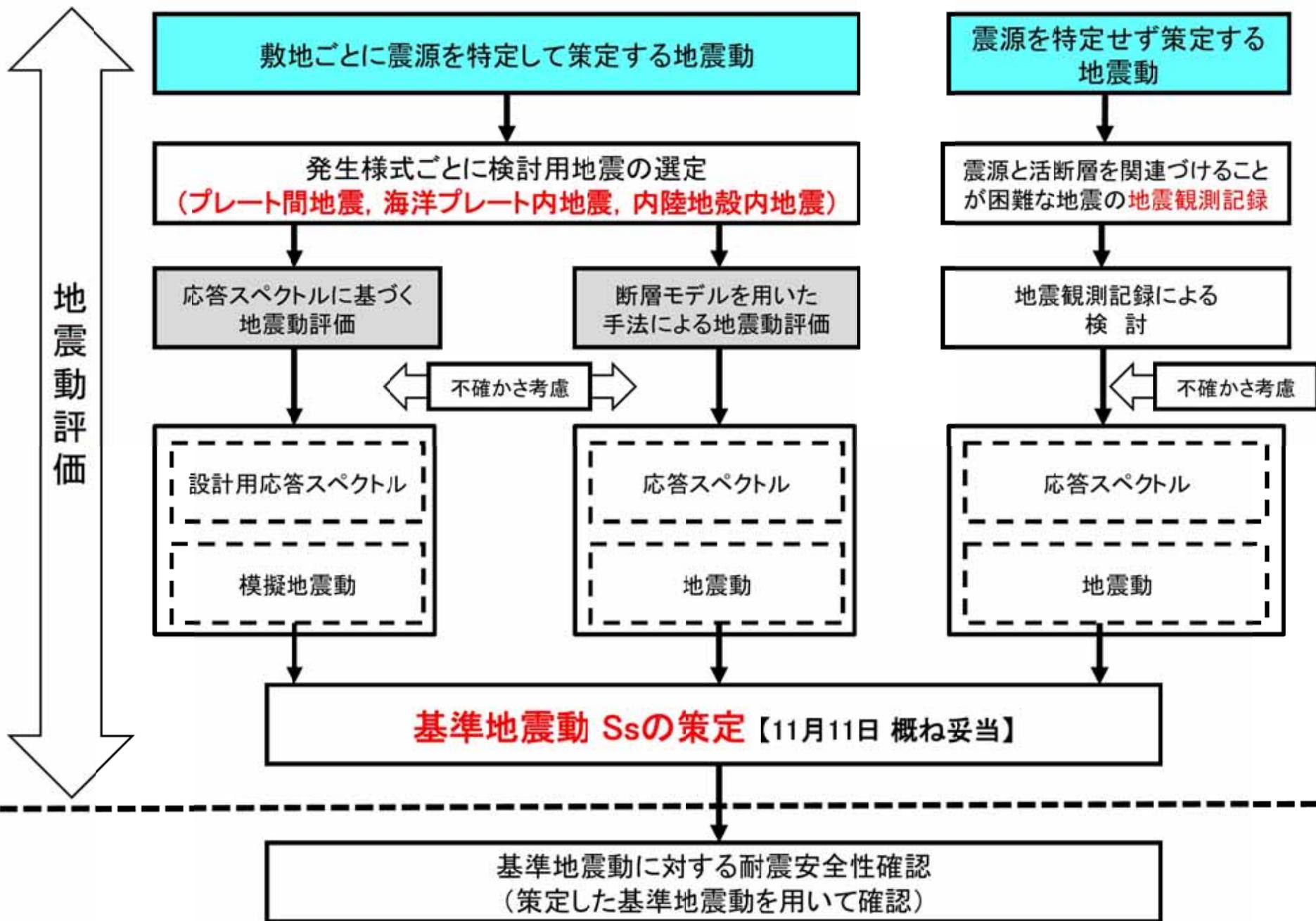
1. 基準地震動 $S_s$ の概要	23
2. 地下構造評価	41
3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうちプレート間地震	47
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち海洋プレート内地震	58
5. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち内陸地殻内地震	69
6. 震源を特定せず策定する地震動	82
参考 断層モデル手法に用いる要素地震 地震動評価結果の整理	92

# 1. 基準地震動 $S_s$ の概要

## 【新規制基準の要求事項】

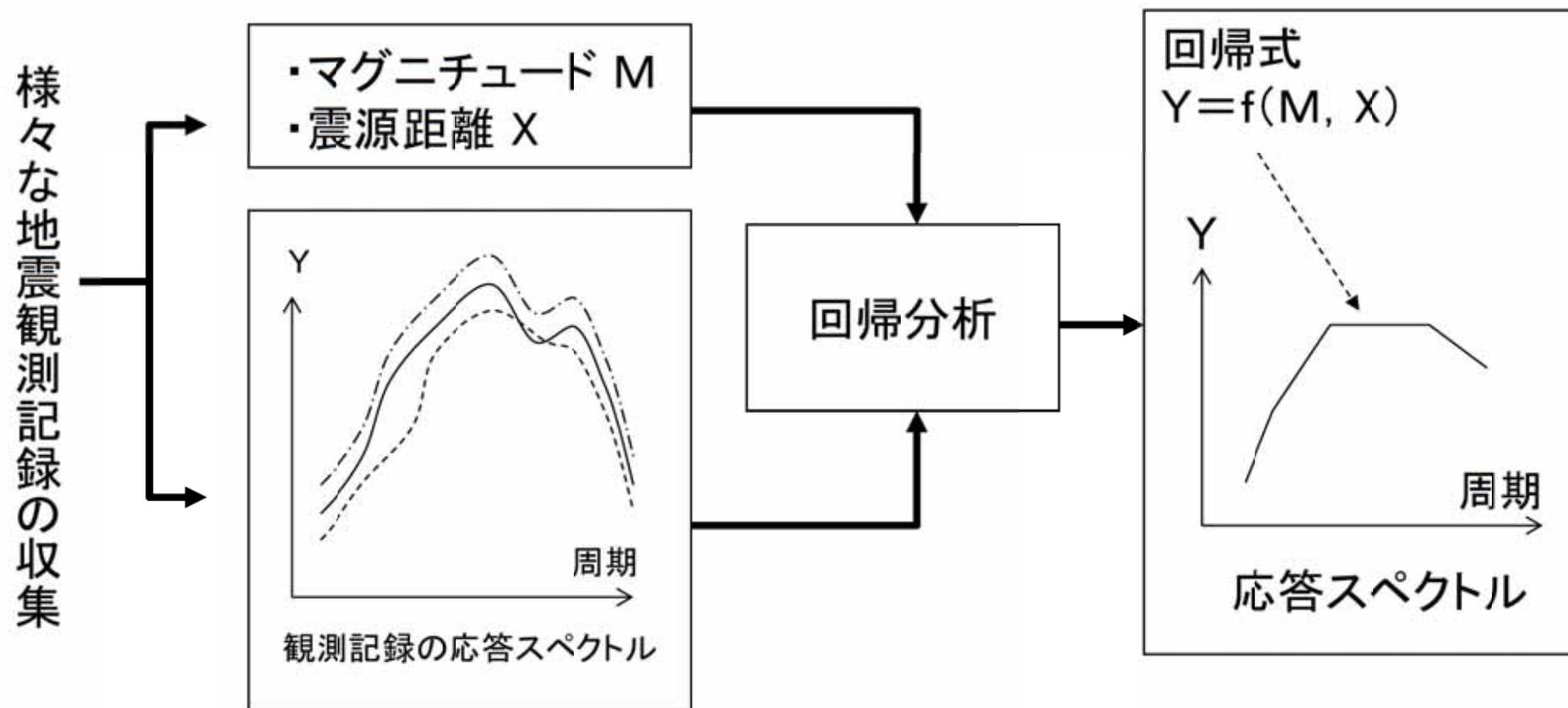
### (基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド抜粋)

- (1) 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、それぞれ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策定されていること。
- (2) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震(以下「検討用地震」という。)を複数選定し、選定した検討用地震ごとに不確かさを考慮して、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価により、それぞれ解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定されていること。不確かさの考慮については、敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータについて分析した上で、必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの適切な手法を用いて評価すること。
- (3) 「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されていること。
- (4) 「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。



## 応答スペクトルに関する回帰式

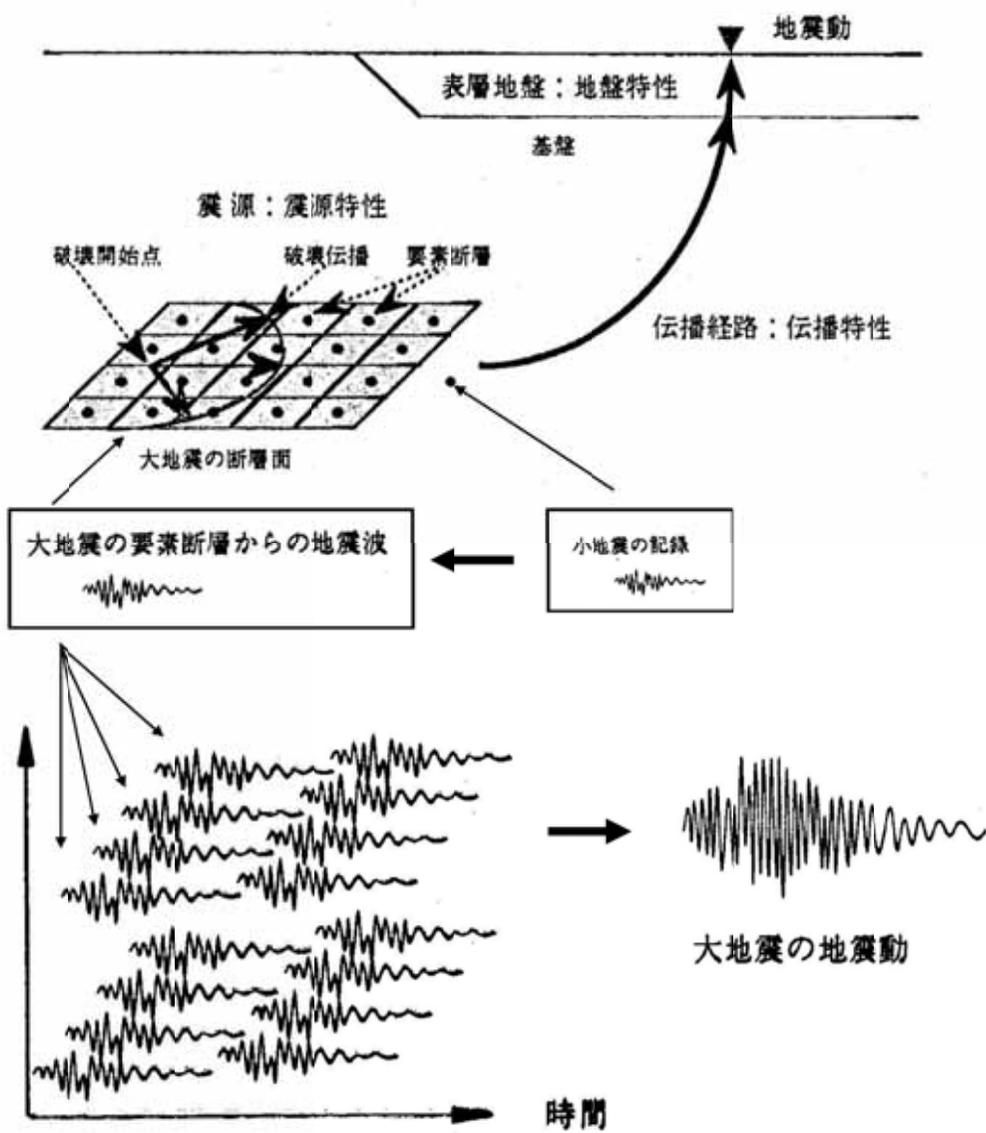
地震のマグニチュード:  $M$ , 震源距離:  $X$ と, その地震の応答スペクトルとの関係を回帰分析等により求めたもの。少ないパラメータで地震動の応答スペクトルを評価できる。複数の評価式がある。



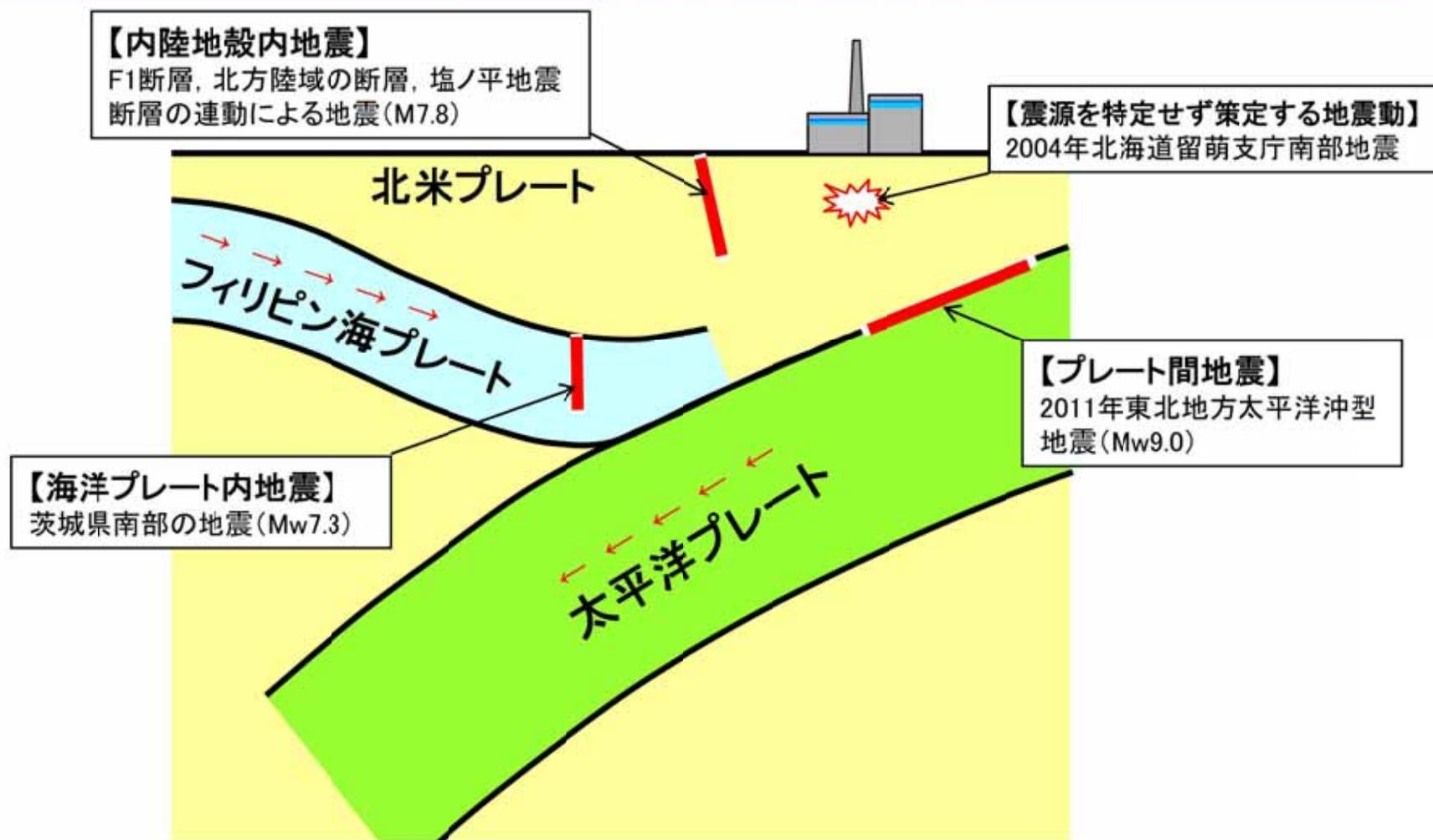
概要: 小地震記録の重ねあわせ  
によって大地震の地震動を  
推定する方法である。

特徴: 地震動の再現性が良い。  
: 適切な小地震記録が必要。

出力: 時刻歴波形



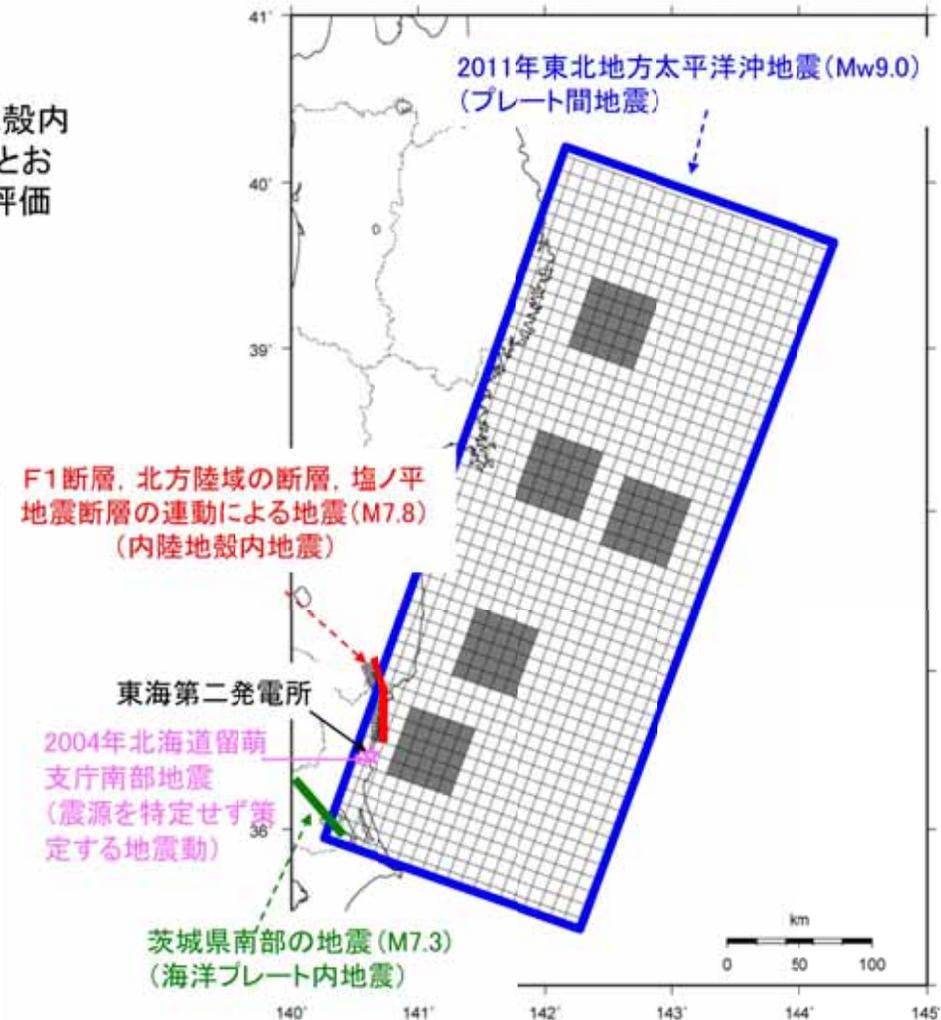
東海第二発電所周辺の直下は、3つのプレートが重なり合っており、そこで発生する地震のタイプも多岐にわたっている。地震動評価(基準地震動 $S_s$ の策定)にあたっては、以下の4つの地震(震源)を考慮した。



