
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2回)
ご説明資料
(補足説明)

平成26年12月9日
日本原子力発電株式会社

新たな安全対策のうち、自然現象対策(地震, 津波, 火山, 竜巻等)

- | | | |
|--------------|---|-----------------|
| 1. 地質・地質構造 | } | 今のご説明 |
| 2. 地震動 | | |
| 3. 耐震裕度向上 | } | 次回以降のご説明 |
| 4. 安定性評価 | | |
| 5. 津波の評価 | } | 今のご説明 |
| 6. 耐津波設計 | | |
| (1) 防潮堤高さの検討 | } | 次回以降のご説明 |
| (2) その他の防護対策 | | |
| 7. 火山の影響評価 | } | 評価の考え方について今のご説明 |
| 8. 竜巻の評価 | | |
| 9. 森林火災等の評価 | } | 今のご説明 |

地質・地質構造(1/7)

2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

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。

* 破砕帯を覆う地層(上載地層)の年代を特定することにより、破砕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。

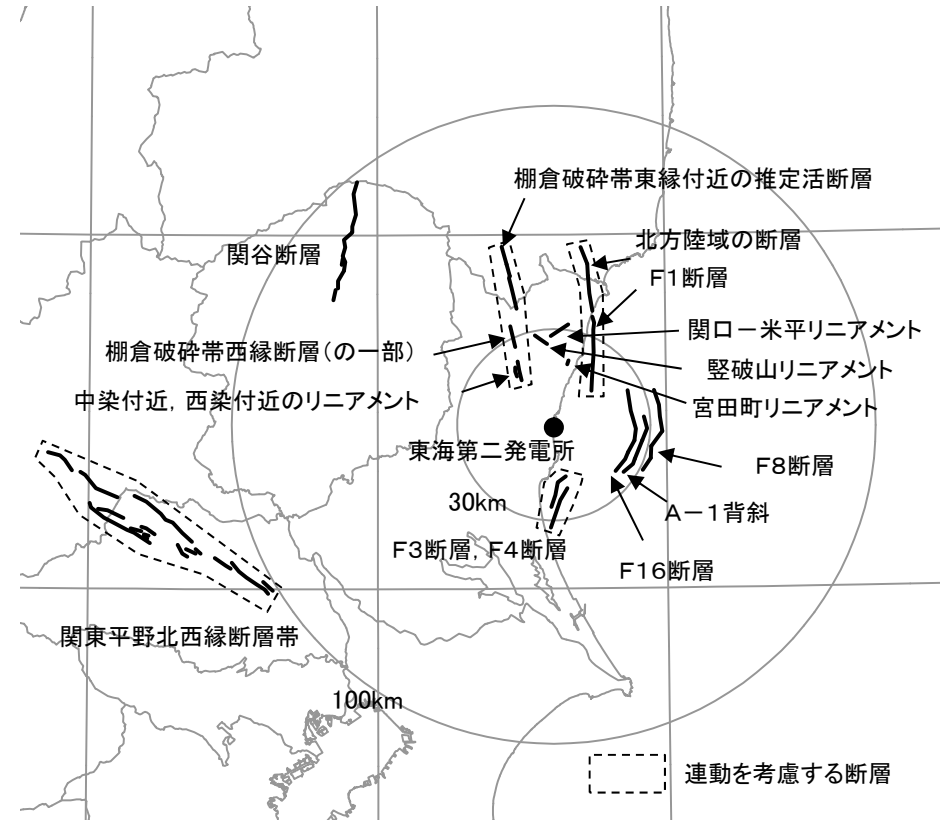
地質・地質構造(2/7)

敷地周辺及び近傍

検討用地震の選定に用いる内陸地殻内地震の諸元

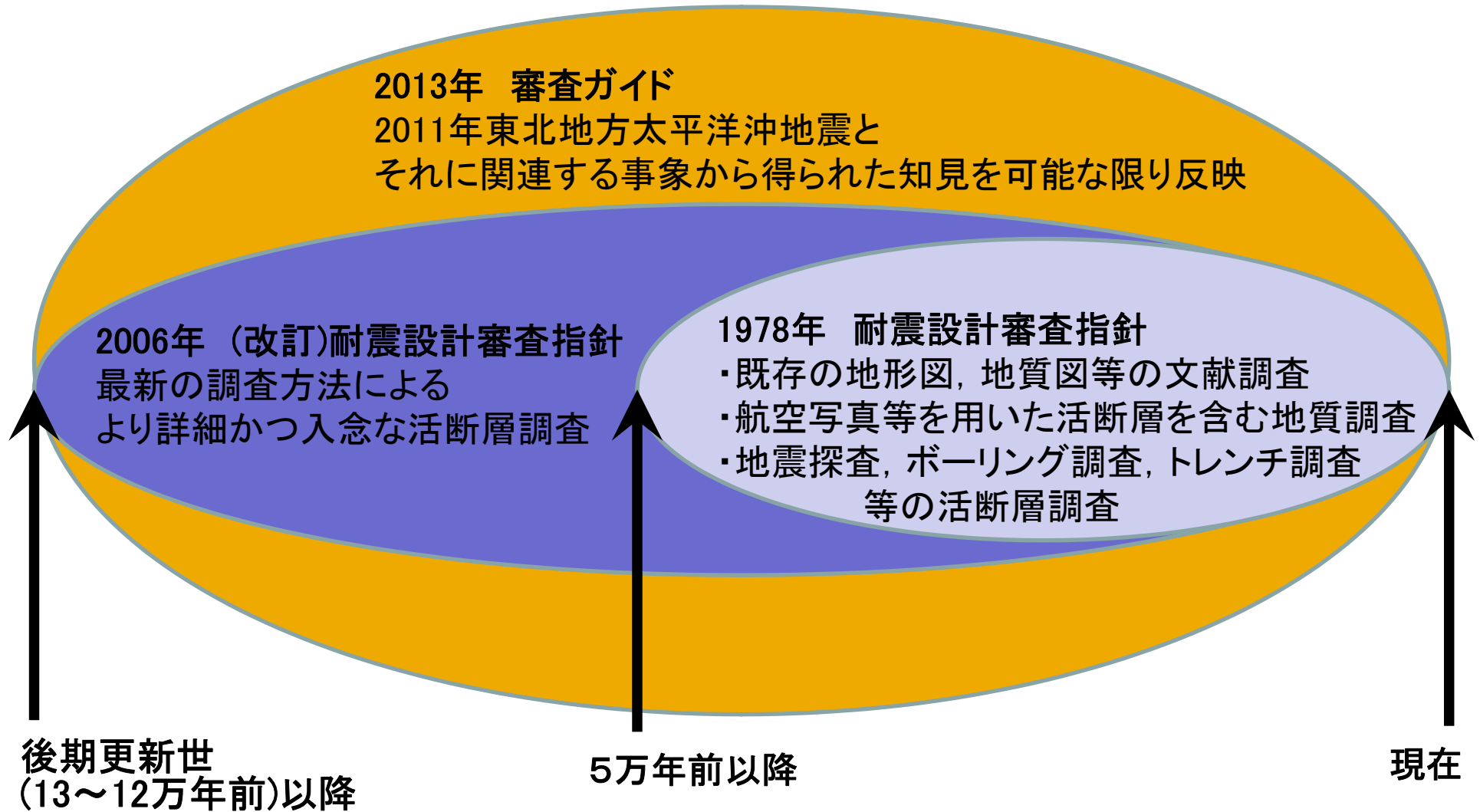
断層名	長さ (km)	地震 規模 M	等価 震源 距離 (km)
棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層, 棚倉破砕帯西縁断層(の一部), 中 染付近, 西染付近のリニアメントの 連動	42	7.5	37
関口一米平リニアメント	6	6.8※	27
豎破山リニアメント	4	6.8※	26
宮田町リニアメント	1	6.8※	22
F1断層, 北方陸域の断層の連動	44	7.6	28
F3断層, F4断層の連動	16	6.8	22
F8断層	26	7.2	26
F16断層	26	7.2	30
A-1背斜	20	7.0	22
関谷断層	40	7.5	92
関東平野北西縁断層帯	82	8.0	130