発電所周辺で発生する地震のイメージ図

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価について、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震毎に検討用地震を下記のとおり選定した。また震源を特定せず策定する地震動として下記のとおり評価を実施した。

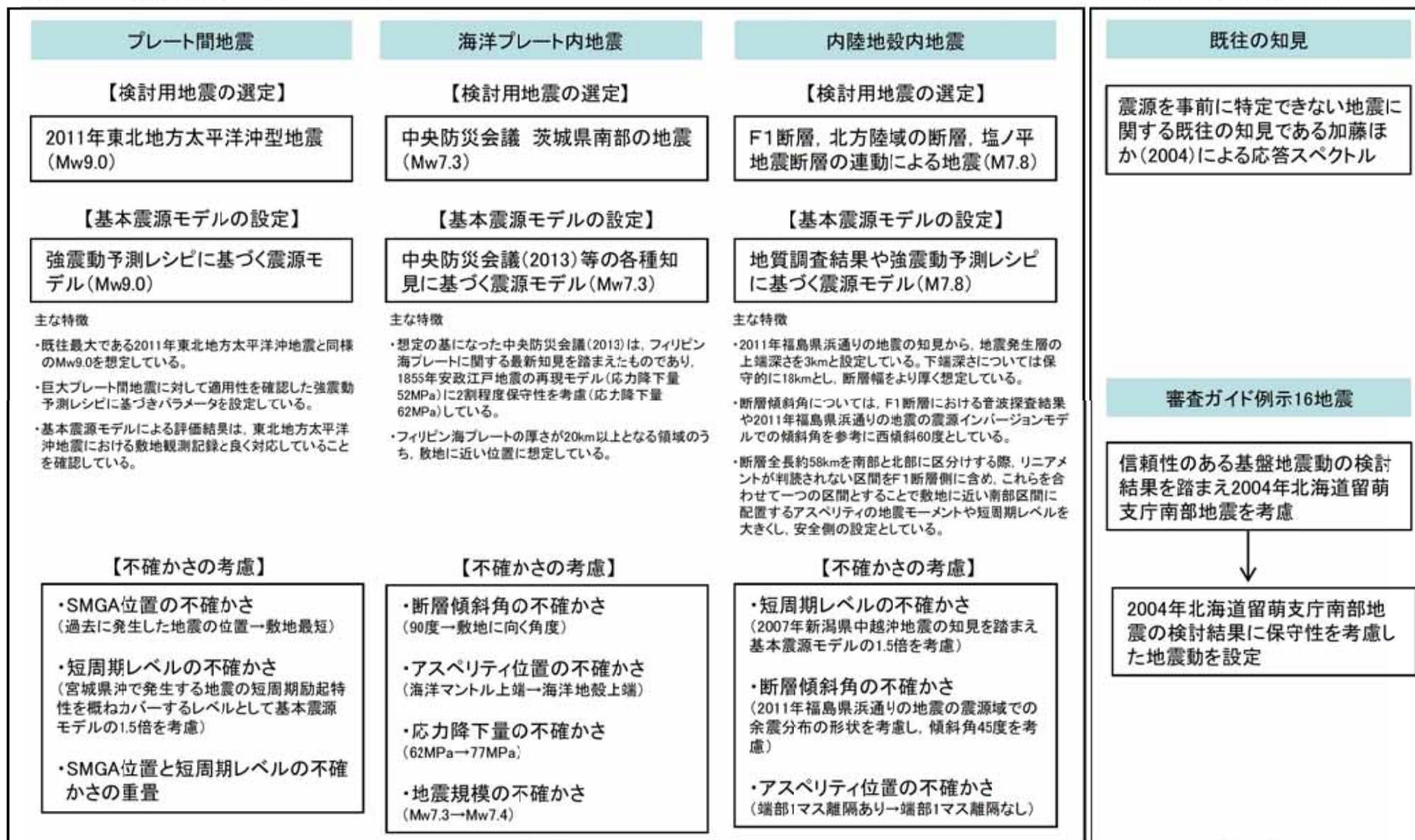
地震発生様式		検討用地震
敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	内陸地殻内地震	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)
	プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)
	海洋プレート内地震	茨城県南部の地震(M7.3)
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部地震	



検討用地震の断層面

## ■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## ■震源を特定せず策定する地震動

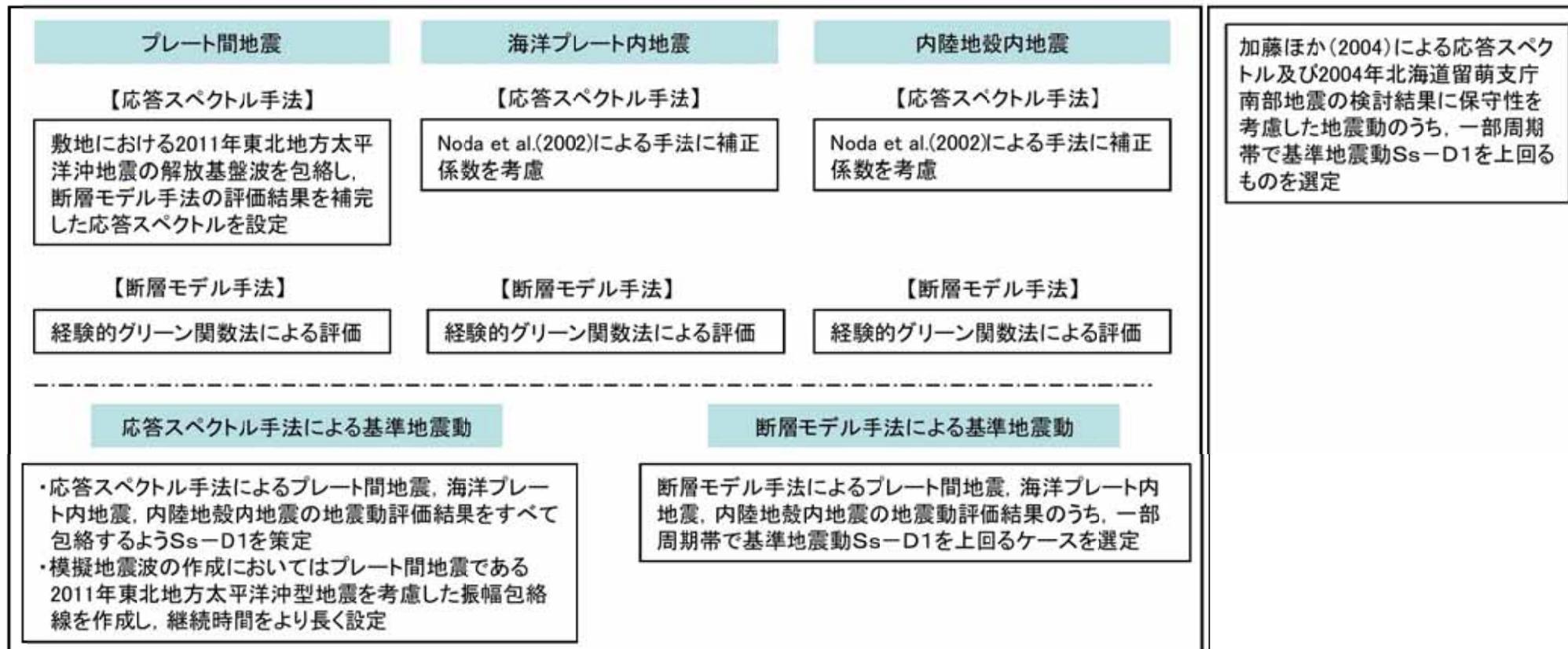


↓ 次頁へ

↓ 次頁へ

## ■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

## ■震源を特定せず策定する地震動



加藤ほか(2004)による応答スペクトル及び2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動のうち、一部周期帯で基準地震動 $S_s-D1$ を上回るものを選定

## ■基準地震動 $S_s$ の策定

- $S_s-D1$  応答スペクトル手法による基準地震動
- $S_s-11$  F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(短周期レベルの不確かさ、破壊開始点1)
- $S_s-12$  F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(短周期レベルの不確かさ、破壊開始点2)
- $S_s-13$  F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(短周期レベルの不確かさ、破壊開始点3)
- $S_s-14$  F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)(断層傾斜角の不確かさ、破壊開始点2)
- $S_s-21$  2011年東北地方太平洋沖型地震(Mw9.0)(短周期レベルの不確かさ)
- $S_s-22$  2011年東北地方太平洋沖型地震(Mw9.0)(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- $S_s-31$  2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動		評価の概要
プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖型地震 (Mw9.0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・既往最大である2011年東北地方太平洋沖地震と同様のMw9.0を想定(幅200km, 長さ500kmの震源面)した。</li> <li>・SMGA※<sup>1</sup>位置の不確かさと短周期レベル※<sup>2</sup>の不確かさを二重に考慮した。</li> </ul>
海洋プレート内地震	茨城県南部の地震(Mw7.3) (中央防災会議(2013)を参考に設定)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央防災会議(2013)の知見を踏まえ, アスペリティ※<sup>3</sup>の応力降下量※<sup>4</sup>を62MPaとして設定した。</li> <li>・応力降下量の大きさ(77MPa)や地震の規模(Mw7.4)等の不確かさを考慮した。評価結果は, 他のSsに包絡されていることを確認した。</li> </ul>
内陸地殻内地震 (活断層による地震)	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・断層の連動を考慮した。</li> <li>・短周期レベルの不確かさ, 断層傾斜角の不確かさ, アスペリティ位置の不確かさを考慮した結果, Ssとして4波を選定した。(合計4波)</li> </ul>
応答スペクトル手法によるSs	上記地震の応答スペクトル手法による評価結果を包絡して応答スペクトルを設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応答スペクトル手法の評価結果を包絡し, 水平870ガル, 鉛直560ガルの応答スペクトルのSsを設定した。(1波)</li> <li>・なお, 模擬地震波は, 振幅包絡線をプレート間地震の緒元をもとに作成し継続時間をより長く設定(約140秒)した。</li> </ul>
震源を特定せず策定する地震動		評価の概要
<ul style="list-style-type: none"> <li>・加藤ほか(2004)による応答スペクトル(450ガル)</li> <li>・2004年北海道留萌支庁南部地震</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来の加藤ほか(2004)による応答スペクトルは, 他のSsに包絡されていることを確認した。</li> <li>・2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤波(地震記録)を軟岩補正(東海第二の地盤特性※<sup>5</sup>を反映)して, Ssとして設定した。(1波)</li> </ul>

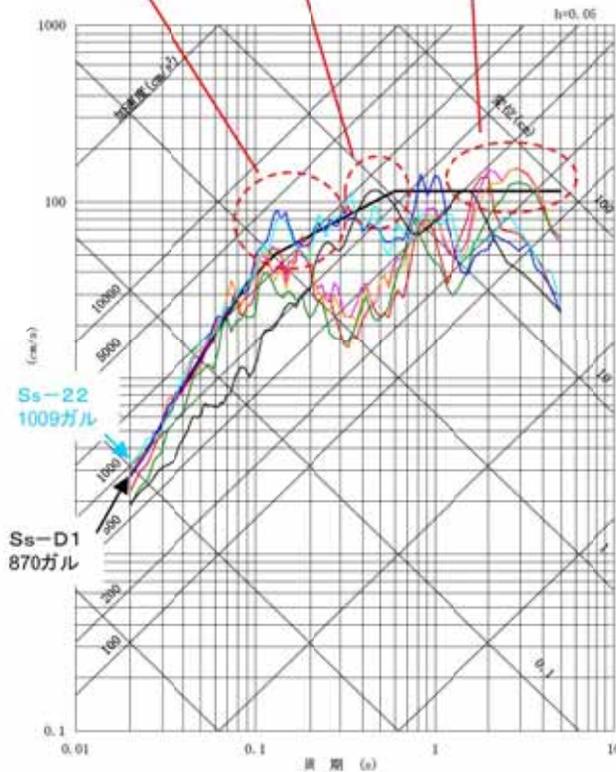
※1: 強震動生成域(短周期側の強い揺れを発生させる断層面の領域)。Strong Motion Generation Area。  
 ※2: 原子力発電所の建物・機器の耐震性評価にとって重要である短周期帯の震源における加速度のレベル。  
 ※3: 断層面(震源面)において強く固着した部分(SMGAと同義語であり, 強い揺れを発生させる領域)。  
 ※4: 地震の時にアスペリティで解放される応力の大きさ。この値が大きいほど地震動が大きくなる。  
 ※5: 大深度ボーリング及び地震観測記録から得られた地盤の増幅特性。

## ■基準地震動S<sub>s</sub>を示す。

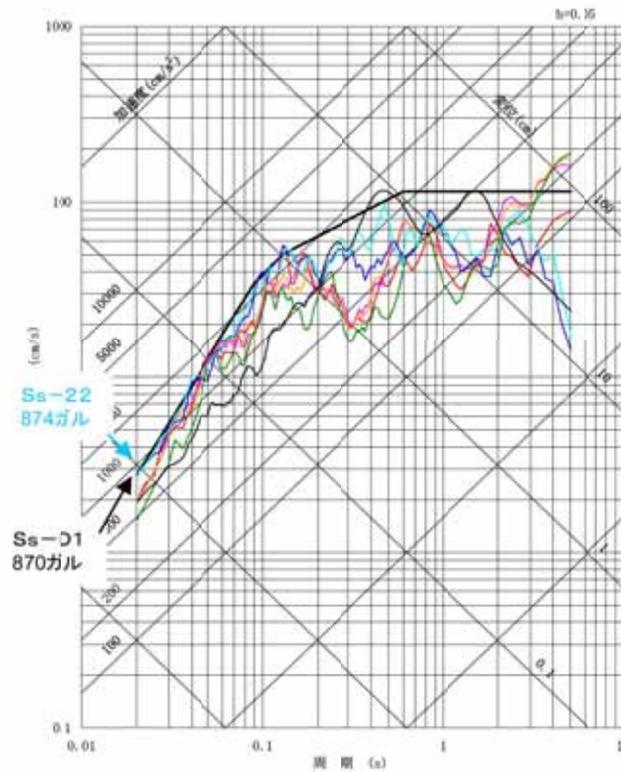
短周期側ではプレート間地震、「特定せず」の基準地震動が、長周期側では内陸地殻内地震の基準地震動がそれぞれS<sub>s</sub>-D1を上回る。

プレート間地震 「特定せず」 内陸地殻内地震

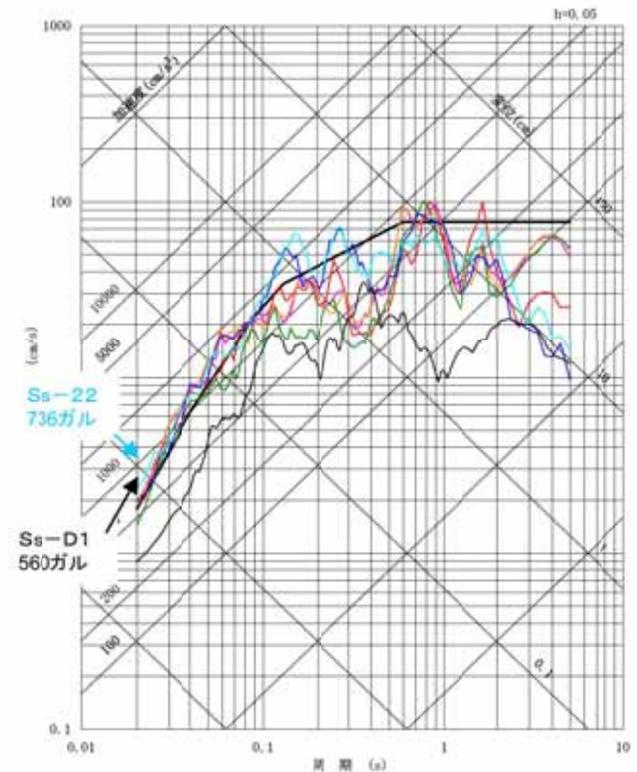
- S<sub>s</sub>-D1 応答スペクトル手法による基準地震動
- S<sub>s</sub>-11 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- S<sub>s</sub>-12 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- S<sub>s</sub>-13 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- S<sub>s</sub>-14 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)
- S<sub>s</sub>-21 2011年東北地方太平洋沖型地震(短周期レベルの不確かさ)
- S<sub>s</sub>-22 2011年東北地方太平洋沖型地震(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- S<sub>s</sub>-31 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動



NS成分



EW成分



UD成分

東海第二発電所の基準地震動S<sub>s</sub>は、応答スペクトル法によるS<sub>s</sub>-D1に加え、一部周期帯でS<sub>s</sub>-D1を上回る断層モデル手法による6波(内陸地殻内地震4波、プレート間地震2波)及び震源を特定せず策定する地震動1波の合計8波とした。断層モデル手法によるS<sub>s</sub>及び「特定せず」のS<sub>s</sub>は、S<sub>s</sub>-D1を上回る周期帯が異なるため、それぞれの基準地震動S<sub>s</sub>による地震力を用いた耐震安全性評価を行う。

## プレート間地震

基本震源モデル: 2011年東北地方太平洋沖型地震(Mw9.0)

不確かさ: ①SMGA位置, ②短周期レベル, ③SMGA位置と短周期レベルの重畳

## 海洋プレート内地震

基本震源モデル: 茨城県南部の地震(Mw7.3)

不確かさ: ①断層傾斜角, ②アスペリティ位置, ③応力降下量, ④地震規模

## 内陸地殻内地震

基本震源モデル: F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8)

不確かさ: ①短周期レベル, ②断層傾斜角, ③アスペリティ位置

## 震源を特定せず策定する地震動

・加藤ほか(2004)による応答スペクトル

・2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

## 模擬地震波

・応答スペクトル手法の評価結果を包絡し作成

以上の不確かさを考慮することで, さらなる安全性向上に努めている。

震災前 : 最大加速度 600ガル, 3波

申請時(2014年): 最大加速度 901ガル, 3波

2016年12月現在: 最大加速度 1009ガル, 8波

# 変更点(1/2)



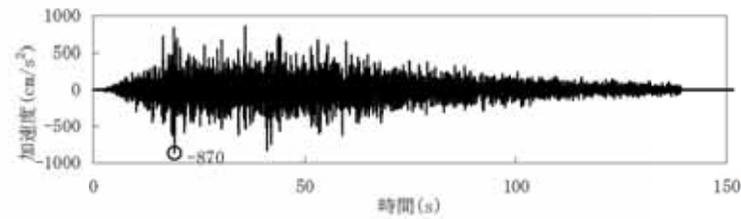
○:考慮, -:未考慮

発生様式	検討ケース	2014年頃	さらなる不確かさを考慮(2018年)
プレート間地震	基本震源モデル	2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)	2011年東北地方太平洋沖型地震(Mw9.0)
	SMGA位置の不確かさ	○	○
	短周期レベルの不確かさ	○	○
	SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳	-	○
海洋プレート内地震	基本震源モデル	茨城県南部の地震(Mw7.3) ・中央防災会議(2004)を参考に設定 ・アスペリティの応力降下量21MPa	茨城県南部の地震(Mw7.3) ・中央防災会議(2013)を参考に設定 ・アスペリティの応力降下量62MPa
	断層傾斜角の不確かさ	-	○
	アスペリティ位置の不確かさ	○	○
	応力降下量の不確かさ	-	○
	地震規模の不確かさ	-	○
内陸地殻内地震	基本震源モデル	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震(M7.6) ・破壊開始点2箇所 ・断層上端深さ5km	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8) ・破壊開始点7箇所のうち影響の大きい3箇所を選定 ・断層上端深さ3km
	短周期レベルの不確かさ	○	○
	断層傾斜角の不確かさ	-	○
	アスペリティ位置の不確かさ	-	○
震源を特定せず策定する地震動		加藤ほか(2004)による応答スペクトル	・加藤ほか(2004)による応答スペクトル ・2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
模擬地震波		応答スペクトル手法の評価結果を包絡し作成 ・水平700ガル, 鉛直420ガル ・振幅包絡線を内陸地殻内地震(M7.6, Xeq=25.7km)をもとに作成	応答スペクトル手法の評価結果を包絡し作成 ・水平870ガル, 鉛直560ガル ・振幅包絡線をプレート間地震(M8.3, Xeq=135.8km)をもとに作成し継続時間をより長く設定