※：長さの短い断層については、地震規模をM6.8として評価



対象断層位置図

地質・地質構造(3/7)

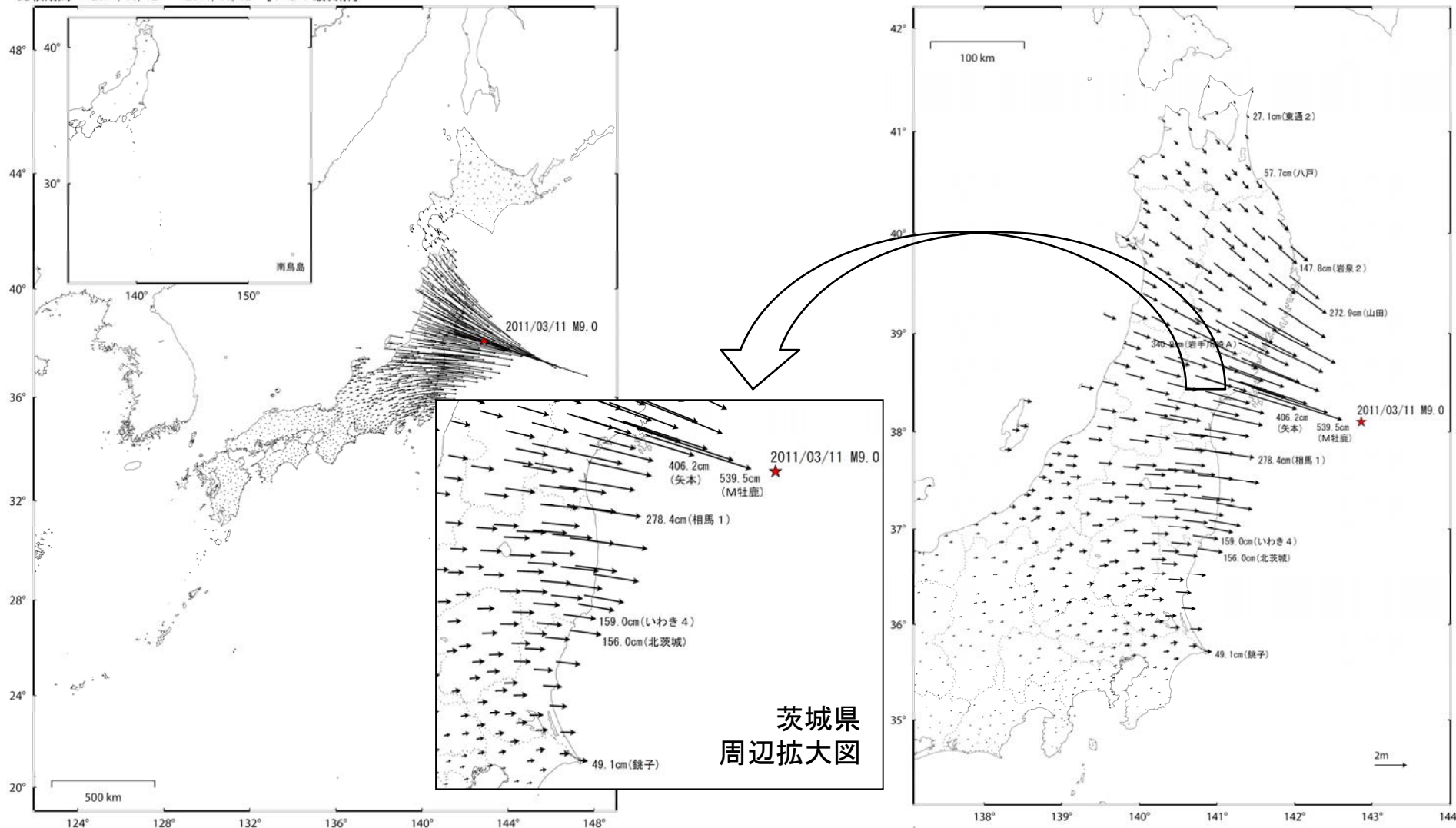


地質・地質構造(4/7) 東北地方太平洋沖地震(M9.0)による地殻変動(水平)

固定局: 福江(長崎県)
国土地理院

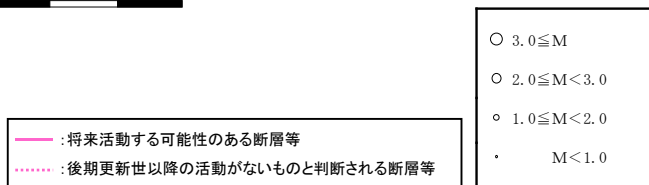
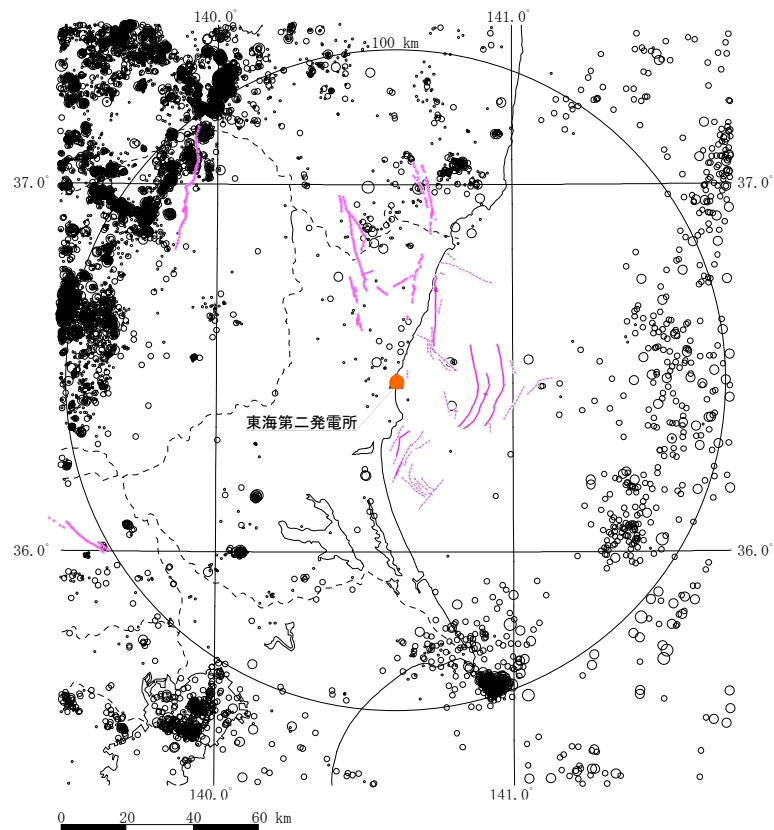
基準期間: 2011/03/10 -- 2011/03/10 [F3: 最終解]
比較期間: 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3: 最終解]