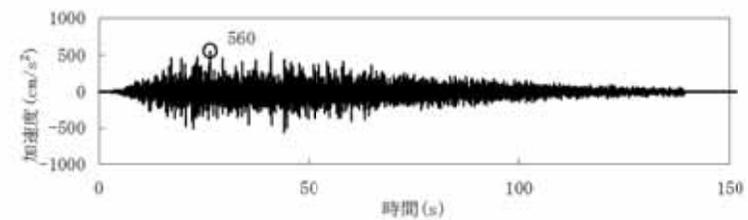
2014年頃					さらなる不確かさを反映(2018年)				
基準地震動		最大加速度(cm/s <sup>2</sup> )			基準地震動		最大加速度(cm/s <sup>2</sup> )		
		NS成分	EW成分	UD成分			NS成分	EW成分	UD成分
Ss-D	応答スペクトル手法による基準地震動	700		420	Ss-D1	応答スペクトル手法による基準地震動	870		560
Ss-1	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震(M7.6) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)	788	728	563	Ss-11	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)	717	619	579
					Ss-12	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)	871	626	602
					Ss-13	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8) (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)	903	617	599
					Ss-14	F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8) (断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)	586	482	451
Ss-2	2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)	901	887	620	Ss-21	2011年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)	901	887	620
-	-	-	-	-	Ss-22	2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	1009	874	736
-	-	-	-	-	Ss-31	2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動	610		280

## ■ 基準地震動Ssの加速度時刻歴波形(1/3)

Ss-D1 応答スペクトル手法に基づく模擬地震波



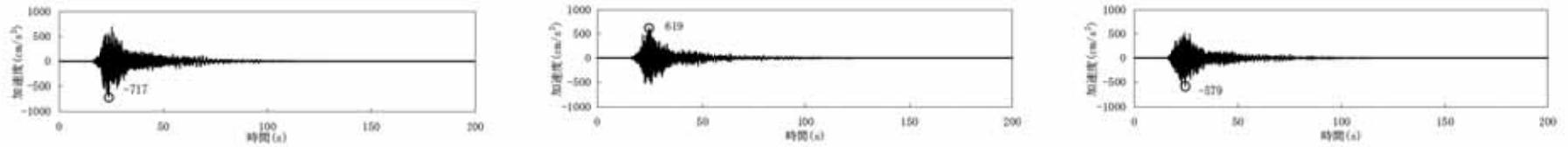
Ss-D1H(水平成分)



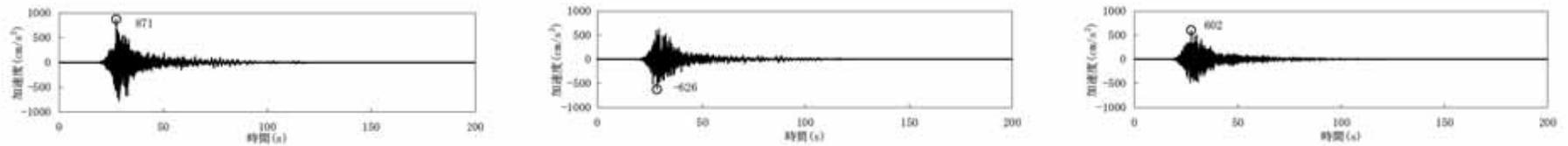
Ss-D1V(鉛直成分)

## ■ 基準地震動Ssの加速度時刻歴波形(2/3)

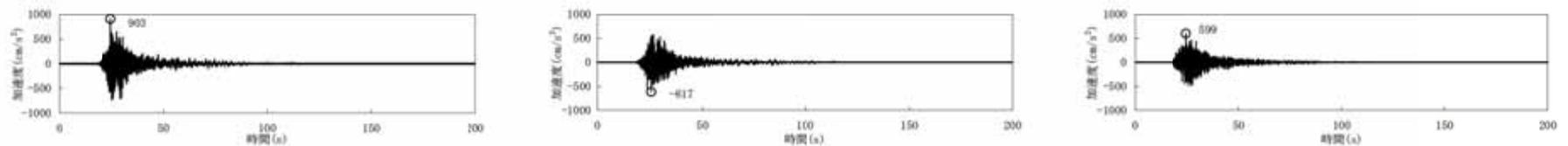
Ss-11 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)



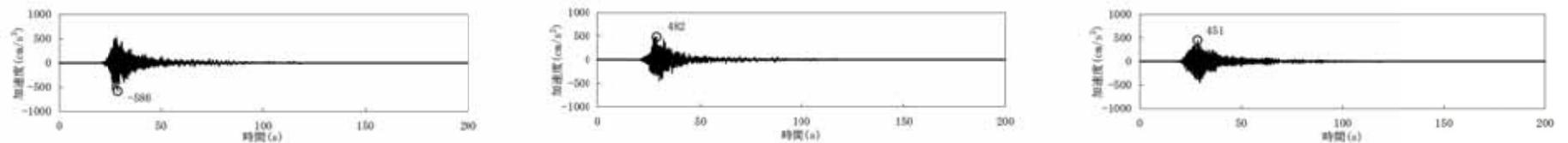
Ss-12 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)



Ss-13 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)



Ss-14 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の運動による地震(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)



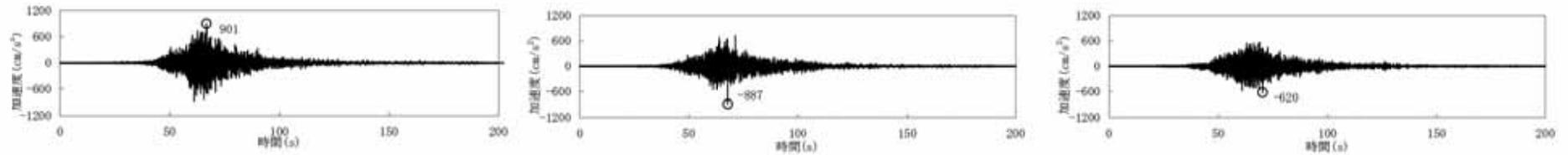
NS成分

EW成分

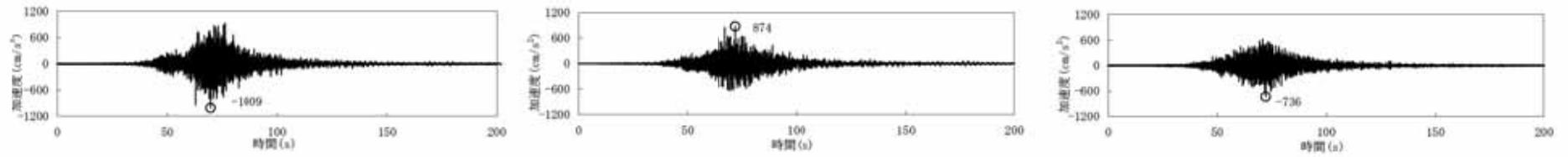
UD成分

## ■ 基準地震動Ssの加速度時刻歴波形(3/3)

Ss-21 2011年東北地方太平洋沖型地震(短周期レベルの不確かさ)



Ss-22 2011年東北地方太平洋沖型地震(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)

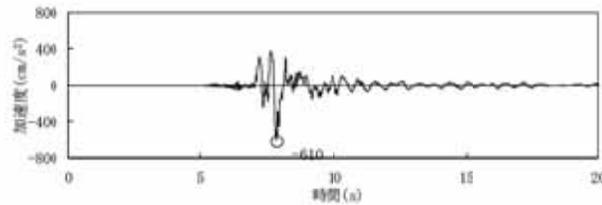


NS成分

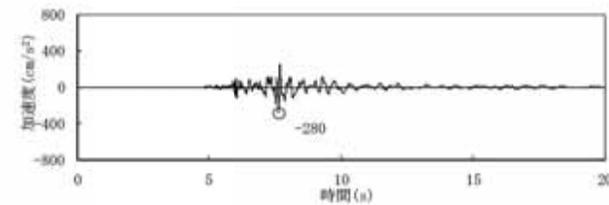
EW成分

UD成分

Ss-31 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動



水平成分



鉛直成分

2006年耐震設計審査指針の改訂に伴う耐震バックチェック				2014年頃				さらなる不確かさを反映(2018年)			
	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )				最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )				最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
	NS成分	EW成分	UD成分		NS成分	EW成分	UD成分		NS成分	EW成分	UD成分
Ss-D	600		400	Ss-D	700		420	Ss-D1	870		560
Ss-1	516	475	357	Ss-1	788	728	563	Ss-11	717	619	579
—	—	—	—	Ss-2	901	887	620	Ss-12	871	626	602
—	—	—	—	—	—	—	—	Ss-13	903	617	599
—	—	—	—	—	—	—	—	Ss-14	586	482	451
—	—	—	—	—	—	—	—	Ss-21	901	887	620
—	—	—	—	—	—	—	—	Ss-22	1009	874	736
—	—	—	—	—	—	—	—	Ss-31	610		280

バックチェック時の600ガルから大きくなった主な要因は下記のとおり。

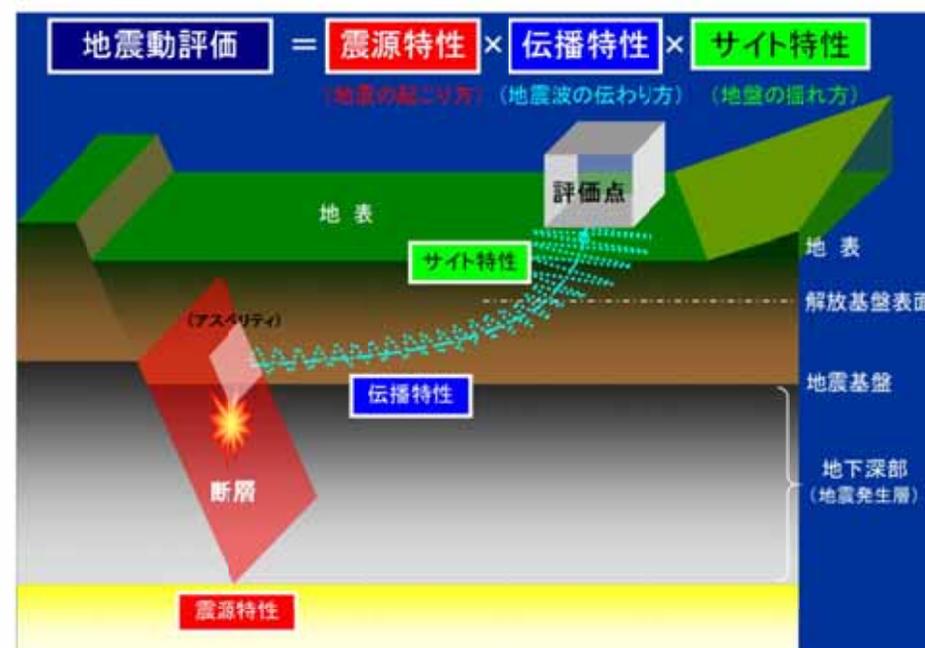
- ・2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた評価を行い、更に不確かさを二重に考慮したこと。(Ss-22, 1009ガル)
- ・断層長さが延びたことに加え、断層幅についてもより大きく設定したこと。(Ss-13, 903ガル)

## 2. 地下構造評価

地下構造評価では、地震動評価に必要な特性のうち、「伝播特性」と「サイト特性」の妥当性について評価する。

広域地下構造調査(概査)により、地震発生層を含む地下深部から解放基盤までの「伝播特性」を確認する。

敷地近傍地下構造調査(精査)により、地下深部から地表面までの「サイト特性」を確認する。



## ・解放基盤表面の設定

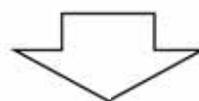
敷地・敷地周辺の地盤調査によると、敷地周辺では新第三紀の久米層がほぼ水平で相当な拡がりを有して分布している。敷地内のボーリング孔で実施したPS検層結果によると、E.L.-370m以深ではS波速度が0.7km/s以上となっていることから、E.L.-370mの位置に解放基盤表面を設定する。なお、地震動評価のうち応答スペクトルに基づく手法において、解放基盤表面での地盤の弾性波速度値については、敷地の地盤調査より、P波速度を2.0km/s、S波速度を0.7km/sと設定する。

## ・敷地周辺の地盤構造

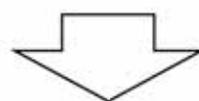
重力異常分布によると、敷地の北西部には重力の急変部が、敷地西側には船底状の構造が見られる。これらは、敷地周辺の地盤調査で明らかのように、基盤が深さ4km程度に達する不整形地盤が存在するためであるが、地震観測記録の分析結果及び反射法探査、屈折法探査及び微動アレイ探査による速度構造を用いた解析的検討の結果から、これらが敷地における地震動評価に与える影響は小さい。

「実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の解釈」  
(原子力規制委員会, 平成26年7月9日改正)

基準地震動を策定するために、基盤面上の表層及び構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう上記の「基盤」とは、おおむねせん断波速度 $V_s = 700\text{m/s}$ 以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものとする。



- 東海第二発電所の基礎地盤の特徴
  - ・ 新第三系鮮新統の砂質泥岩である久米層が広く分布する。
  - ・ 久米層の速度構造はおおむね水平である。
  - ・ E.L.-370m程度で $V_s = 700\text{m/s}$ 以上となる。
  - ・ 久米層は新鮮であり、著しい風化は見られない。



解放基盤表面の位置はE.L.-370mとする。

東海第二発電所の地下構造が水平成層かつ均質であることを確認するため、地震観測記録と地球物理学的調査を組合せ、地震基盤の位置や形状、地震波速度構造等の調査・解析を実施した。

## ● 地震観測記録による地下構造評価

### 解放基盤表面における検討

- ・地震観測記録の到来方向による検討により、解放基盤表面より深部の地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認

### 浅部地下構造の検討

- ・解放基盤表面以浅の地震観測記録を用いて、敷地地盤の地下構造が水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認

## ● 地球物理学的調査による地下構造評価

### 地球物理学的調査 敷地周辺

- ・屈折法地震探査
- ・微動アレイ探査
- ・重力異常分布(文献)

### 敷地内

- ・単点微動測定
- ・微動アレイ探査

### 3次元地下構造モデル

作成

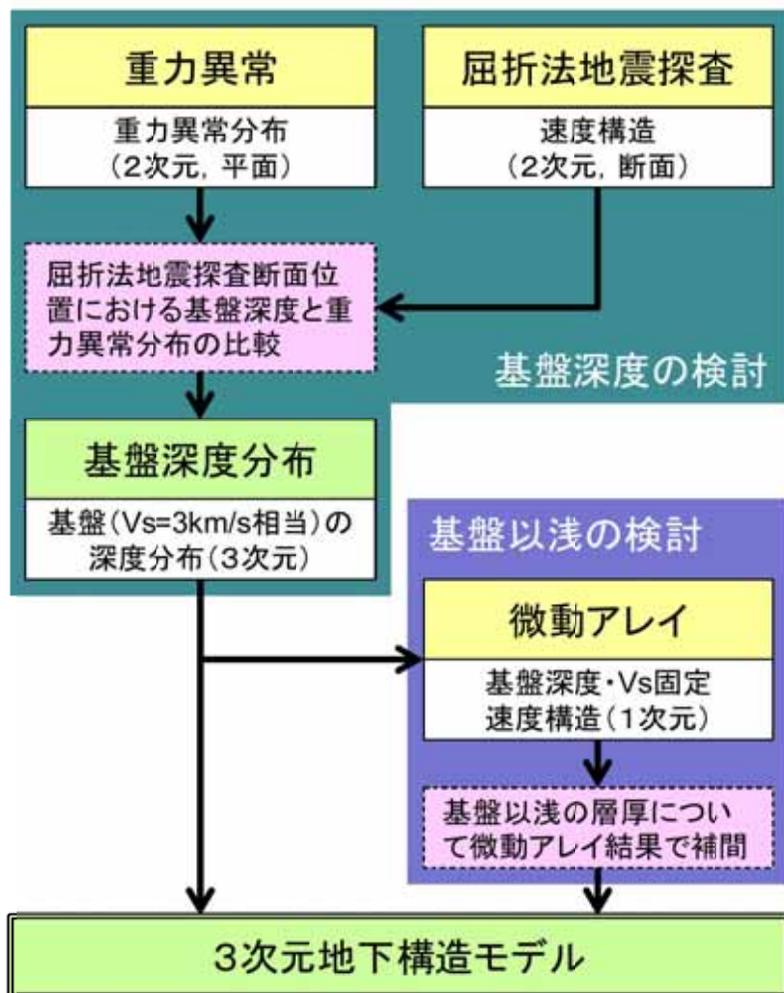
確認

### 解析による検討

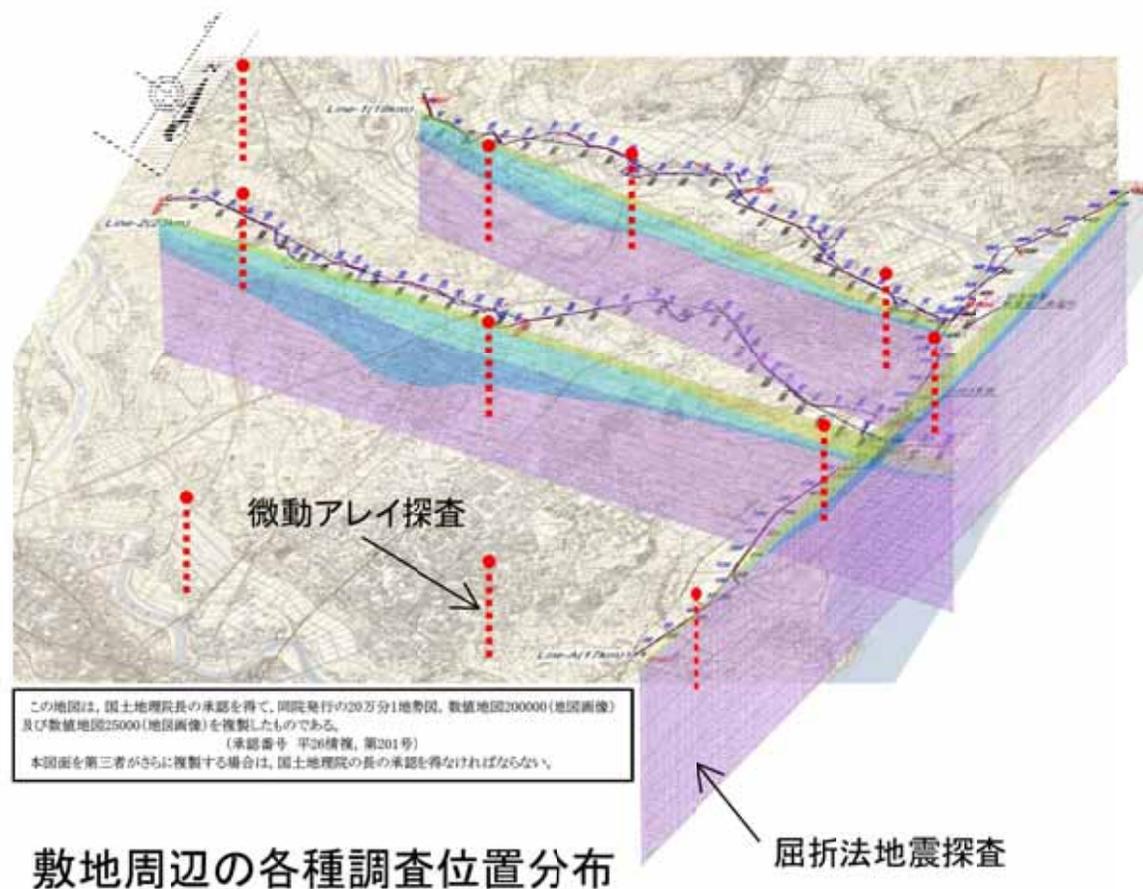
- ・2次元FEMモデル  
→ 東西断面, 南北断面
- ・敷地の西側及び南側に見られる深い基盤形状による影響を検討
- ・敷地地盤の地下構造は水平成層かつ均質とみなして評価できることを確認