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]

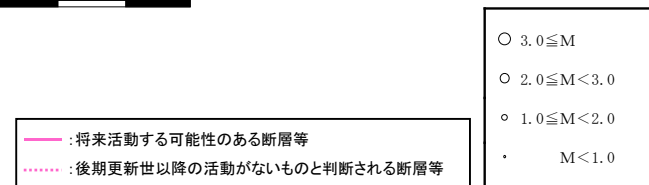
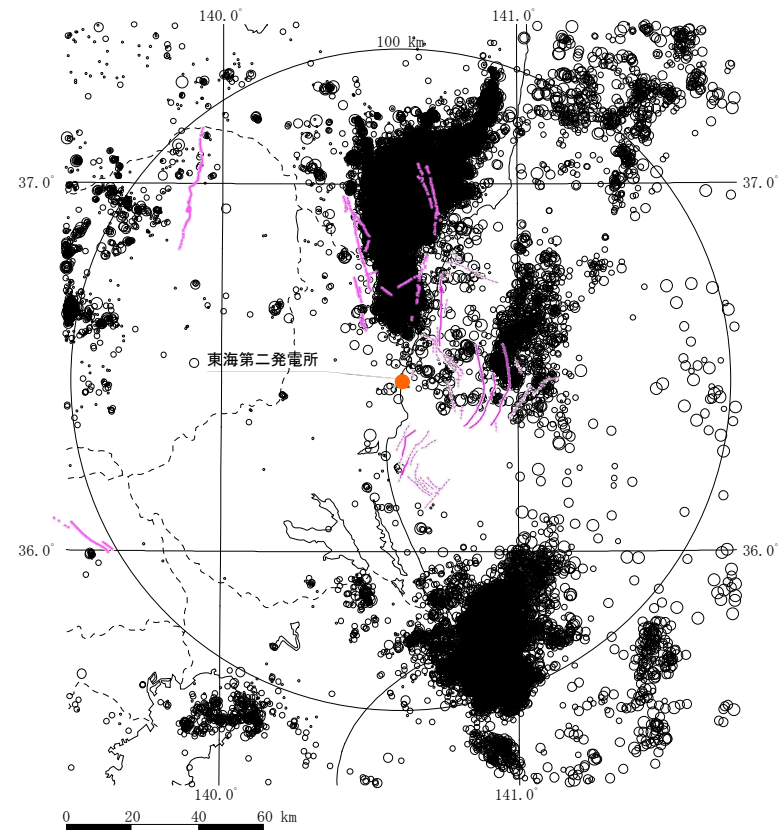


「関東・中部地方は3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動が見られます。(国土地理院)」とされている。東海第二発電所周辺の北茨城においては、156.0cmの地殻変動量(水平)となっている。

地質・地質構造(5/7) 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)



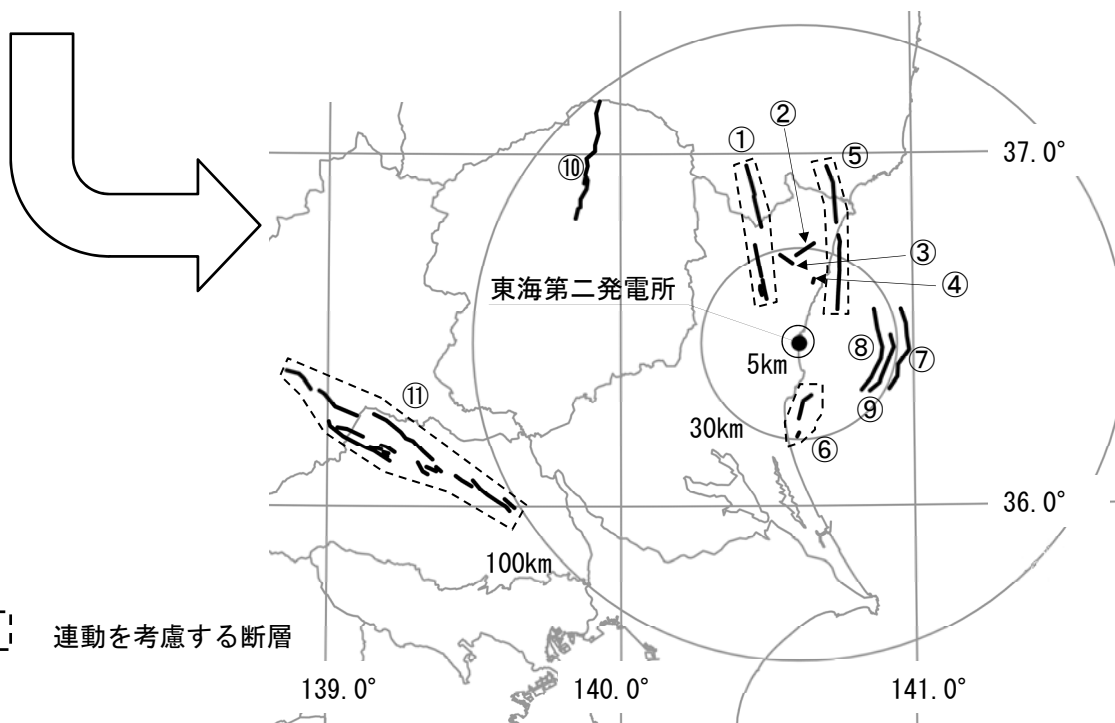
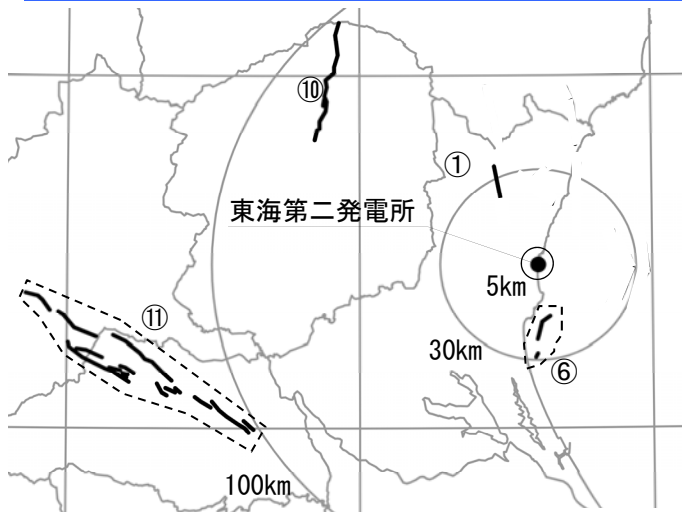
発生後(気象庁, 2011年3月~2012年8月)

2011年東北地方太平洋沖地震発生後, 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。

地質・地質構造(6/7)

敷地周辺及び近傍

- 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。



断層名	長さ km
①棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層, 棚倉破砕帯西縁断層(の一部), 中染付近, 西染付近のリニアメントの連動	13⇒42 (延長)
②関口一米平リニアメント	6(新規)
③竖破山リニアメント	4(新規)
④宮田町リニアメント	1(新規)
⑤F1断層, 北方陸域の断層の連動	44(新規)
⑥F3断層, F4断層の連動	16(変更無)
⑦F8断層	26(新規)
⑧F16断層	26(新規)
⑨A-1背斜	20(新規)
⑩関谷断層	40(変更無)
⑪関東平野北西縁断層帯	82(変更無)

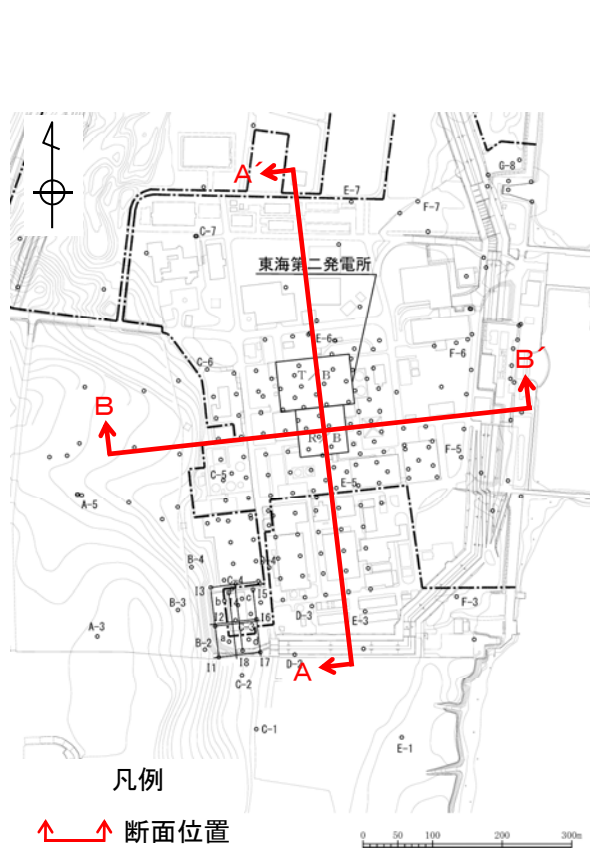
※ 変動地形の可能性のある地形を「リニアメント」という。
断層の同時活動を考慮した場合は「連動」と記す。

地質・地質構造(7/7)

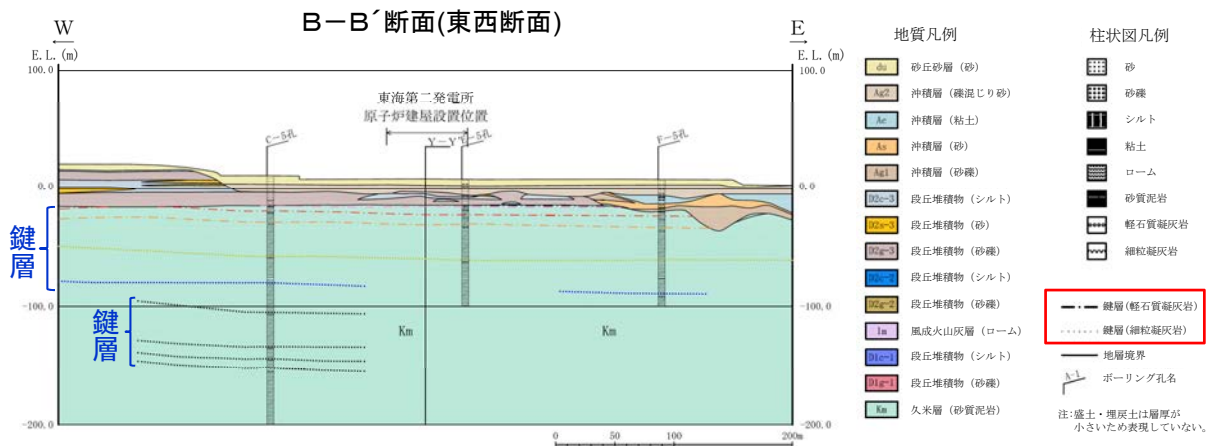
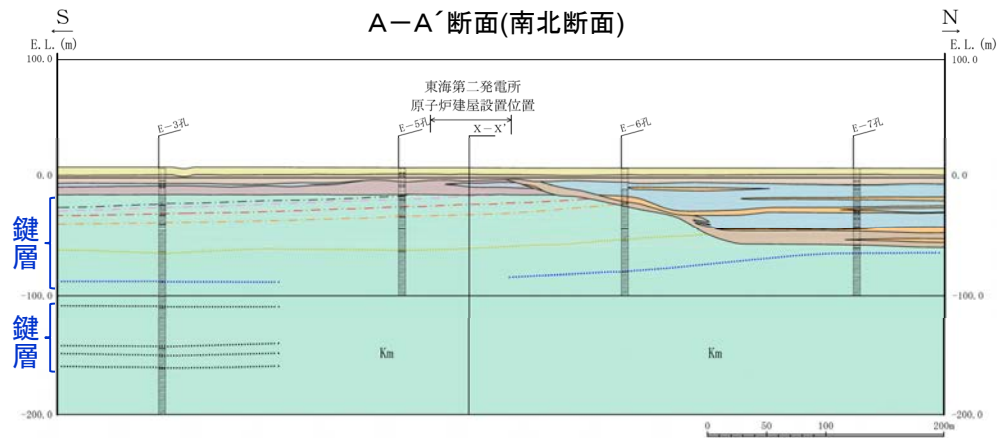
敷地内

- ・ 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



地震動(1/22)

2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

地質調査や2011年東北地方太平洋沖地震などの知見を踏まえ、基準地震動を見直した。

○地質・地質構造調査で得られた断層を反映

○敷地での観測記録(解放基盤波*)を上回るよう基準地震動を作成

○震源を特定せず策定する地震動の評価において、審査ガイドで示された
内陸地殻内地震(16地震)を評価

* 基準地震動を定義している岩盤より上の柔らかい地層の影響を取り除き、基準地震動と直接比較できる状態にするための解析処理を施した観測記録をここでは解放基盤波と呼んでいる。

地震動(2/22)