なお、東海第二発電所の地震動評価においては、地震観測記録を用いた経験的グリーン関数法を用いている。

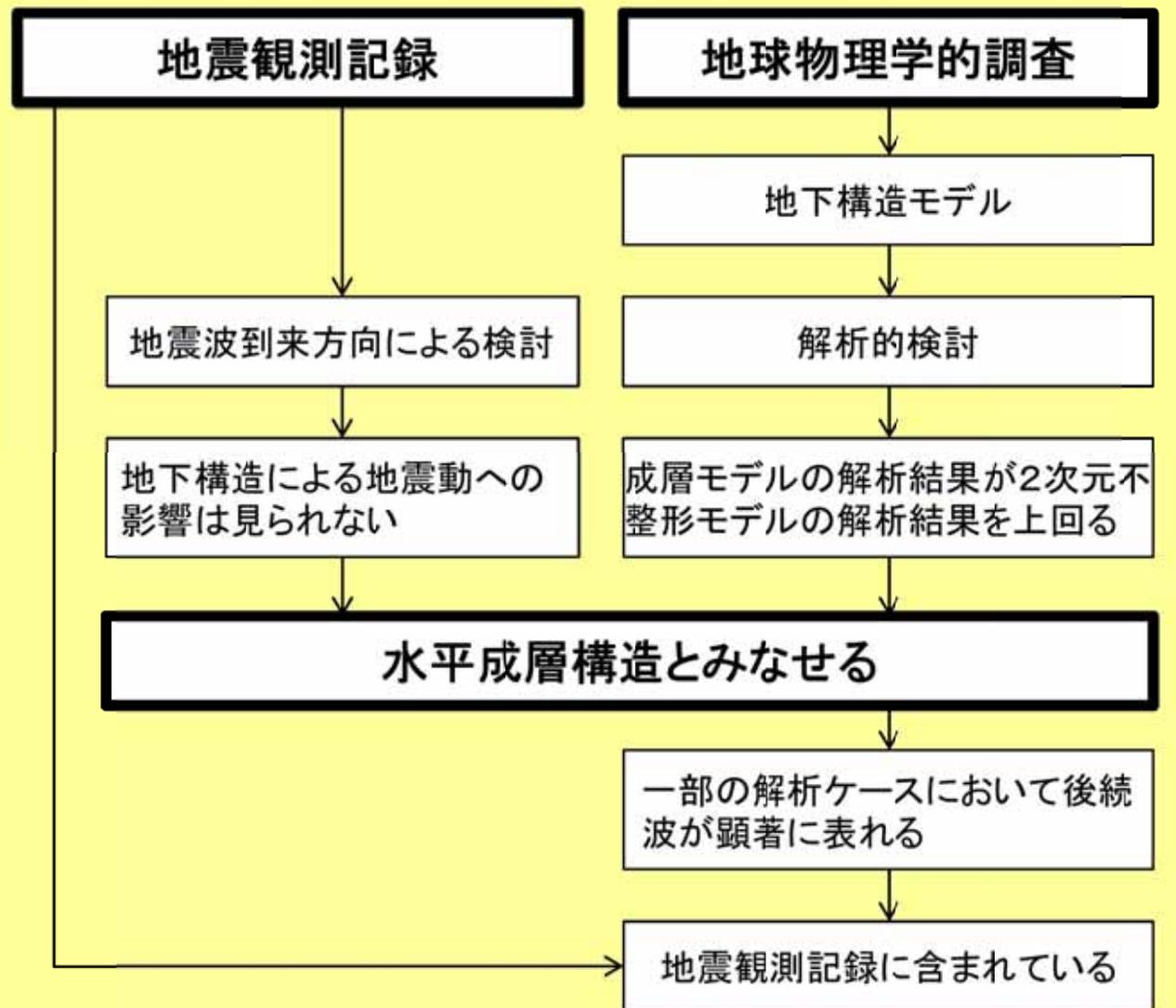
- 敷地周辺における重力異常分布，屈折法地震探査結果及び微動アレイ探査結果を基に，3次元の地下構造を把握する。



3次元地下構造モデル作成手順



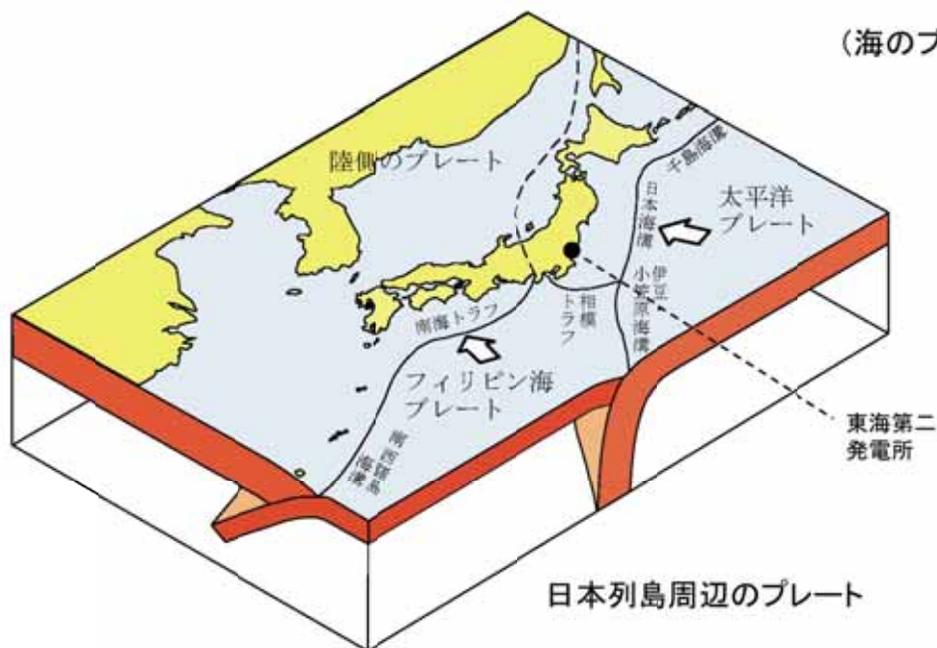
地下構造による検討



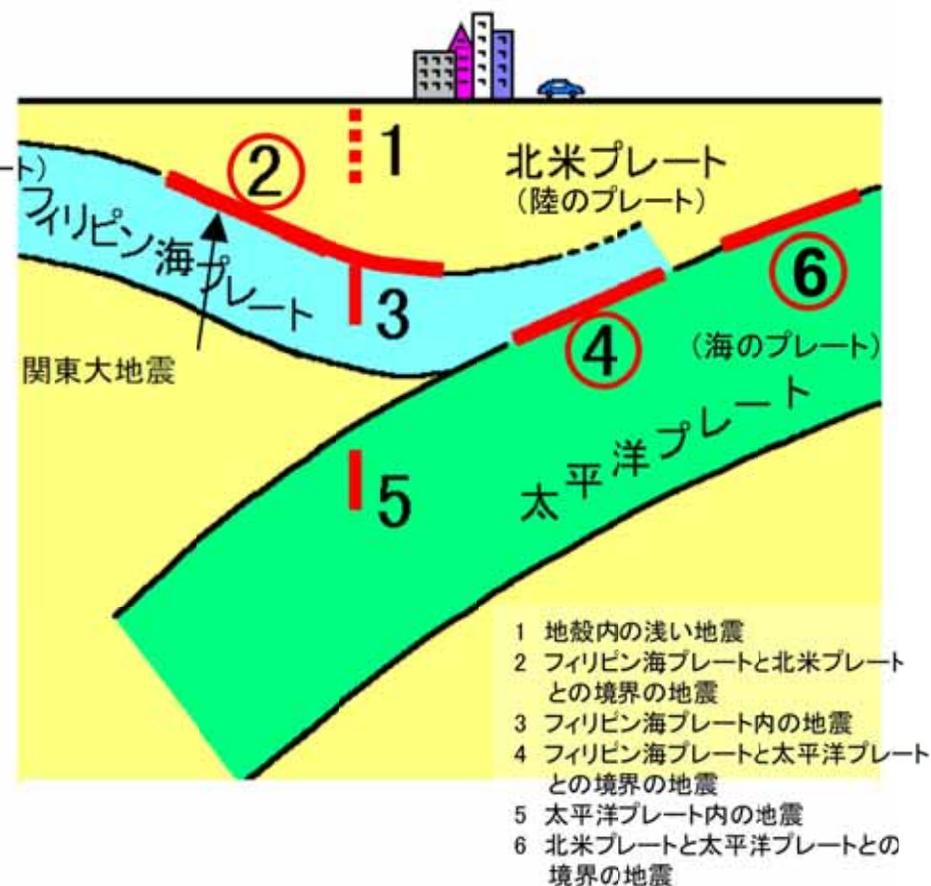
地震動評価

- 応答スペクトルに基づく地震動評価
- 地震の発生様式や地域性を考慮して地震波の伝播特性の影響を評価し、応答スペクトルに反映させる。
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価
- 観測記録の精度や想定する震源断層の特徴を踏まえ、要素地震としての適性について慎重に検討した上で、経験的グリーン関数法による地震動評価を行う。

### 3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち プレート間地震



日本のプレートテクトニクスモデル概念図  
(防災科学技術研究所)



南関東地域で発生する地震のタイプ  
(中央防災会議に一部加筆)

- 内陸地殻内地震は陸のプレートの内部で発生する地震で、図の1のタイプである。
- プレート間地震は異なるプレートの境界で発生する地震で、図の2, 4, 6のタイプである。
- 海洋プレート内地震は海のプレートの内部で発生する地震で、図の3, 5のタイプである。

## ■内容

- 検討用地震(敷地に最も大きな影響を与える地震)として東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)を選定
- 地震動評価ケース
  - ・基本ケース
  - ・不確かさケース1 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)
  - ・不確かさケース2 短周期レベル(基本ケースに対して1.5倍) → 基準地震動Ss-2(901gal)に選定



## ■ポイント

- 応力降下量など、重要な断層パラメータの妥当性
- 不確かさ考慮の妥当性



## ■反映事項

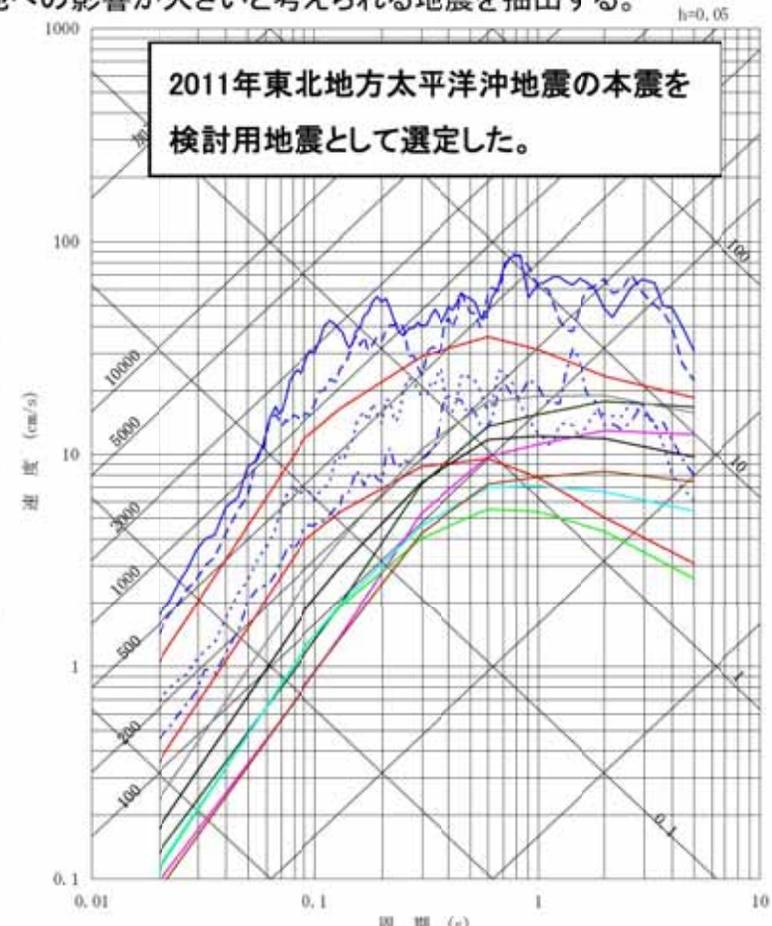
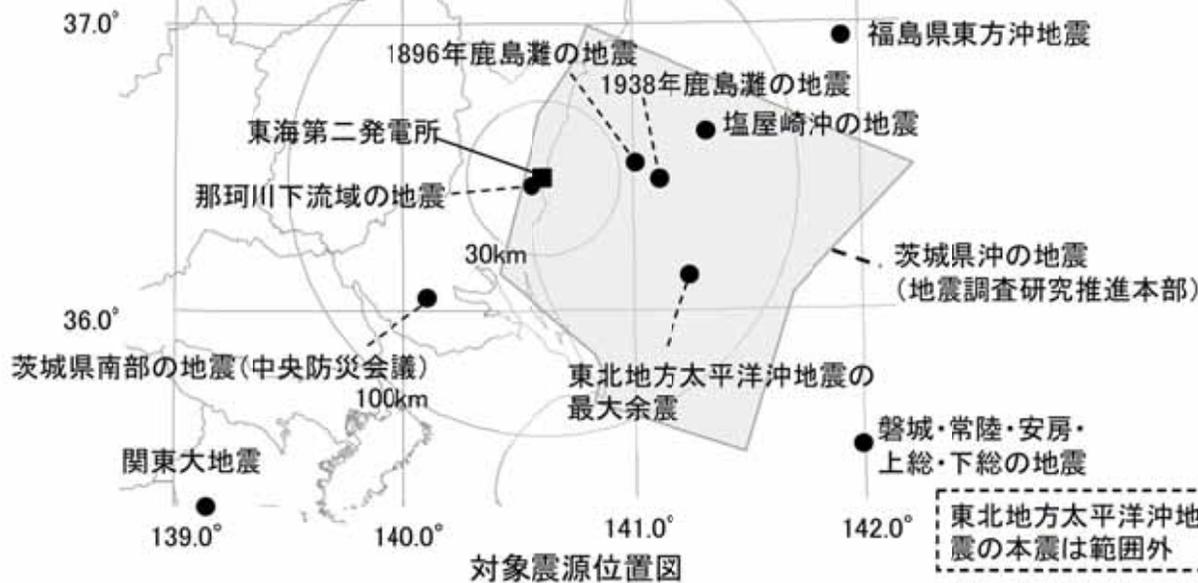
- 地震動評価ケースについて、不確かさの重畳ケースを追加(青字)
- ・基本ケース
- ・不確かさケース1 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)
- ・不確かさケース2 短周期レベル(基本ケースに対して1.5倍) → 基準地震動Ss-2(901gal)に選定
- ・不確かさケース3 強震動生成域と短周期レベルの不確かさを重畳(1009gal)

# 検討用地震の選定

■敷地で震度5程度以上となる過去の被害地震、各機関の想定したプレート間地震のうち敷地への影響が大きいと考えられる地震を抽出する。

年月日	地名(地震名)	地震規模 M	等価震源距離 (km) <sup>※2</sup>	補正係数 <sup>※3</sup>
1677.11.4	磐城・常陸・安房・上総・下総の地震	8.0	169	
1896.1.9	鹿島灘の地震	7.3	60	考慮
1923.9.1	関東大地震	7.9	187	
1930.6.1	那珂川下流域の地震	6.5	55	
1938.5.23	塩屋崎沖の地震	7.0	75	
1938.9.22	鹿島灘の地震	6.5	63	考慮
1938.11.5	福島県東方沖地震	7.5	136	
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の本震 <sup>※1</sup>	Mw9.0	—	
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震 <sup>※1</sup>	7.6	—	
—	茨城県南部の地震(中央防災会議)	7.3	77	
—	茨城県沖の地震(地震調査研究推進本部)	7.6	84	

※1 解放基盤波を用いる。 ※2 地震カタログによる位置情報やプレート境界等深線等に基づいて算出  
 ※3 鹿島灘付近で発生したプレート間地震による補正係数



- 磐城・常陸・安房・上総・下総の地震, M8.0, Xeq=169km
- 1896年鹿島灘の地震, M7.3, Xeq=60km
- 関東大地震, M7.9, Xeq=187km
- 那珂川下流域の地震, M6.5, Xeq=55km
- 塩屋崎沖の地震, M7.0, Xeq=75km
- 1938年鹿島灘の地震, M6.5, Xeq=63km
- 福島県東方沖地震, M7.5, Xeq=136km
- 2011年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波 NS
- 2011年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波 EW
- 2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震の解放基盤波 NS
- 2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震の解放基盤波 EW
- 茨城県南部の地震(中央防災会議), M7.3, Xeq=77km
- 茨城県沖の地震(地震調査研究推進本部), M7.6, Xeq=84km

プレート間地震の地震動の応答スペクトル (Noda et al.(2002)の手法に補正係数を考慮)