● 地下構造調査

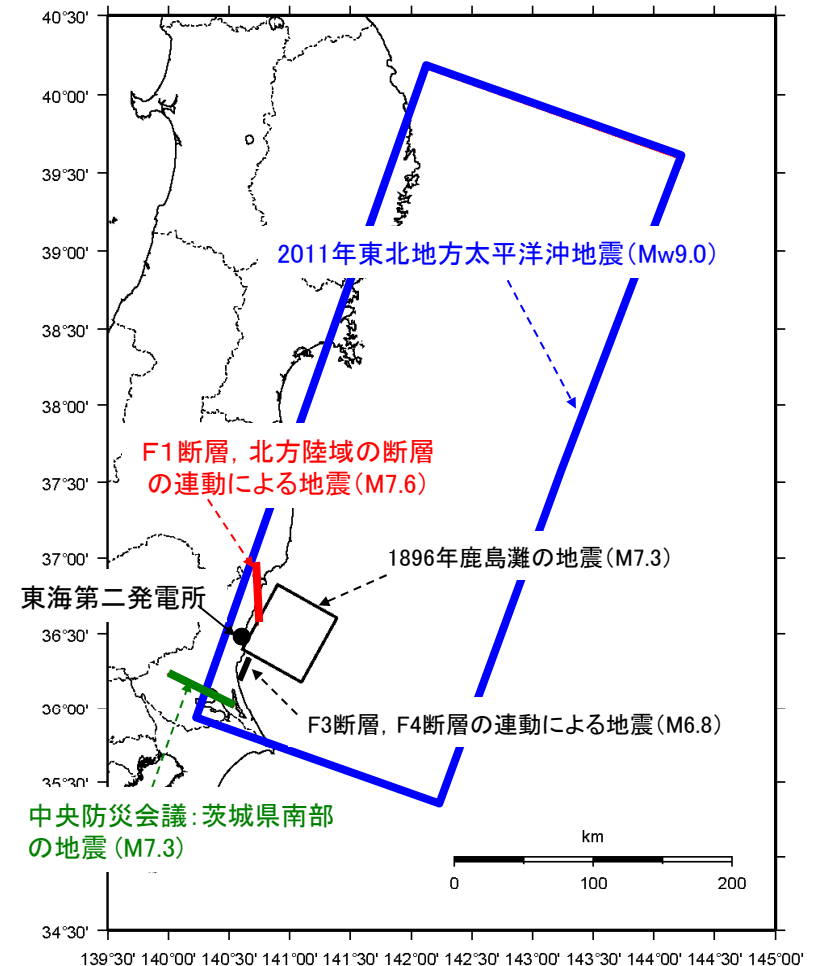
- 大深度ボーリング及び高感度地震計を地下約1000mに設置し、地震観測を行っている。(2012年8月～)
- 地震観測記録の分析結果や敷地及び敷地周辺で実施した反射・屈折法探査による速度構造を用いた解析的検討の結果から、地下構造による影響は小さいことを確認した。

● 検討用地震

活断層調査結果や地震発生状況等を考慮し、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。

地震発生様式	検討用地震	
	耐震バックチェック	今回
内陸地殻内地震	F3断層, F4断層の連動による地震(M6.8)	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震(M7.6)
プレート間地震	1896年鹿島灘の地震(M7.3)	2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)※
海洋プレート内地震	中央防災会議:茨城県南部の地震(M7.3)	

※：津波評価で設定した2011年東北地方太平洋沖地震の「割れ残り領域」の震源による地震動の影響は、2011年東北地方太平洋沖地震の影響を上回るものではない。



今回見直した検討用地震の断層面

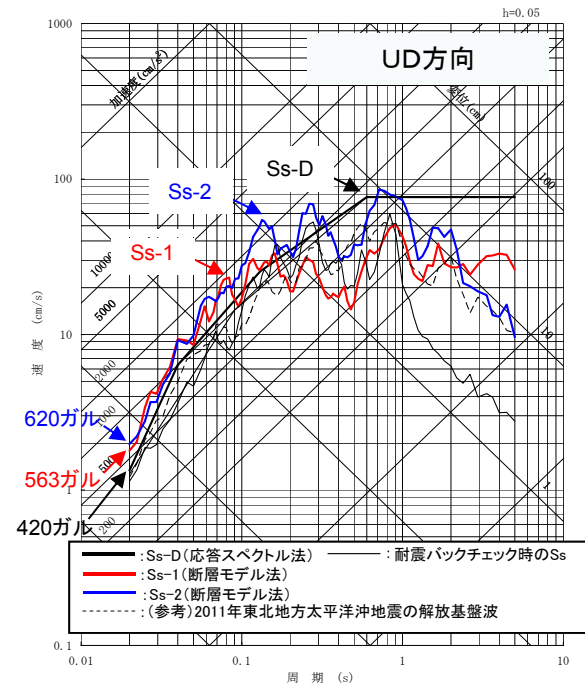
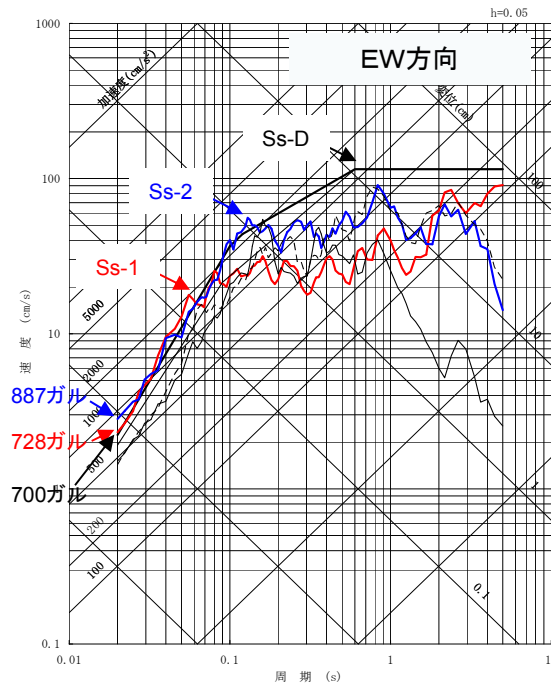
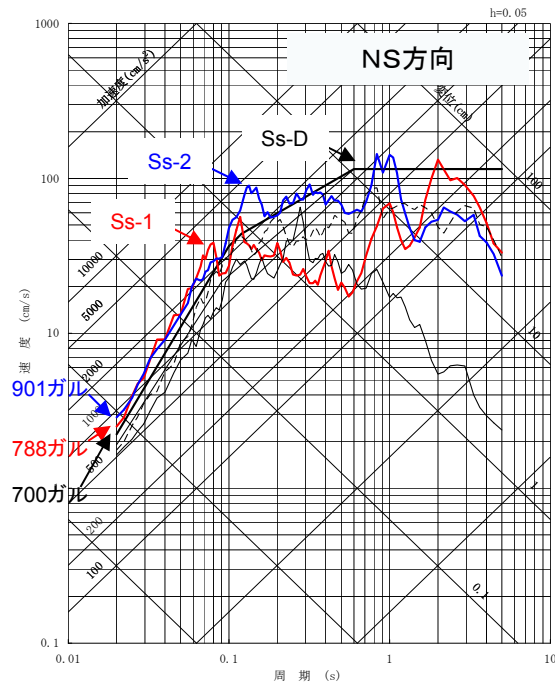
地震動(3/22)