■断層形状, SMGA位置等については下記の通り設定する。

## 【断層形状】

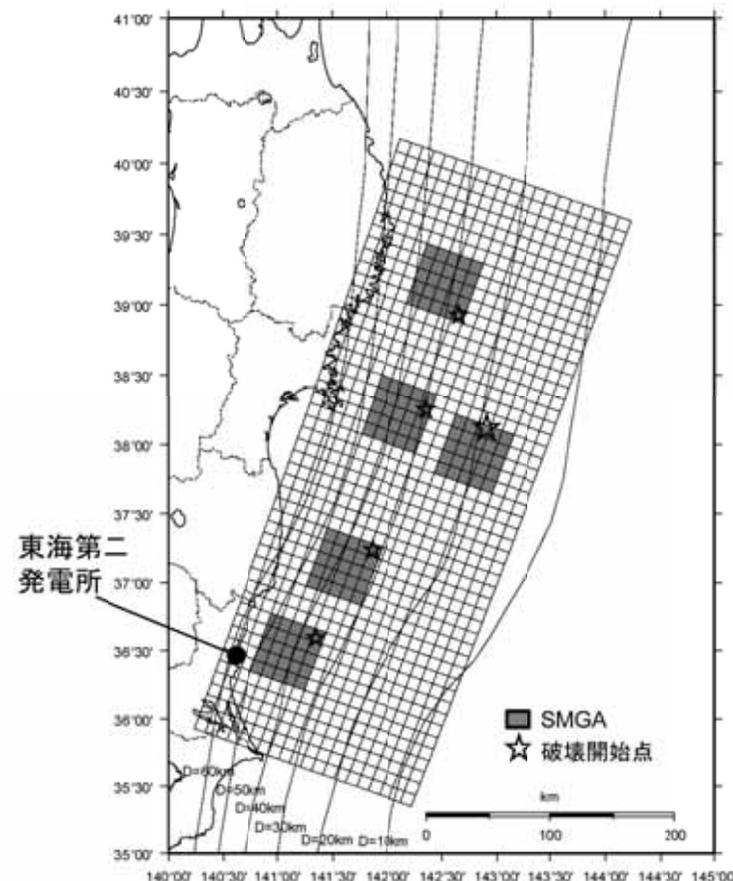
- ・長さ, 幅は, 東北地方太平洋沖地震の震源域を参考にそれぞれ500km, 200kmとする。
- ・走向は, 東北地方太平洋沖地震に関する防災科学技術研究所F-netのCMT解を用いる。深さは, 太平洋プレートの上面に沿ってモデル化する。

## 【SMGAの位置】

- ・地震調査研究推進本部の領域区分に基づき5個のSMGAを設定し, 東北地方太平洋沖地震のSMGAや, それぞれの領域で過去に発生したM7~M8クラスの地震の震源域を参考に配置する。
- ・茨城県沖のSMGA位置は, 東北地方太平洋沖地震の敷地での観測記録を再現できる位置としており, 各文献で示された東北地方太平洋沖地震のSMGAの中では敷地に最も近い位置である。
- ・この位置は, 過去に発生したM7クラスの地震の中では最も敷地に近い1938年塩屋崎沖の地震(M7.0)や1896年鹿島灘の地震(M7.3)の震央位置と対応していることを確認している。

## 【破壊開始点】

東北地方太平洋沖地震の震源位置に設定する。



基本震源モデル

SMGA: Strong Motion Generation Areas (強震動生成域)

# 2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル



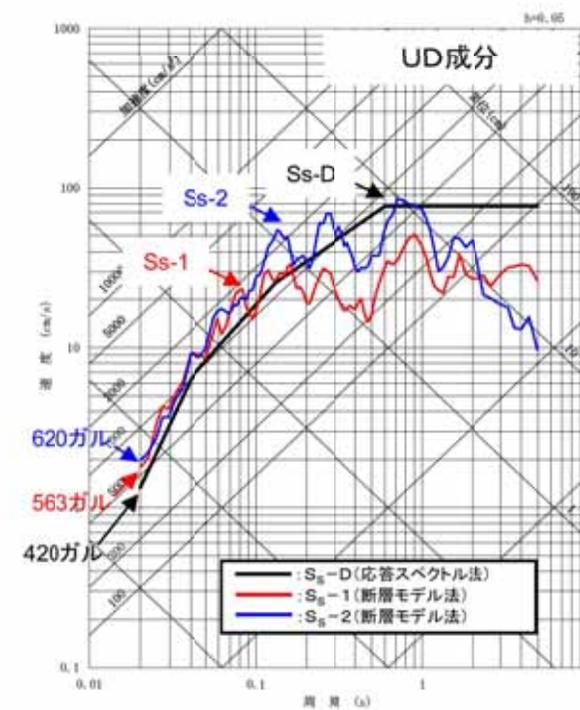
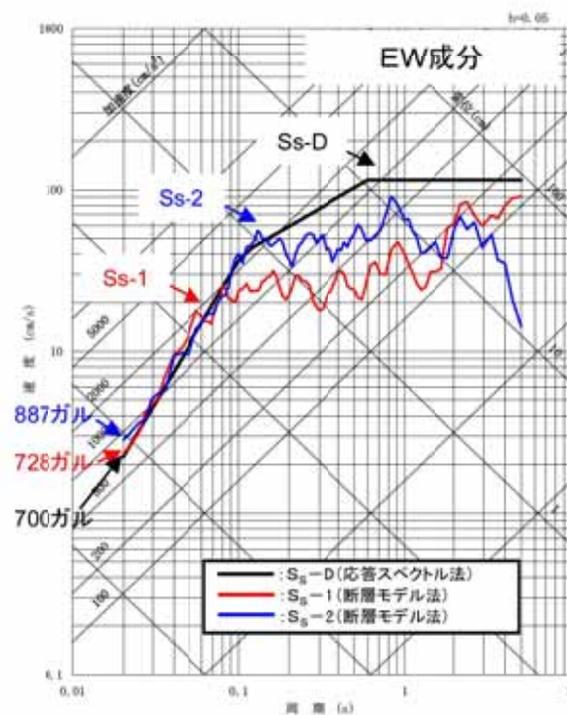
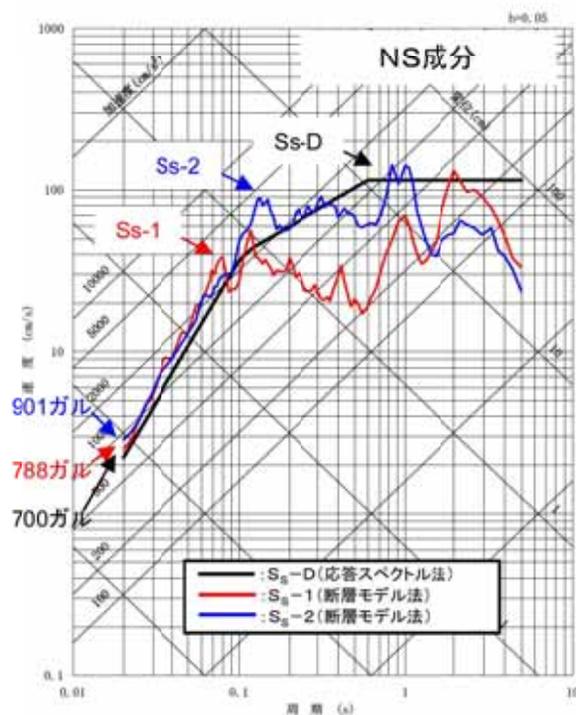
## ■断層パラメータ(基本震源モデル)

項目		設定値	設定方法
走向	$\theta$ (度)	200	F-net
傾斜角1(東側)	$\delta_1$ (度)	12	壇ほか(2005)
傾斜角2(西側)	$\delta_2$ (度)	21	壇ほか(2005)
すべり角	$\lambda$ (度)	88	F-net
長さ	L(km)	500	断層面積に基づき算定
幅	W(km)	200	断層面積に基づき算定
基準点北緯	N(度)	38.1035	本震の震源位置(気象庁)
基準点東経	E(度)	142.8610	本震の震源位置(気象庁)
基準点深さ	H(km)	23.7	本震の震源位置(気象庁)
上端深さ	$h_u$ (km)	12.3	$h_u = H - w_1 \sin \delta_1$
下端深さ	$h_l$ (km)	68.9	$h_l = H + (100 - w_1) \sin \delta_1 + 100 \sin \delta_2$
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	100000	$S = L \times W$
平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	3.08	$M_0 = 16/7 \times (S/\pi)^{3/2} \Delta \sigma$
地震モーメント	$M_0$ (N·m)	4.00E+22	$\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$
モーメントマグニチュード	$M_w$	9.0	2011年東北地方太平洋沖地震
平均すべり量	D(cm)	854.3	$D = M_0 / (\mu S)$
剛性率	$\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	4.68E+10	$\mu = \rho V_s^2$ , $\rho = 3.08 \text{g/cm}^3$ 地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
せん断波速度	$V_s$ (km/s)	3.9	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
破壊伝播速度	$V_r$ (km/s)	3.0	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)

項目		設定値	設定方法
S M G A 全 体	面積	$S_a$ (km <sup>2</sup> )	12500 $S_a = cS$ , $c = 0.125$
	地震モーメント	$M_{0a}$ (N·m)	1.00E+22 $M_{0a} = \mu D_a S_a$
	すべり量	$D_a$ (cm)	1708.6 $D_a = 2 \times D$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$ (MPa)	24.6 $\Delta \sigma_a = S/S_a \times \Delta \sigma$
	短周期レベル	$A_a$ (N·m/s <sup>2</sup> )	2.97E+20 $A_a = (\sum A_{a1}^2)^{1/2} = 5^{1/2} A_{a1}$
各 S M G A	面積	$S_{a1}$ (km <sup>2</sup> )	2500 $S_{a1} = S_a / 5$
	地震モーメント	$M_{0a1}$ (N·m)	2.00E+21 $M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / \sum S_{a1}^{1.5} = M_{0a} / 5$
	すべり量	$D_{a1}$ (cm)	1708.6 $D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	24.6 $\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	短周期レベル	$A_{a1}$ (N·m/s <sup>2</sup> )	1.33E+20 $A_{a1} = 4\pi r_1 \Delta \sigma_{a1} V_s^2$ , $r_1 = (S_{a1} / \pi)^{1/2}$
	ライズタイム	$\tau_{a1}$ (s)	8.33 $\tau_{a1} = 0.5 W_{a1} / V_r$ , $W_{a1}$ : SMGA幅
背 景 領 域	面積	$S_b$ (km <sup>2</sup> )	87500 $S_b = S - S_a$
	地震モーメント	$M_{0b}$ (N·m)	3.00E+22 $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	すべり量	$D_b$ (cm)	732.2 $D_b = M_{0b} / \mu S_b$
	応力降下量	$\Delta \sigma_b$ (MPa)	4.9 $\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$
	ライズタイム	$\tau_b$ (s)	33.33 $\tau_b = 0.5 W / V_r$ , $W$ : 断層幅
	Q値	Q	110f <sup>0.69</sup> 佐藤ほか(1994)

## ■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 $S_s$

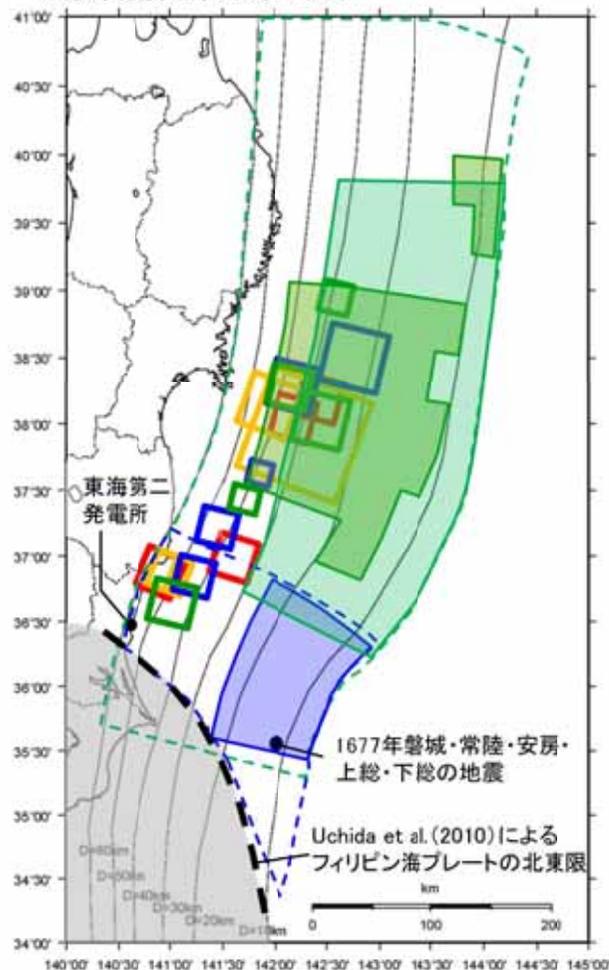
地震発生様式	検討用地震	地震規模	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動	断層モデルを用いた手法による基準地震動
内陸地殻内地震	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震	M7.6	$S_s-D_H$ (700ガル) $S_s-D_V$ (420ガル)	$S_s-1_{NS}$ (788ガル) $S_s-1_{EW}$ (728ガル) $S_s-1_{UD}$ (563ガル)
プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖地震	Mw9.0	(すべての検討用地震を包絡させて設定)	$S_s-2_{NS}$ (901ガル) $S_s-2_{EW}$ (887ガル) $S_s-2_{UD}$ (620ガル)
海洋プレート内地震	茨城県南部の地震	M7.3		他の基準地震動に包絡されるため設定していない。



■津波評価で考慮している主な波源と地震動評価で考慮している震源との関係について整理し、敷地への影響を検討する。

- 東北地方太平洋沖地震に関する内閣府(2012)等、津波インバージョン解析によるすべり量の大きな領域
- 当社の津波評価で考慮している東北地方太平洋沖型の津波波源(網掛け部は大すべり域)
- 当社の津波評価で考慮している茨城県沖に想定する津波波源(網掛け部は大すべり域)

- 東北地方太平洋沖地震の強震動生成域
- Asano and Iwata (2012)
  - Kurahashi and Irikura (2013)
  - 川辺・釜江 (2013)
  - 佐藤 (2012)



津波評価及び地震動評価で考慮している主な波源、震源

### ■津波評価、地震動評価の基本方針

過去に発生した地震や、今後発生が想定される地震等の中から敷地に与える影響の大きいものを選定し、詳細評価を行う。

### ■津波評価と地震動評価の着目点

- ・Mw9.0程度の規模の大きい地震では、大すべり域と強震動生成域が空間的に分離し、また分布の範囲も異なる。
- ・津波評価では大すべり域を海溝軸付近に配置する場合に影響が大きく、一方、地震動評価では強震動生成域を敷地に近い場所に配置するほど影響が大きい。

地震	津波評価での扱い	地震動評価での扱い
1677年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震(延宝の地震)(M8.0)	敷地に影響を及ぼした既往津波として評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央防災会議(2013)等によれば、大きな揺れの被害はなく、津波地震の可能性が高いとされている。</li> <li>・しかしながら宇佐美ほか(2013)の諸元に基づきM-Δ図で評価すると震度5程度以上となるため、地震動評価を実施</li> </ul>
2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地に影響を及ぼした既往津波として評価</li> <li>・今後発生が想定される津波として評価を実施</li> </ul>	敷地で震度5程度以上であり、また敷地に最も大きな影響を与えた地震として地震動評価を実施
茨城県沖に想定する津波波源(Mw8.5)	過去に発生していないが、今後発生が想定される津波として評価を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・東北地方太平洋沖地震の強震動生成域は、大すべり域と異なり茨城県沖にも存在し、敷地での揺れは茨城県沖の強震動生成域の影響が大きい。</li> <li>・従って、茨城県沖に想定する津波波源による地震動は東北地方太平洋沖地震の地震動で代表させることとする。</li> </ul>

表中の網掛け： 敷地に与える影響が最も大きい波源または震源

## ■プレート間結合度の分布について

- Uchida et al.(2009)は、繰り返し小地震のすべり量から推定したプレート間結合度の分布を検討し、フィリピン海プレート端部を境にして、その境より南ではプレート間結合度が低くなっているとしている。
- また、長谷川ほか(2013)では、Uchida et al.(2009)等の分析結果を踏まえ、東北地方太平洋沖地震について、「北から伝播してきた破壊が、上盤側がフィリピン海プレートに変わり、プレート間結合度が小さく、すべり遅れがほとんどない領域に入ると、そこで破壊がとまったということになる。すべり遅れのない領域には破壊が広がっていかないはずであり、すべり域の南限はそれで規定されたと考えられる。」としている。

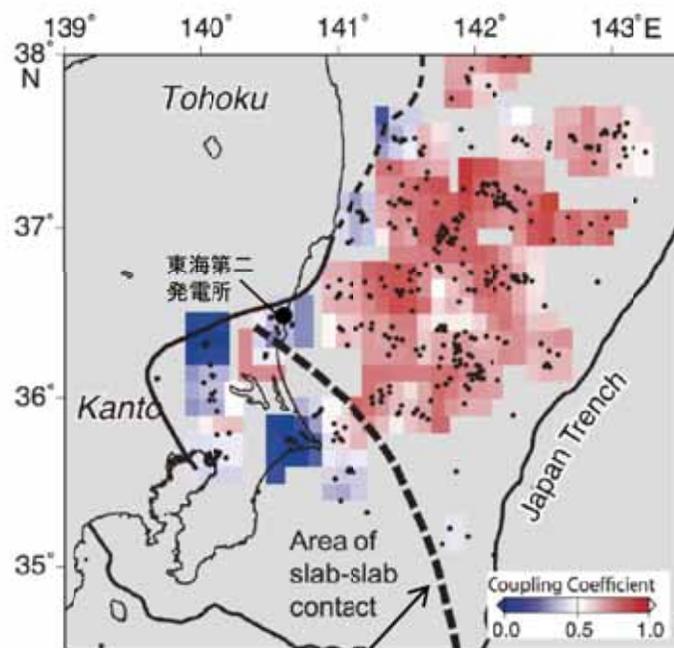


図4 繰り返し小地震のすべり量の積算から推定されたプレート間結合度の分布 (Uchida et al., 2009). 各領域で推定されたカプリング係数をカラースケールで示す。黒点は推定に用いた繰り返し小地震の各グループの位置を示す。太破線はフィリピン海プレートの北東端。

Fig. 4 Spatial distribution of interplate coupling (color) estimated from cumulative slip of repeating earthquakes sequences (Uchida et al., 2009). Black dots and thick broken curve denote locations of repeating earthquake sequences and northeastern edge of PHS plate, respectively.

フィリピン海プレート北東端

長谷川ほか(2013)に一部加筆

## プレート間結合度の分布

長谷川昭・中島淳一・内田直希・海野徳仁(2013):東京直下に沈み込む2枚のプレートと首都圏下の特異な地震活動. 地学雑誌, 122(3)398-417, 2013, doi:10.5026/jgeography.122.398

# 不確かさ重畳について



■主要な断層パラメータについて、敷地周辺のプレート間地震に関する知見等を踏まえて認識論的不確かさと偶然的不確かさに分類し、敷地での地震動に大きな影響を与えるパラメータを不確かさとして考慮する。

【認識論的不確かさ】：事前の詳細な調査や経験式などにに基づき設定できるもの ⇒ それぞれ独立させて考慮することを基本とする。

【偶然的不確かさ】：事前の詳細な調査や経験式からは設定が困難なもの ⇒ 重畳させて考慮する。

■コメントを踏まえSMGA位置の不確かさについては下記のとおり扱うこととし、SMGA位置の不確かさと短周期レベルの不確かさを重畳させることとした。

【2014年頃】：SMGA位置の不確かさは認識論的不確かさとして扱う

【2018年】：SMGA位置の不確かさは認識論的不確かさと偶然的不確かさが混在した不確かさとして扱う

評価ケース	認識論的不確かさ			偶然的不確かさ	
	断層設定位置	地震規模	短周期レベル	SMGA位置	破壊開始点
基本ケース	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	宮城県沖、福島県沖、茨城県沖で発生する地震の平均※1	東北地方太平洋沖地震のSMGAや、それぞれの領域で過去に発生したM7～M8クラスの地震の震源域を参考に配置	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
SMGA位置の不確かさ	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	宮城県沖、福島県沖、茨城県沖で発生する地震の平均※1	基本震源モデルのSMGA位置に対し、茨城県沖のSMGAを敷地に最も近い位置に移動	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
短周期レベルの不確かさ	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	基本震源モデルの1.5倍※2	東北地方太平洋沖地震のSMGAや、それぞれの領域で過去に発生したM7～M8クラスの地震の震源域を参考に配置	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
SMGA位置の不確かさと短周期レベルの不確かさの重畳	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	基本震源モデルの1.5倍※2	基本震源モデルのSMGA位置に対し、茨城県沖のSMGAを敷地に最も近い位置に移動	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3

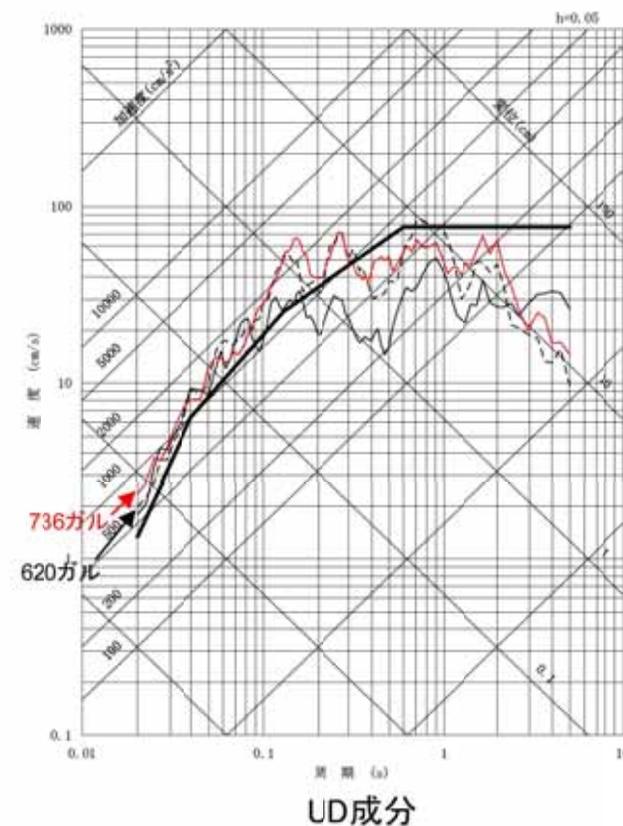
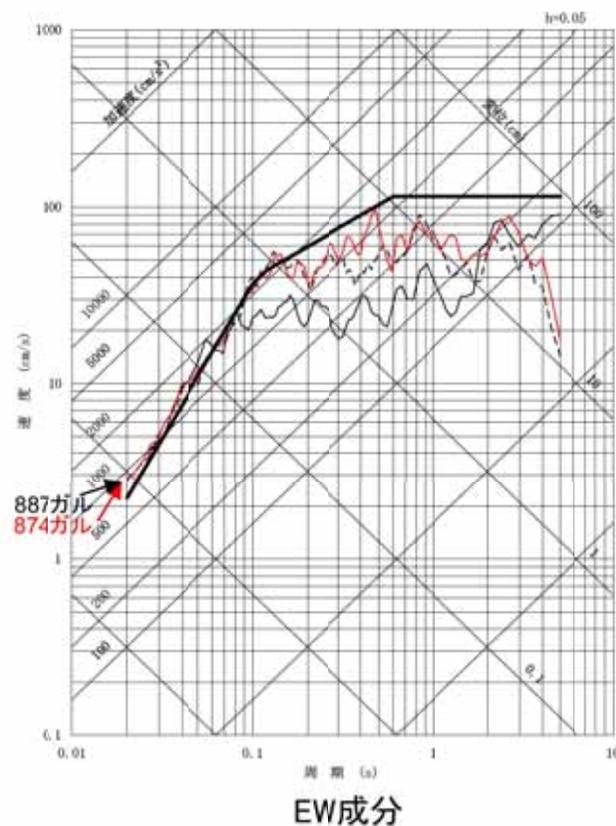
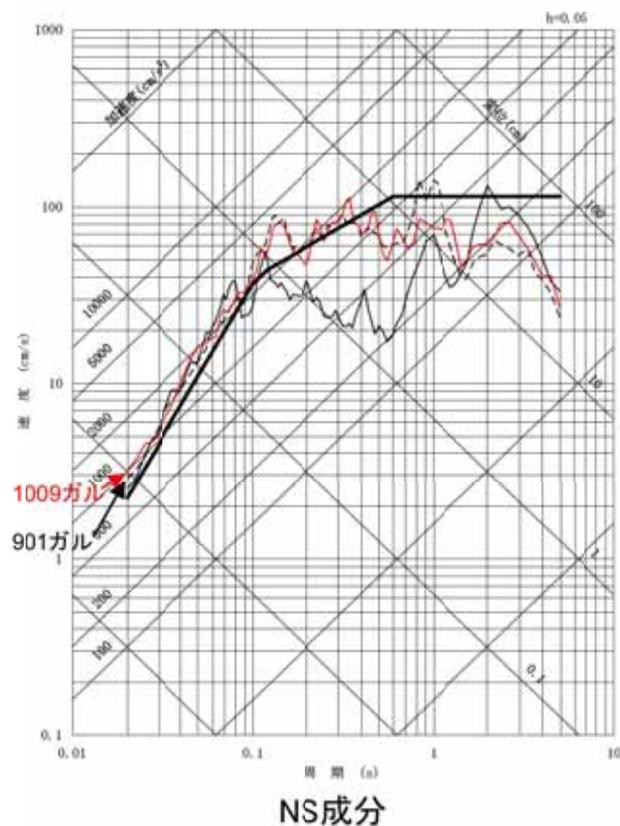
不確かさを考慮して設定するパラメータ  
 追加したケース

※1 茨城県沖で発生する地震に対しては大きめの設定となっている。

※2 すべてのSMGAの短周期レベルを1.5倍している。

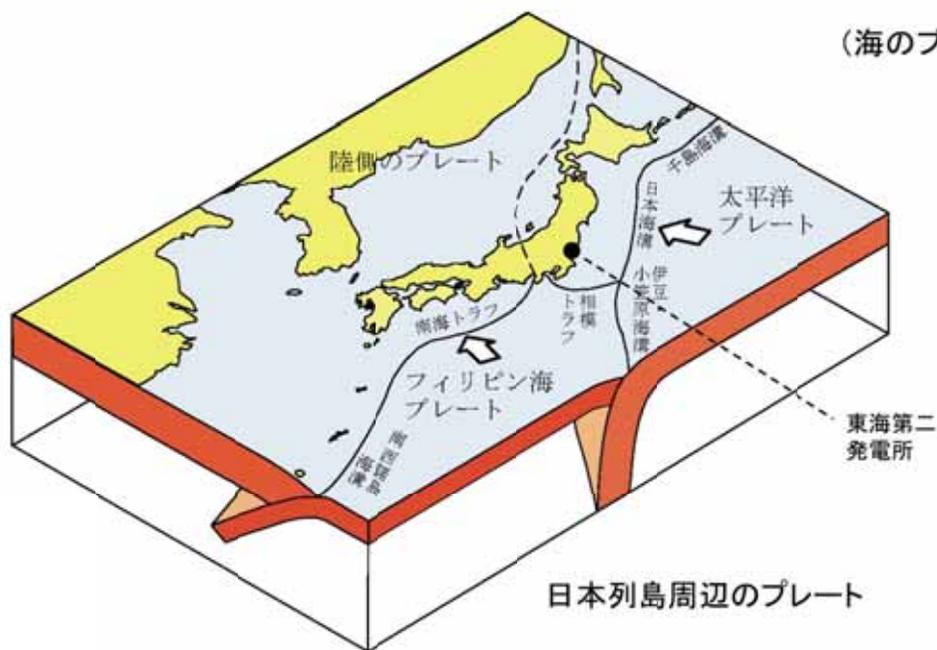
※3 破壊が敷地に向かう位置に設定されている。

■ SMGA位置と短周期レベルの不確かさを重畳させたケースは、NS成分で1009Galの地震動評価結果となり、短周期レベルの不確かさを考慮したケース(申請時Ss-2, NS成分で901Gal)を上回った。

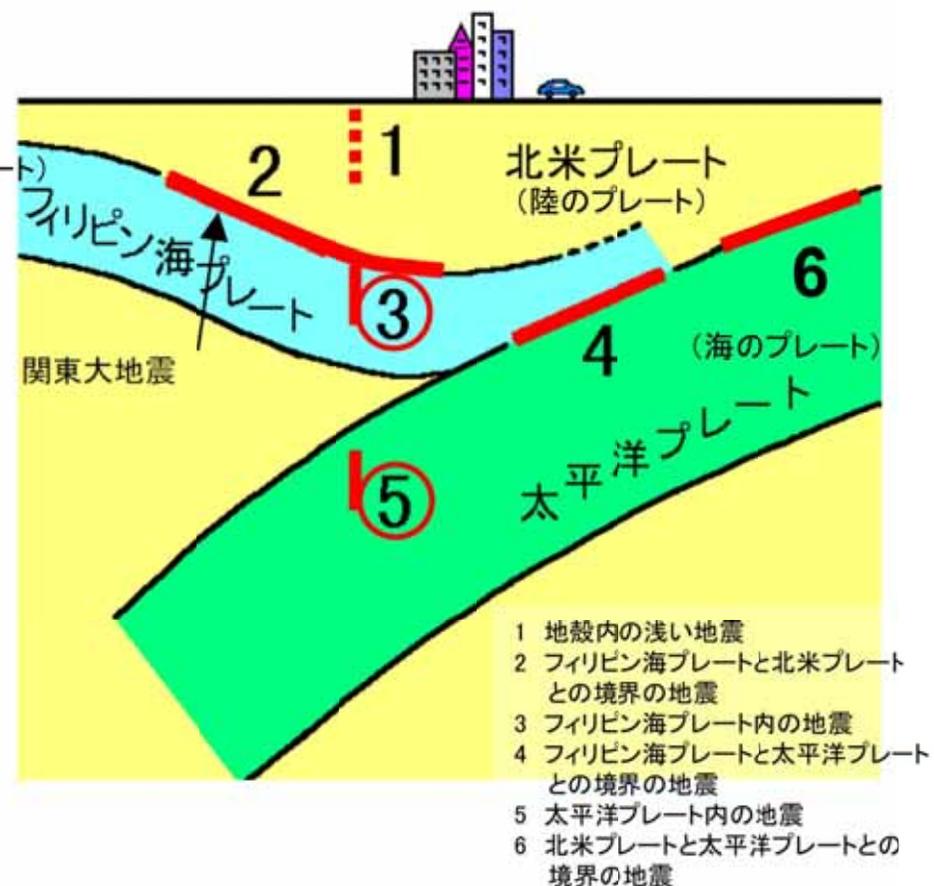


- Ss-D
  - Ss-1
  - Ss-2 短周期レベルの不確かさを考慮(NS:901Gal, EW:887Gal, UD:620Gal)
  - SMGA位置と短周期レベルの不確かさを重畳(NS:1009Gal, EW:874Gal, UD:736Gal)
- プレート間地震

## 4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち 海洋プレート内地震



日本のプレートテクトニクスモデル概念図  
(防災科学技術研究所)



南関東地域で発生する地震のタイプ  
(中央防災会議に一部加筆)

- 内陸地殻内地震は陸のプレートの内部で発生する地震で、図の1のタイプである。
- プレート間地震は異なるプレートの境界で発生する地震で、図の2, 4, 6のタイプである。
- 海洋プレート内地震は海のプレートの内部で発生する地震で、図の3, 5のタイプである。

## ■内容

- 検討用地震(敷地に最も大きな影響を与える地震)として、中央防災会議(2004)に基づいた茨城県南部の地震(M7.3)を選定
- 地震動評価ケース
  - ・基本ケース
  - ・不確かさケース 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)



## ■ポイント

- 応力降下量など、重要な断層パラメータの妥当性
- 不確かさ考慮の妥当性



## ■反映事項

- 検討用地震の候補として下記を追加
  - ・太平洋プレート内地震としてM7.3を茨城県沖に設定(地震調査研究推進本部)
  - ・太平洋プレート内地震としてM8.2を海溝寄りに設定(地震調査研究推進本部)
- 検討用地震の地震動評価において中央防災会議(2013)の知見反映(応力降下量が21MPa→62MPaに増大)
- 地震動評価ケースの追加(青字)
  - ・基本ケース
  - ・不確かさケース1 断層傾斜角(基本ケース90度→断層破壊が敷地に向かうよう傾斜)
  - ・不確かさケース2 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)
  - ・不確かさケース3 応力降下量(基本ケース62MPa→78MPa)
  - ・不確かさケース4 地震規模(基本ケースM7.3→M7.4)

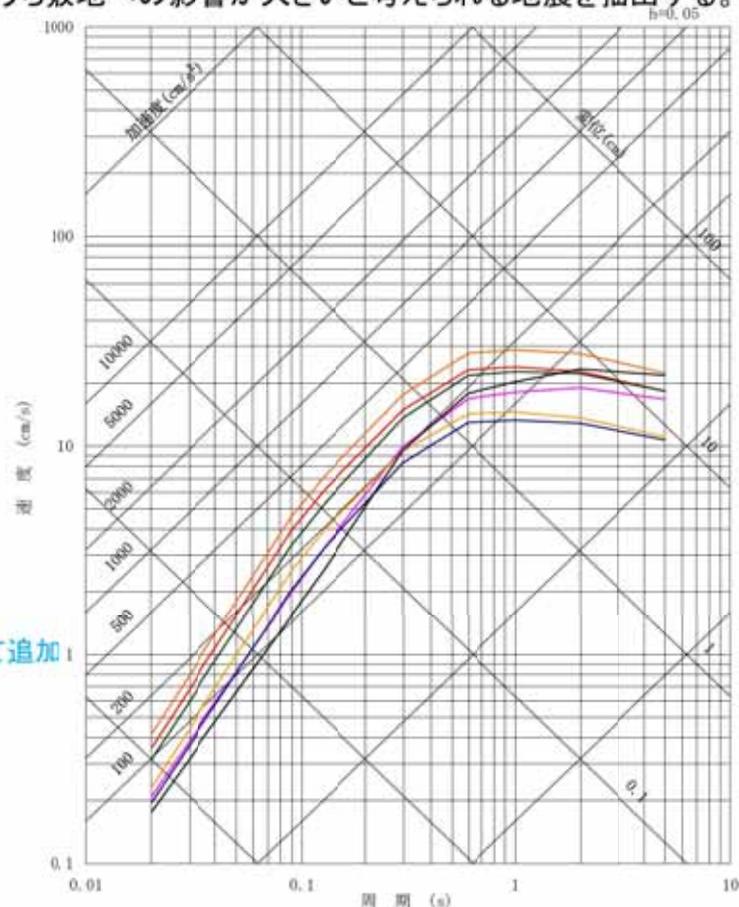
# 検討用地震の選定

■ 敷地で震度5程度以上となる過去の被害地震、各機関の想定した海洋プレート内地震のうち敷地への影響が大きいと考えられる地震を抽出する。

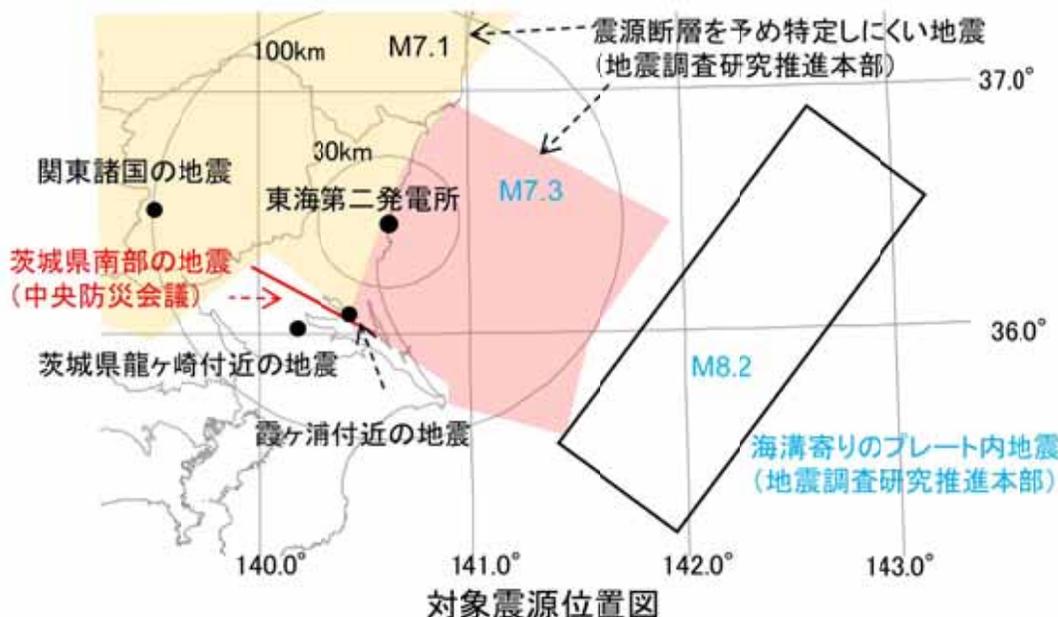
年月日	地名(地震名)	地震規模 M	等価震源距離 (km)※1	プレート	補正係数※4
818.-.-	関東諸国の地震	7.5	123	フィリピン海	考慮
1895.1.18	霞ヶ浦付近の地震	7.2	69	フィリピン海	考慮
1921.12.8	茨城県龍ヶ崎付近の地震	7.0	74	フィリピン海	考慮
-	茨城県南部の地震(中央防災会議)	7.3	69	フィリピン海	考慮
-	震源断層を予め特定しにくい地震(陸域) (地震調査研究推進本部)	7.1	89※2	太平洋	考慮
-	震源断層を予め特定しにくい地震(海域) (地震調査研究推進本部)	7.3	81※3	太平洋	考慮
-	海溝寄りのプレート内地震 (地震調査研究推進本部)	8.2	164	太平洋	

- ※1 地震カタログによる位置情報やプレート境界等深線等に基づいて算出
- ※2 敷地直下のプレート境界から30km下方に震源を想定して算出
- ※3 敷地からプレート境界最短となる線上でプレート境界から30km下方に震源を想定して算出
- ※4 陸域寄りの場所で発生した海洋プレート内地震による補正係数