● 基準地震動Ss

プレート間地震の影響が大きい。基準地震動Ssの中で最も大きい最大加速度は901ガル。

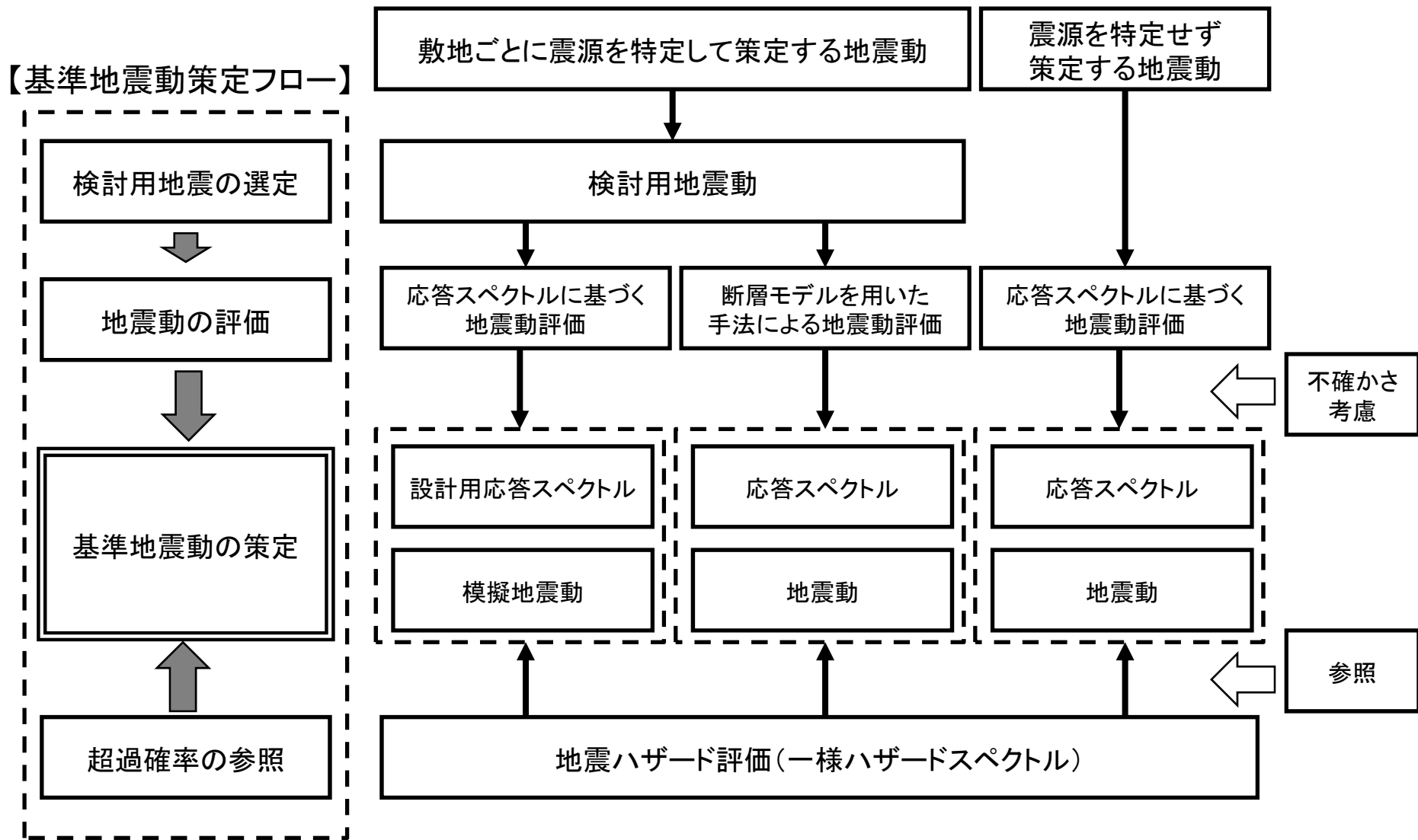
地震発生様式	検討用地震	地震規模	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動	断層モデルを用いた手法による基準地震動	超過確率
内陸地殻内地震	F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震	M7.6	S _S -D _H (700ガル) S _S -D _V (420ガル) (すべての検討用地震を包絡させて設定)	S _S -1 _{NS} (788ガル) S _S -1 _{EW} (728ガル) S _S -1 _{UD} (563ガル)	基準地震動Ssの年超過確率は10 ⁻⁴ ~10 ⁻⁵ 程度
プレート間地震	2011年東北地方太平洋沖地震	Mw9.0		S _S -2 _{NS} (901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	中央防災会議 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。



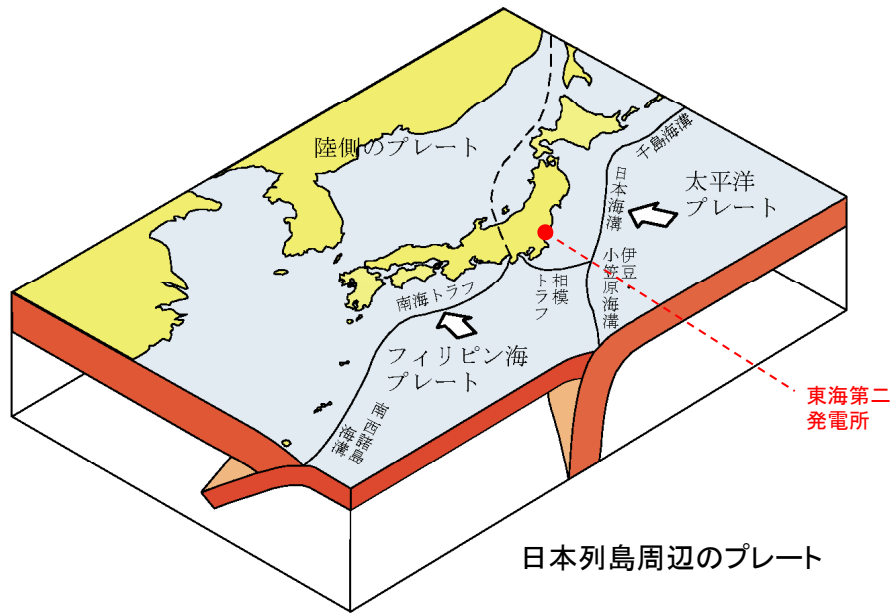
— : Ss-D (応答スペクトル法) — : 耐震バックチェック時のSs
 — : Ss-1 (断層モデル法)
 — : Ss-2 (断層モデル法)
 - - - : (参考) 2011年東北地方太平洋沖地震の解放基盤波