審査コメントを踏まえて追加



- 関東諸国の地震, M7.5, Xeq=123km
- 霞ヶ浦付近の地震, M7.2, Xeq=69km
- 茨城県龍ヶ崎付近の地震, M7.0, Xeq=74km
- 茨城県南部の地震(中央防災会議), M7.3, Xeq=69km
- 震源断層を予め特定しにくい地震(陸域), M7.1, Xeq=89km
- 震源断層を予め特定しにくい地震(海域), M7.3, Xeq=81km
- 海溝寄りのプレート内地震(地震調査研究推進本部), M8.2, Xeq=164km



検討用地震としてフィリピン海プレート内地震である茨城県南部の地震(M7.3, 中央防災会議)を選定した。

## ■基本震源モデルの設定

中央防災会議(2004)「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書で想定されている茨城県南部のフィリピン海プレート内地震を参考に設定する。

### 地震規模

同報告書に基づき、Mj7.3とする。

### 断層面の位置・形状

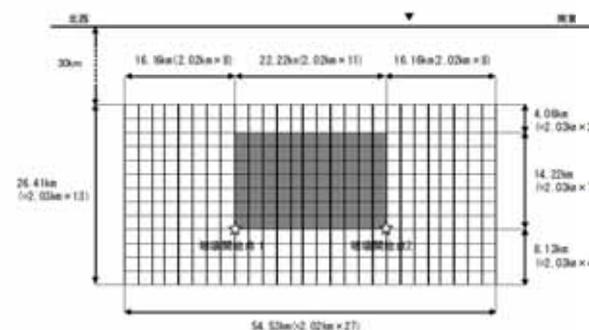
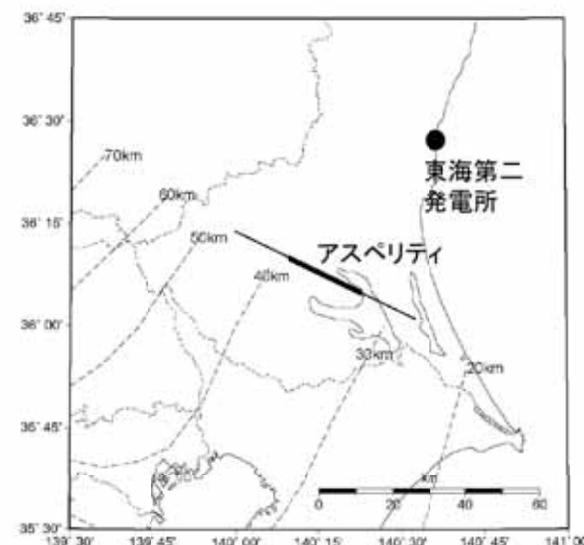
- ・断層位置は、同報告書の茨城県南部のプレート境界地震の断層面の北端(フィリピン海プレートの敷地に最も近い位置)とした。
- ・断層傾斜角は同報告書を基に90度とした。

### 断層面の深さ

同報告書(図表集)によるフィリピン海プレートの上面位置となる深さ30kmに設定する。

### アスペリティの位置

同報告書(図表集)による東京湾北部直下のプレート内地震のモデルを参考に、断層の中央に設定する。

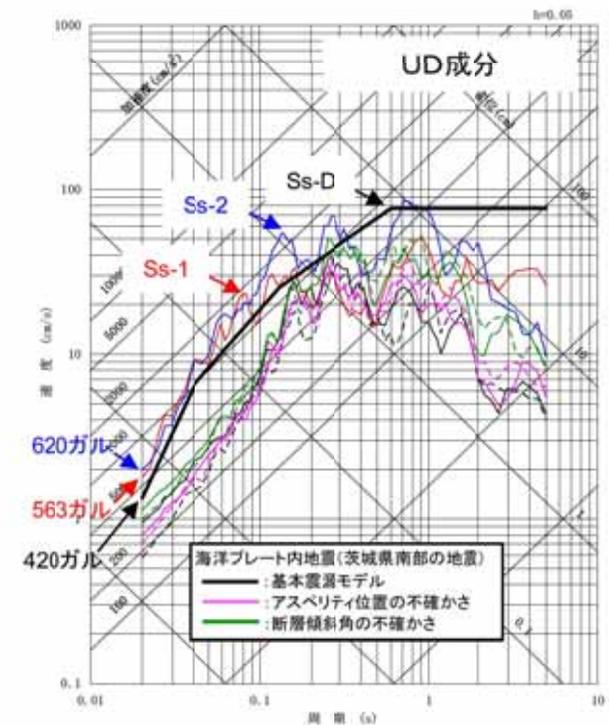
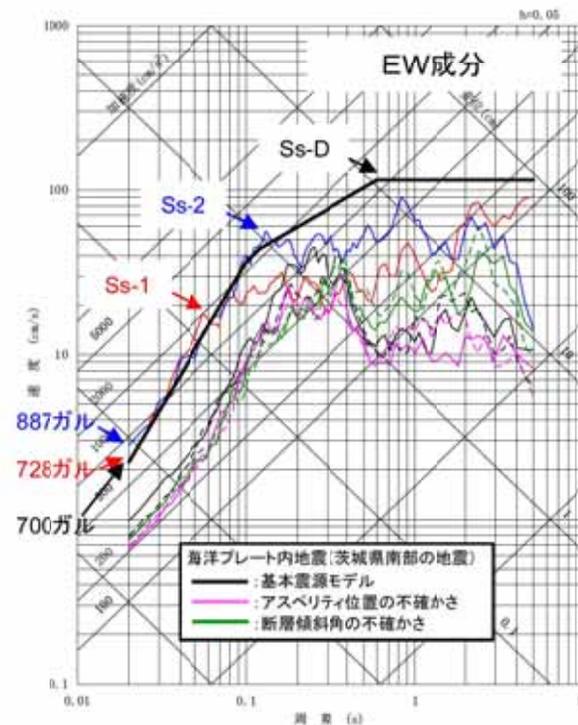
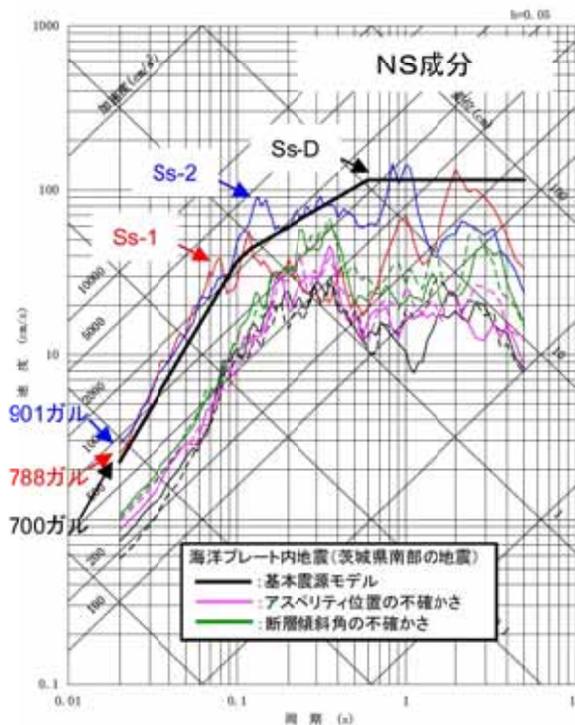


基本震源モデル

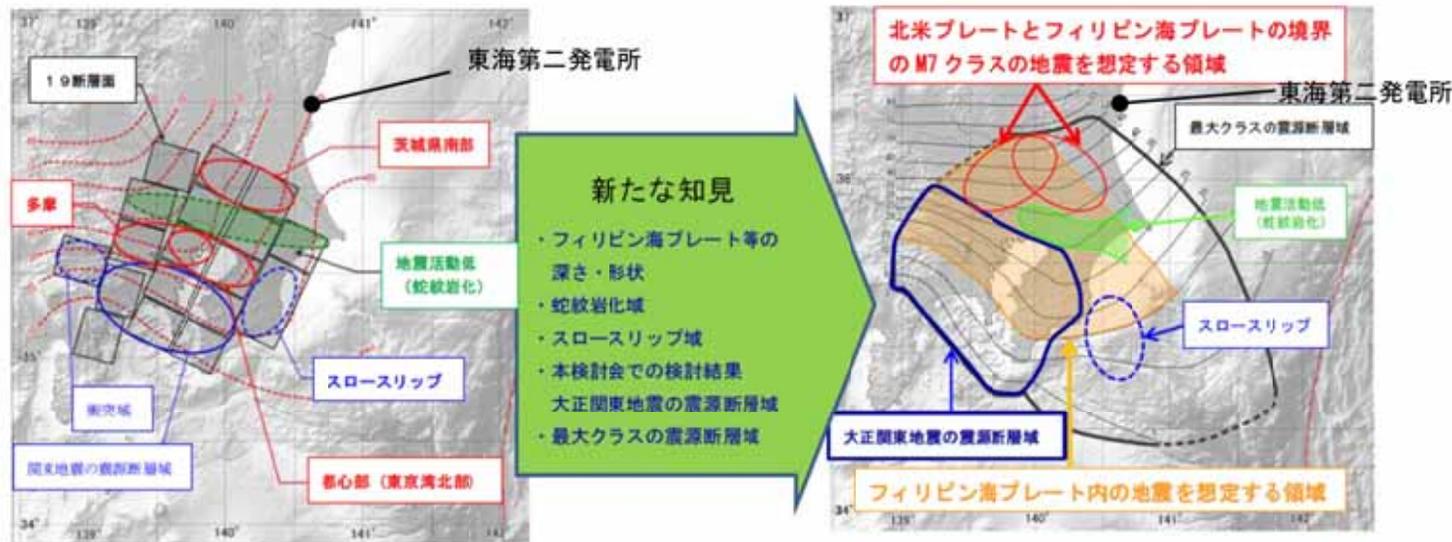
中央防災会議(2004):中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書,平成16年11月  
 中央防災会議(2004):中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書(図表集),平成16年11月

## ■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 $S_s$

地震発生様式	検討用地震	地震規模	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動	断層モデルを用いた手法による基準地震動
内陸地殻内地震	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震	M7.6	$S_s - D_H$ (700ガル) $S_s - D_V$ (420ガル) (すべての検討用地震を包絡させて設定)	$S_s - 1_{NS}$ (788ガル) $S_s - 1_{EW}$ (728ガル) $S_s - 1_{UD}$ (563ガル)
プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖地震	Mw9.0		$S_s - 2_{NS}$ (901ガル) $S_s - 2_{EW}$ (887ガル) $S_s - 2_{UD}$ (620ガル)
海洋プレート内地震	茨城県南部の地震	M7.3		他の基準地震動に包絡されるため設定していない。



■中央防災会議(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」では、中央防災会議(2004)以降の新たな知見を考慮し、フィリピン海プレートの深さ・形状の見直しや各震源の見直しがされている。



大正関東地震の震源断層域の拡大 ⇒ プレート境界地震の東京湾北部地震、多摩地震を対象外  
 ⇒ 首都直下のM7クラスの地震としてフィリピン海プレート内地震を想定※  
 ※前回検討では、フィリピン海プレート内の地震は、その震度分布はプレート境界の地震に震度分布が包含されるとして検討対象外としていた。  
 蛇紋岩化の領域の縮小 ⇒ プレート境界型の地震として茨城・埼玉県境地震を追加

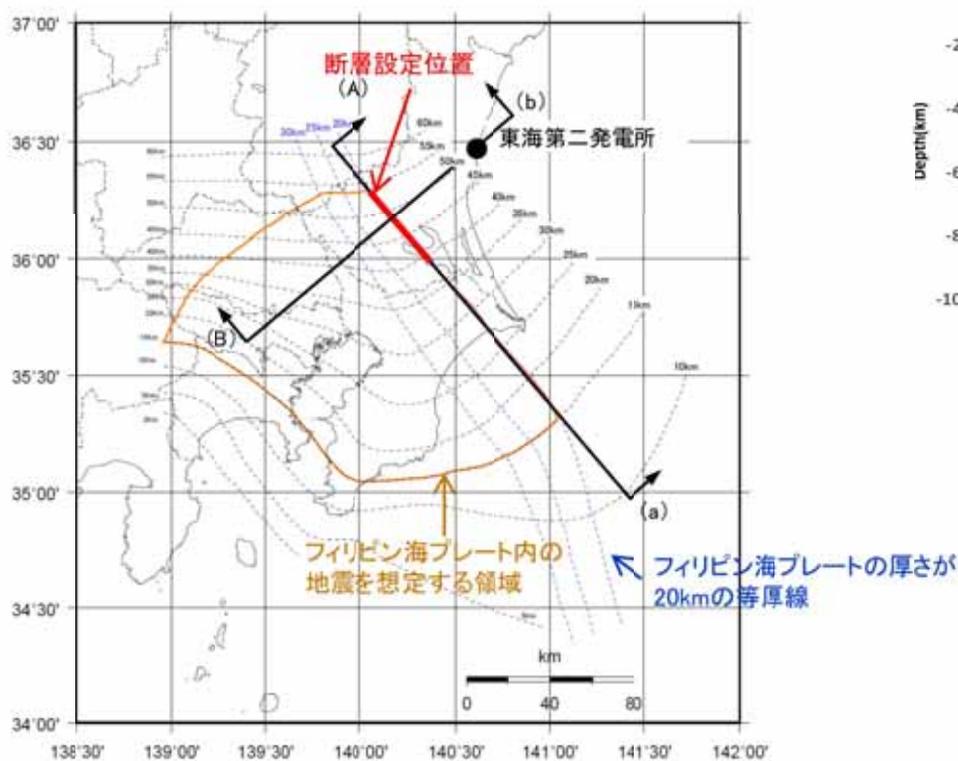
中央防災会議(2013)で新たに考慮された知見

中央防災会議(2013)に一部加筆

中央防災会議(2013):首都直下地震モデル検討会「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」,平成25年12月

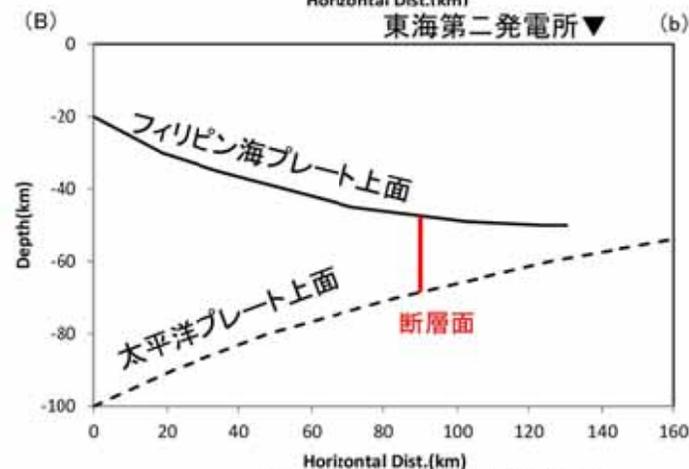
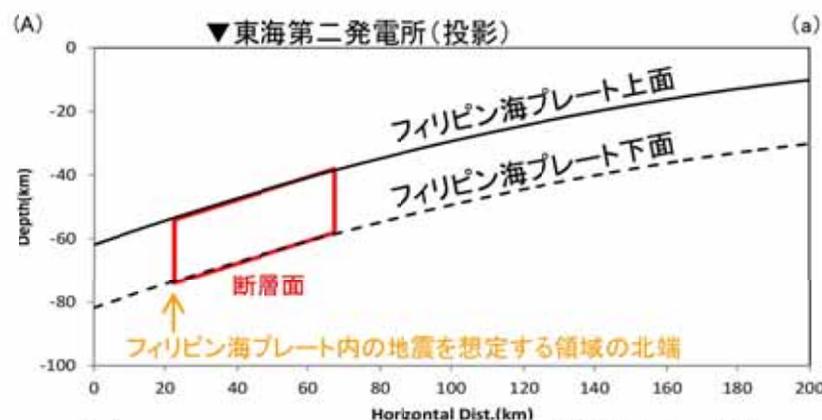
## ■基本震源モデルの断層面位置・形状

- ・海洋プレート内地震の発生位置については事前情報が乏しいので、断層中心と敷地の投影位置が概ね一致するように配置することを基本とする。
- ・中央防災会議(2013)では、フィリピン海プレート内の地震はプレートの厚さが20km以上となる左図の「フィリピン海プレート内の地震を想定する領域」で発生するとしているため、その範囲に断層面を設定する。
- ・上記に従い、プレートの厚さが20kmの等厚線に沿って断層幅と断層長さの比を概ね1:2とし、傾斜角90度として設定する。
- ・断層位置・形状の設定に際しては、次頁以降に示す長谷川ほか(2013)の知見も参考とする。



断層設定位置

※フィリピン海プレートの等深線は中央防災会議(2013)を基に作成



断層設定位置(模式図)

## ■断層パラメータ(基本震源モデル)

項目		設定値	設定方法
基準点 (断層北西端)	N(度)	36.291	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端
	E(度)	140.06	
上端深さ	h(km)	38~54	フィリピン海プレートの上面位置
気象庁マグニチュード*	M <sub>j</sub>	7.3	M <sub>j</sub> =M <sub>w</sub>
モーメントマグニチュード*	M <sub>w</sub>	7.3	中央防災会議(2013)
地震モーメント	M <sub>0</sub> (N・m)	1.12E+20	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1
走向	θ(度)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域
傾斜角	δ(度)	90	中央防災会議(2013)
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)
すべり角	λ(度)	180	長谷川ほか(2013)
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	900	中央防災会議(2013)
長さ	L(km)	45	L=S/W
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ
密度	ρ(g/cm <sup>3</sup> )	2.875	μ=ρV <sub>s</sub> <sup>2</sup>
せん断波速度	V <sub>s</sub> (km/s)	4.0	佐藤(2003)
剛性率	μ(N/m <sup>2</sup> )	4.6E+10	中央防災会議(2013)
平均すべり量	D(m)	2.55	D=M <sub>0</sub> /(μS)
破壊伝播速度	V <sub>r</sub> (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)

項目		設定値	設定方法
ア ス ベ リ テ イ	面積	S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	150 中央防災会議(2013)
	すべり量	D <sub>a</sub> (m)	5.1 D <sub>a</sub> =2D
	地震モーメント	M <sub>0a</sub> (N・m)	3.52E+19 M <sub>0a</sub> =μD <sub>a</sub> S <sub>a</sub>
	応力降下量	Δσ <sub>a</sub> (MPa)	62 中央防災会議(2013)
	短周期レベル(参考)	A(N・m/s <sup>2</sup> )	8.61E+19 A <sub>a</sub> =4πr <sub>s</sub> Δσ <sub>a</sub> V <sub>s</sub> <sup>2</sup>
背 景 領 域	面積	S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	750 S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	すべり量	D <sub>b</sub> (m)	2.23 D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /(μS <sub>b</sub> )
	地震モーメント	M <sub>0b</sub> (N・m)	7.7E+19 M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	実効応力	Δσ <sub>b</sub> (MPa)	12.4 Δσ <sub>b</sub> =0.2Δσ <sub>a</sub>
Q値		Q	110f <sup>0.69</sup> 佐藤(1994)

# 不確かさの考慮について



■不確かさの検討の要否を踏まえ、基本震源モデルに対し、地震動評価の観点から影響が大きいと考えられるパラメータに対し不確かさを考慮する。認識論的不確かさについては単独で考慮し、偶然的不確かさについては重畳させて考慮する。

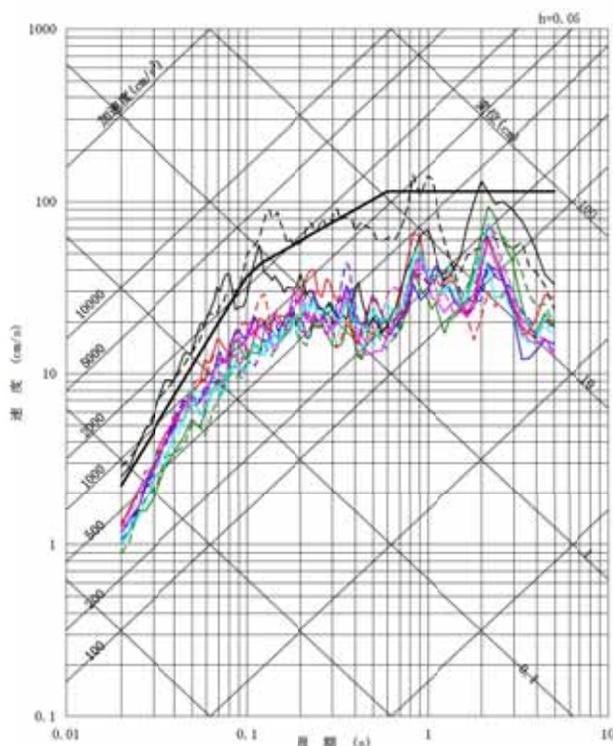
評価ケース	認識論的不確かさ			偶然的不確かさ		
	地震規模	断層傾斜角	応力降下量	アスペリティ位置	震源位置※2	破壊開始点
基本震源モデル	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模である Mw7.3※1	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
断層傾斜角の不確かさ	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模である Mw7.3※1	敷地へ向く傾斜角37度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
アスペリティ位置の不確かさ	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模である Mw7.3※1	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	断層上端に設定	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
応力降下量の不確かさ(笹谷ほか(2006)に基づく)	中央防災会議(2013)で想定されている最大規模である Mw7.3※1	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	77.59MPaに設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定
地震規模の不確かさ	2004年紀伊半島南東沖地震を参考にMw7.4	中央防災会議(2013)に基づき90度に設定	中央防災会議(2013)に基づき62MPa※1に設定	海洋性マンタルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地から十分近い位置	アスペリティ下端に複数設定

※1 地震規模、アスペリティの応力降下量については、1855年安政江戸地震の最大震度を再現する強震断層モデル(それぞれMw7.2, 52MPa)に2割程度の大きな地震を想定し、それぞれMw7.3, 62MPaとしている。

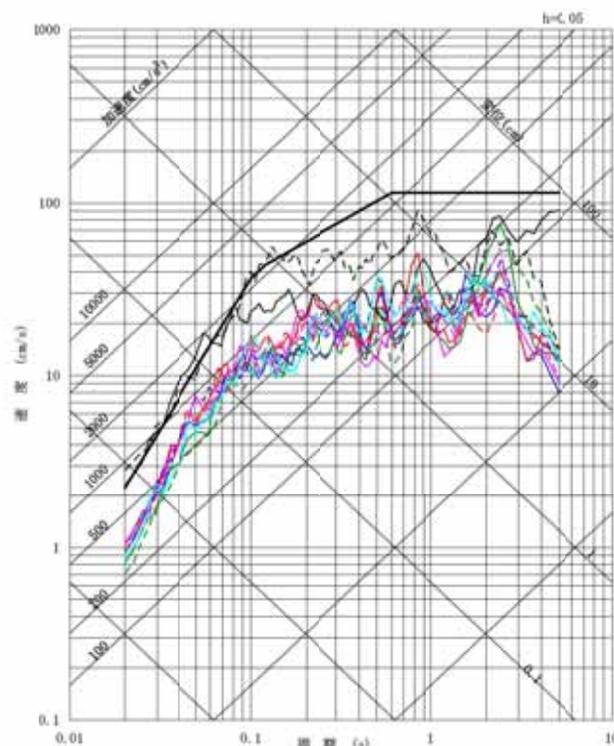
※2 震源位置を敷地に十分近く設定することにより、予め不確かさを考慮した。また、震源域付近のフィリピン海プレートの厚さを考慮し、断層上端をプレート上面に合わせて設定した。

- 基本震源モデルの設定の段階で予め不確かさを考慮するパラメータ
- 不確かさを考慮して設定するパラメータ

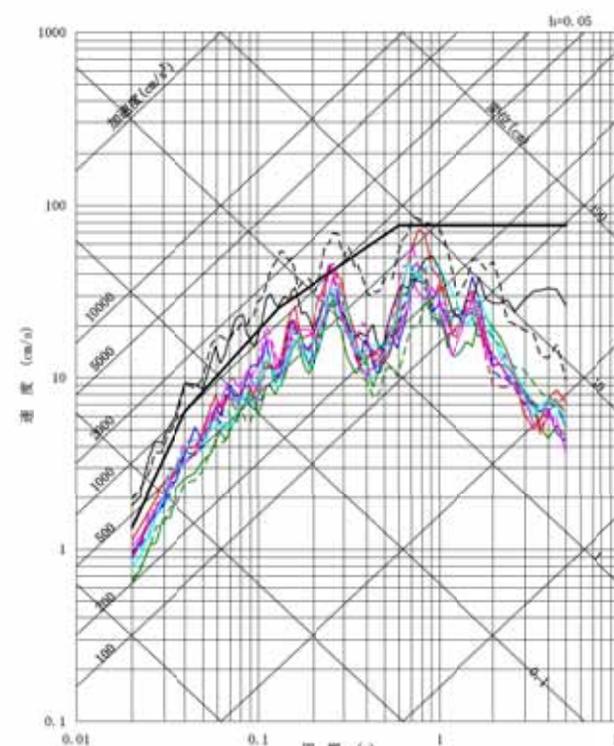
■茨城県南部の地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価は、基準地震動 $S_s$ に包絡される結果となった。



NS成分



EW成分



UD成分

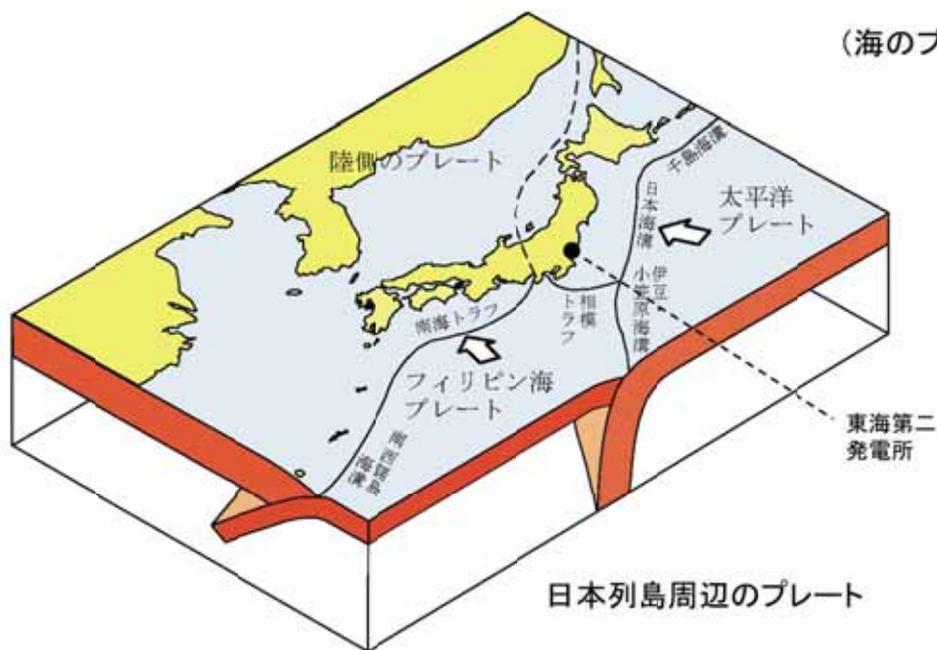
- 基本震源モデル
- 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース
- アスぺリティ位置の不確かさを考慮したケース
- 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- 地震規模の不確かさを考慮したケース

〔実線:破壊開始点1  
破線:破壊開始点2〕

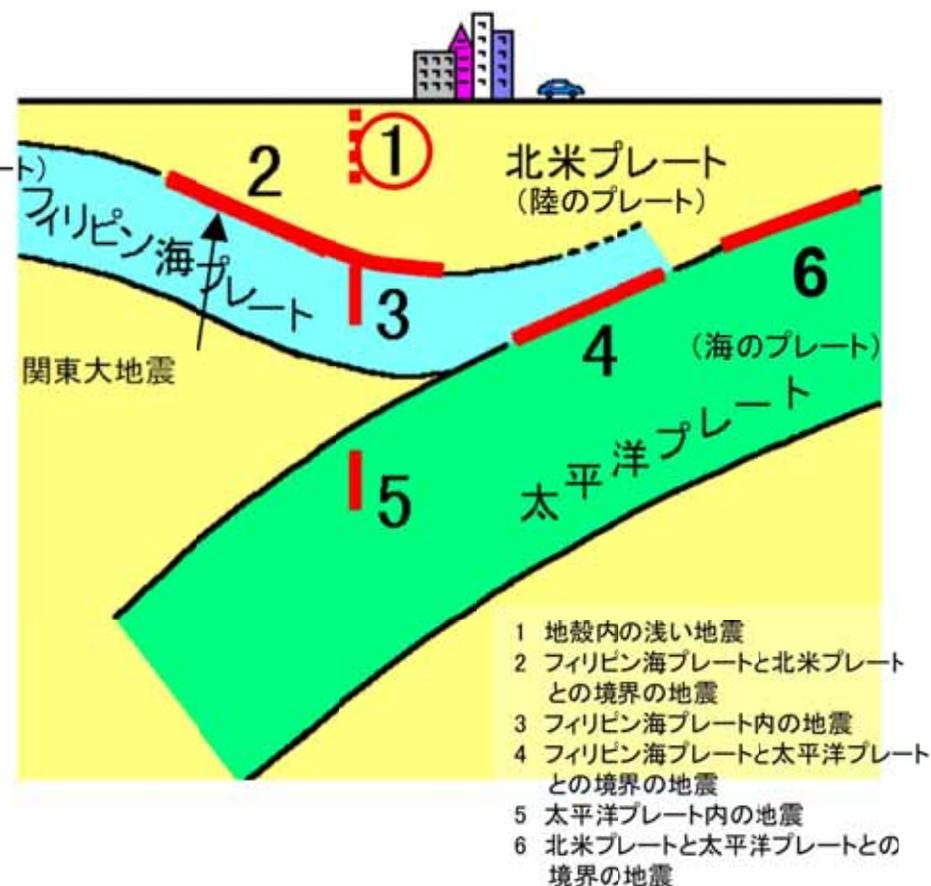
- $S_s$ -D(応答スペクトルに基づく手法による各評価結果を包絡し策定)
- $S_s$ -1(F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさを考慮))
- $S_s$ -2(2011年東北地方太平洋沖地震(短周期レベルの不確かさを考慮))

※基準地震動 $S_s$ は設置変更許可申請時のものを記載している。

## 5. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち 内陸地殻内地震について



日本のプレートテクトニクスモデル概念図  
(防災科学技術研究所)



南関東地域で発生する地震のタイプ  
(中央防災会議に一部加筆)

- 内陸地殻内地震は陸のプレートの内部で発生する地震で、図の1のタイプである。
- プレート間地震は異なるプレートの境界で発生する地震で、図の2, 4, 6のタイプである。
- 海洋プレート内地震は海のプレートの内部で発生する地震で、図の3, 5のタイプである。

## ■内容

- 検討用地震(敷地に最も大きな影響を与える地震)としてF1断層、北方陸域の断層の連動(長さ44km, M7.6)を選定
- 地震動評価ケース
  - ・基本ケース
  - ・不確かさケース 短周期レベル(基本ケースに対して1.5倍) → 基準地震動Ss-1(788gal)に選定

## ■ポイント

- アスペリティ位置の妥当性
- 破壊開始点位置の妥当性

震源モデルの見直し

断層長さの見直し: 44km→58km

(「敷地周辺及び近傍の地質・地質構造」で審議)

## ■反映事項

- 破壊開始点位置を追加(どの評価ケースでも共通に考慮)するとともに、アスペリティ位置の不確かさをケースを追加(青字)
- ・基本ケース
  - ・不確かさケース1 強震動生成域の位置(敷地最短位置に設定)
  - ・不確かさケース2 短周期レベル(基本ケースに対して1.5倍)
  - ・不確かさケース3 傾斜角(基本ケースの60度に対して45度)
  - ・不確かさケース4 **アスペリティ位置(断層端部に配置)**

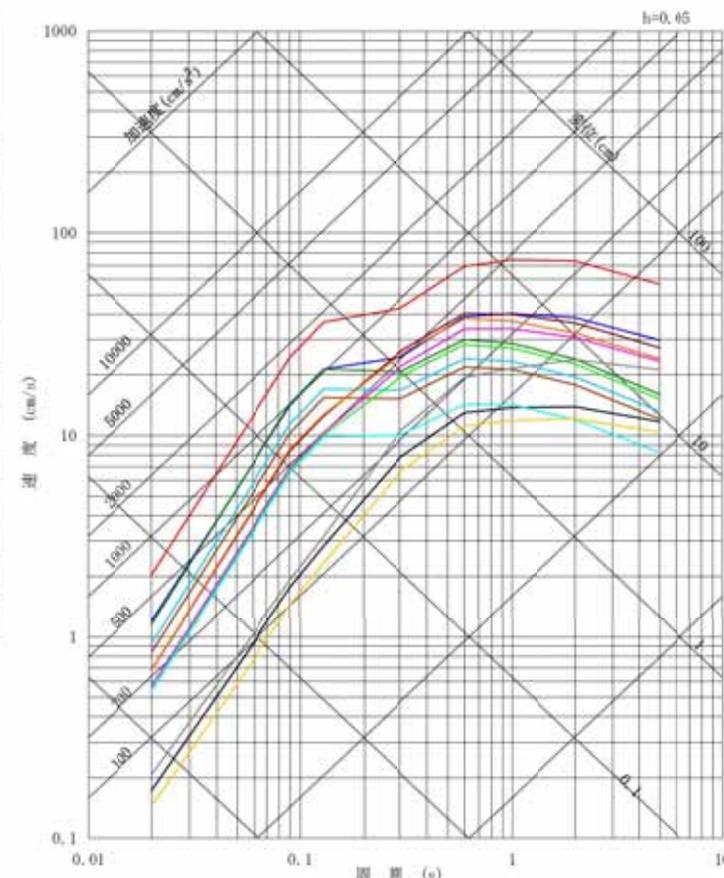
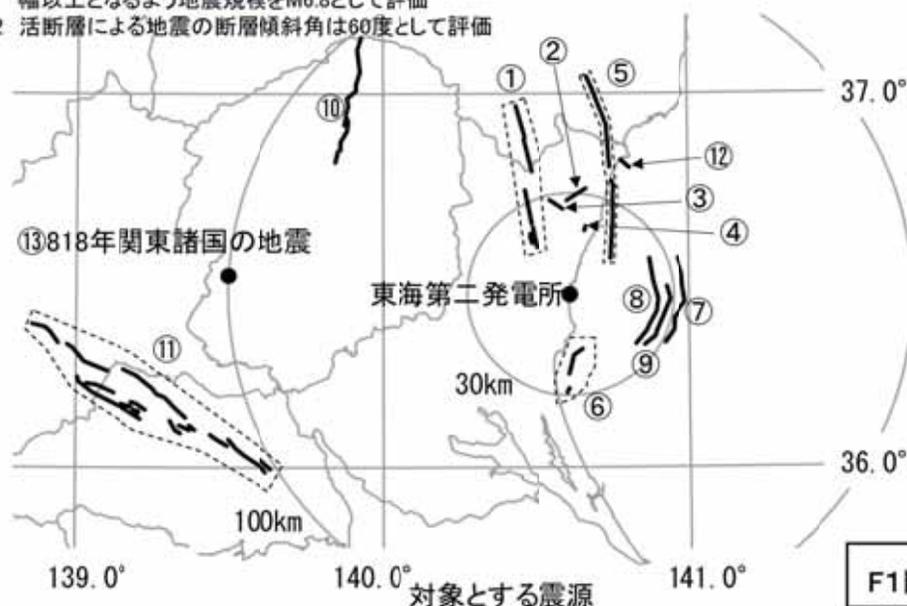
# 検討用地震の選定

■敷地で震度5程度以上となる活断層及び過去の被害地震を抽出する。

地震名		長さ (km)	地震規模 M	断層上端深さ (km)	等価震源距離 (km) <sup>※2</sup>	補正係数
活断層による地震	① 棚倉破砕帯東縁断層, 同西縁断層の連動	42	7.5	3	37	考慮
	② 関口一米平リニアメント	6	6.8 <sup>※1</sup>	3	27	考慮
	③ 堅破山リニアメント	4	6.8 <sup>※1</sup>	3	25	考慮
	④ 宮田町リニアメント	1	6.8 <sup>※1</sup>	3	21	考慮
	⑤ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動	58	7.8	3	31	考慮
	⑥ F3断層, F4断層の連動	16	6.8	5	22	
	⑦ F8断層	26	7.2	5	26	
	⑧ F16断層	26	7.2	5	30	
	⑨ A-1背斜	20	7.0	5	22	
	⑩ 関谷断層	40	7.5	5	92	
	⑪ 関東平野北西縁断層帯	82	8.0	5	130	
	⑫ F11断層	5	6.8 <sup>※1</sup>	3	38	考慮
被害地震	⑬ 818年関東諸国の地震	-	7.5	-	102	

※1 長さの短い断層については、地表で認められる断層長さが震源断層の長さを示さない可能性を踏まえ、震源断層の長さが断層幅以上となるよう地震規模をM6.8として評価

※2 活断層による地震の断層傾斜角は60度として評価



- ① 棚倉破砕帯東縁断層, 同西縁断層の連動, M7.5, Xeq=37km
- ② 関口一米平リニアメント, M6.8, Xeq=27km
- ③ 堅破山リニアメント, M6.8, Xeq=25km
- ④ 宮田町リニアメント, M6.8, Xeq=21km
- ⑤ F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動, M7.8, Xeq=31km
- ⑥ F3断層, F4断層, M6.8, Xeq=22km
- ⑦ F8断層, M7.2, Xeq=26km
- ⑧ F16断層, M7.2, Xeq=30km
- ⑨ A-1背斜, M7.0, Xeq=22km
- ⑩ 関谷断層, M7.5, Xeq=92km
- ⑪ 関東平野北西縁断層帯, M8.0, Xeq=130km
- ⑫ F11断層, M6.8, Xeq=38km
- ⑬ 818年関東諸国の地震, M7.5, Xeq=102km

内陸地殻内地震の地震動の応答スペクトル (Noda et al.(2002)の手法に補正係数を考慮)

F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震を検討用地震として選定した。