地震動(4/22) 基準地震動策定のフロー

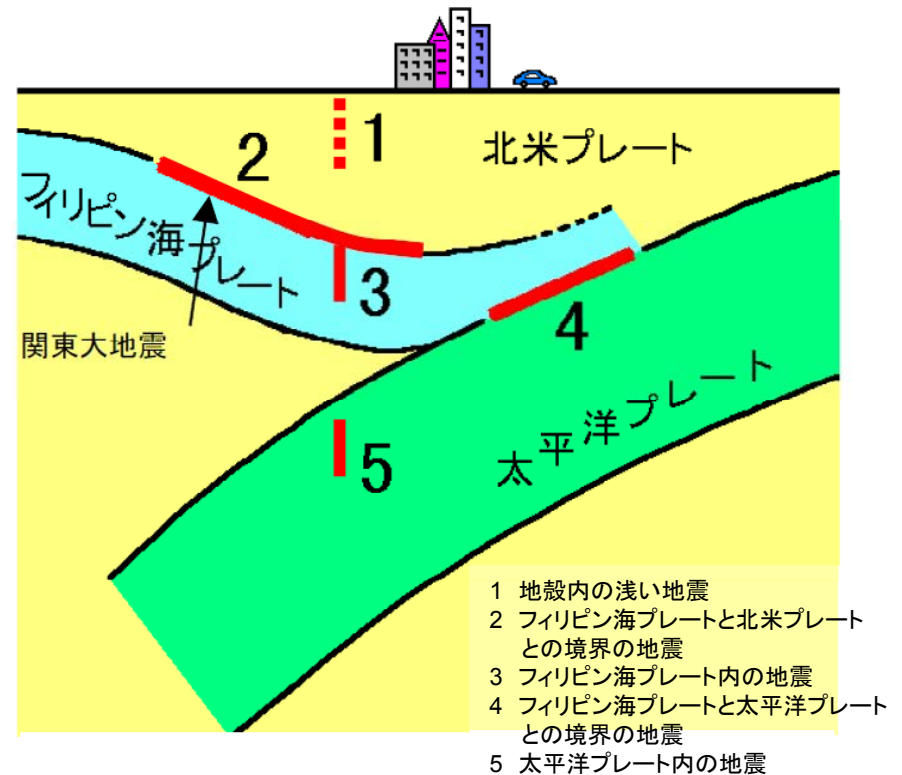


「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」原子力規制委員会より

地震動(5/22) 敷地周辺のプレートテクトニクス



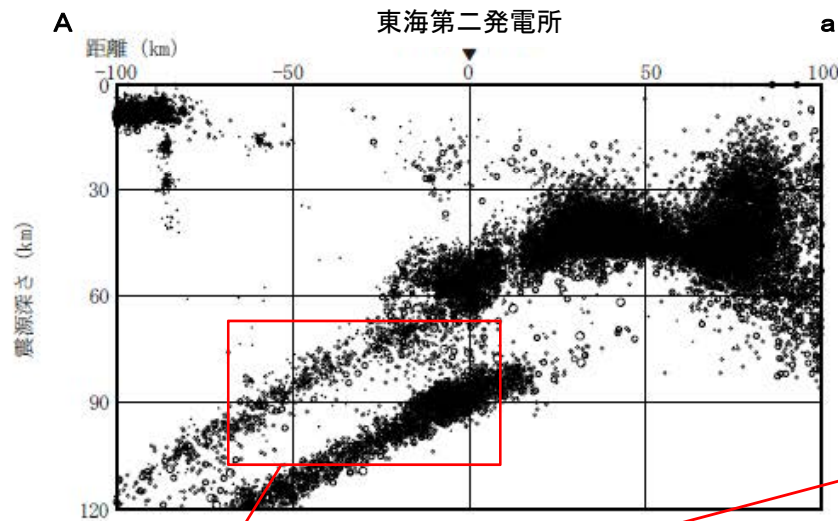
日本のプレートテクトニクスモデル概念図
(防災科学技術研究所)



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追記)

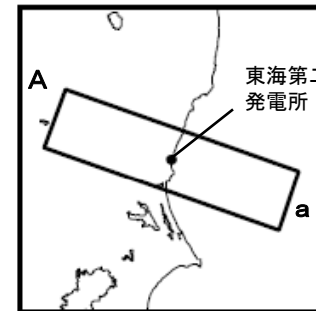
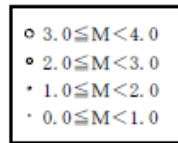
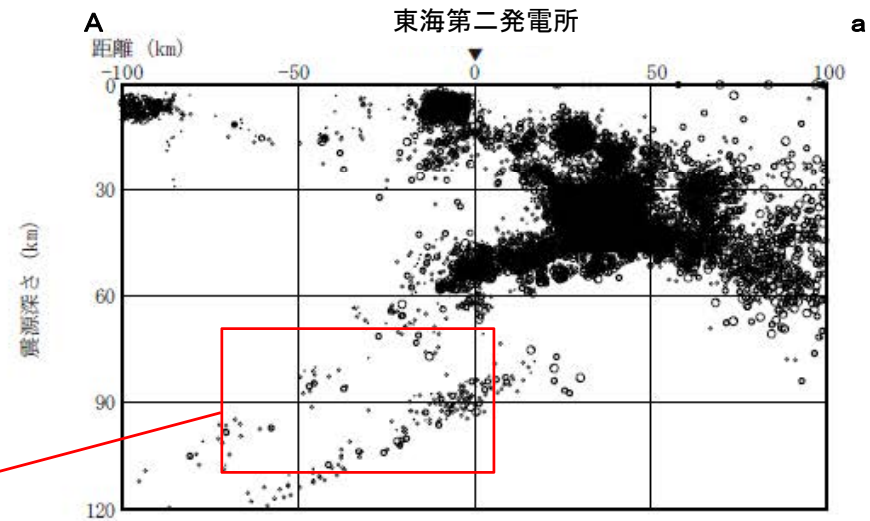
- 敷地東方においては、陸のプレートの下に太平洋プレートが沈み込んでいる。
- 敷地南方においては、陸のプレートの下に相模トラフから北西方向にフィリピン海プレートが沈み込んでおり、さらにその下には日本海溝から西向きに太平洋プレートが沈み込んでいる。

地震動(6/22) 敷地周辺の微小地震分布



太平洋プレートの二重深発面

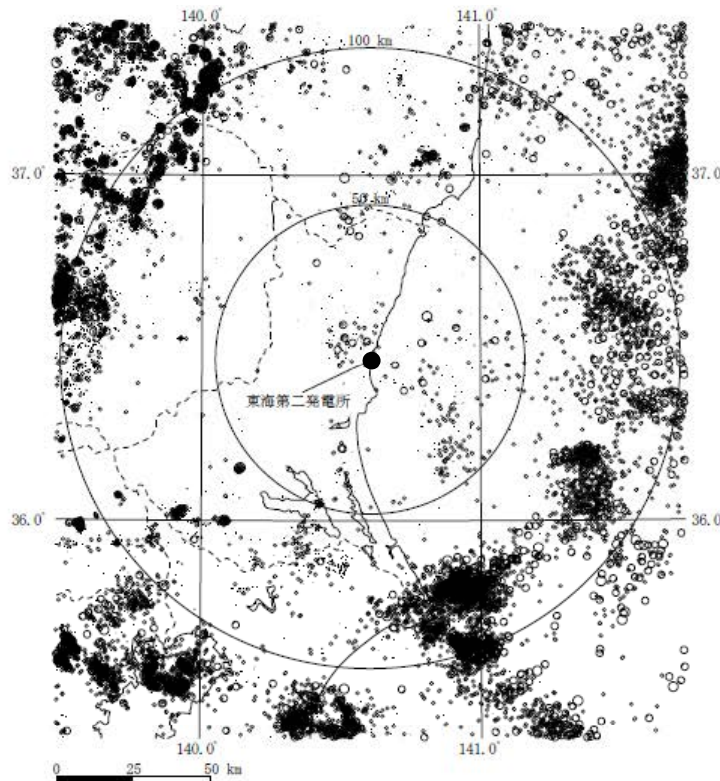
M4.0以下の地震の鉛直分布図
(気象庁, 1997年10月~2011年2月)



M4.0以下の地震の鉛直分布図
(気象庁, 2011年3月~2012年8月)

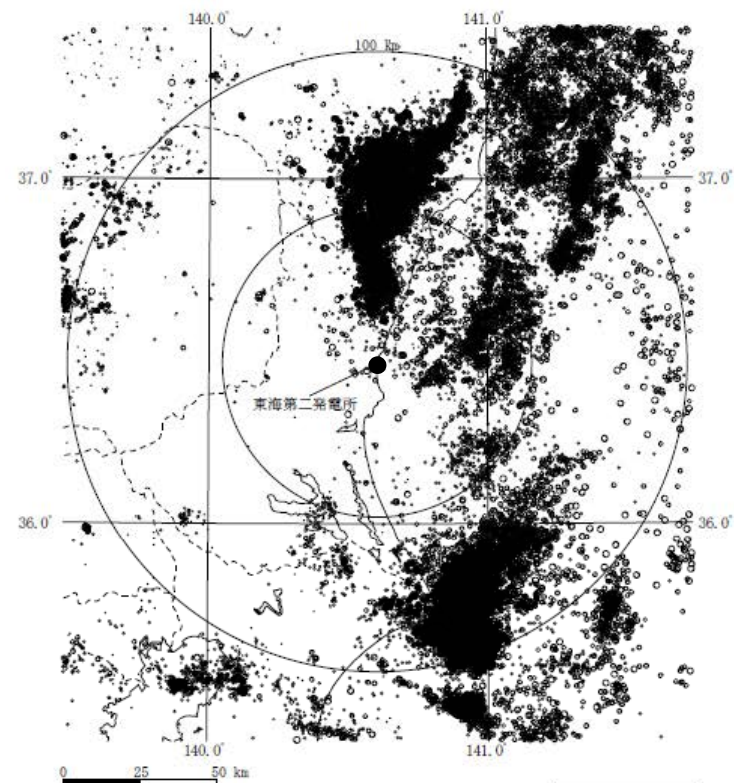
- 敷地の下方には太平洋プレートの沈み込みに伴う二重深発面が見られる。
- 2011年3月以降は、深さ30kmよりも浅いところで内陸地殻内地震が発生している。

地震動(7/22) 敷地周辺の微小地震分布



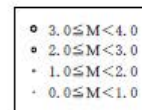
M4.0以下の地震の震央分布図(深さ30km以浅)

(気象庁, 1997年10月~2011年2月)



M4.0以下の地震の震央分布図(深さ30km以浅)

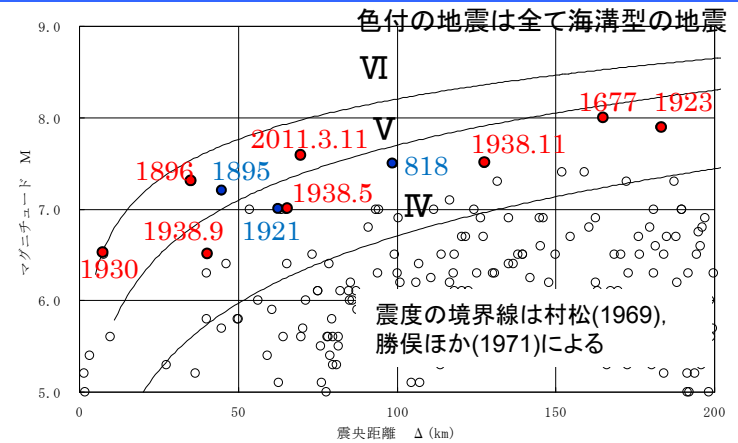
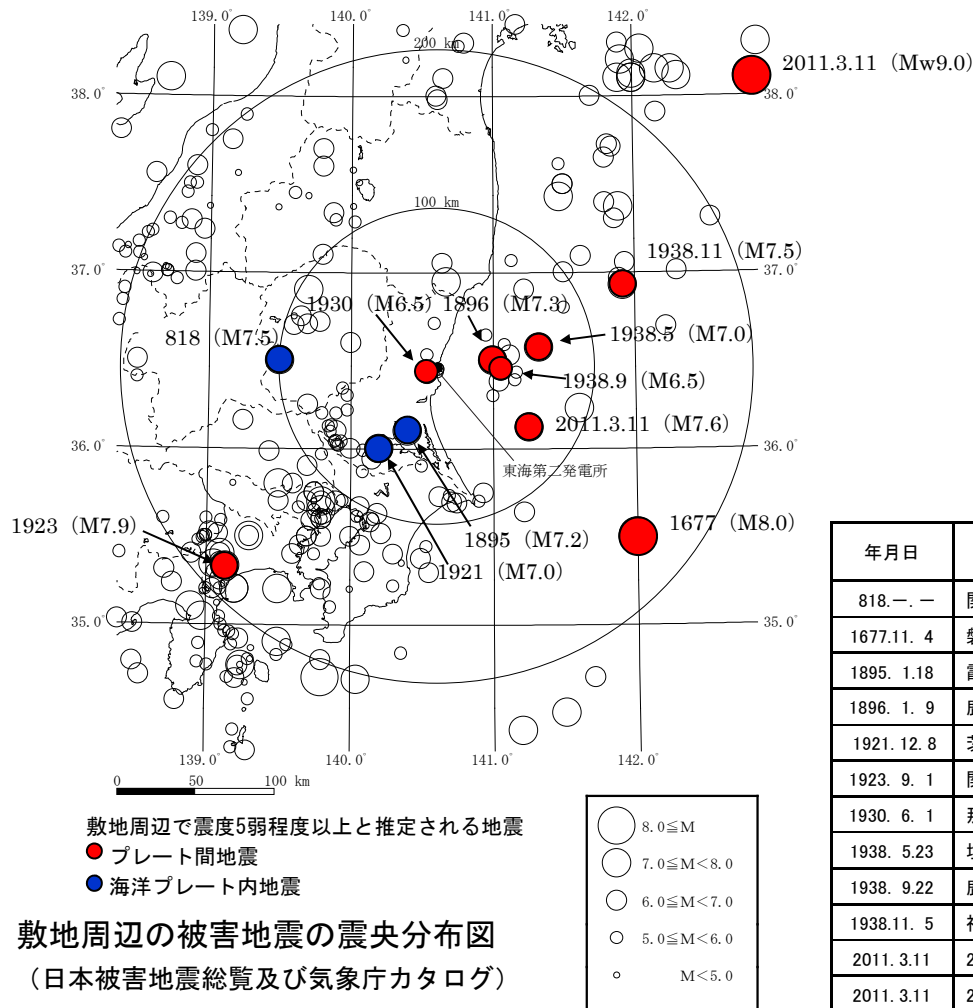
(気象庁, 2011年3月~2012年8月)



2011年3月以降は、福島県と茨城県の県境付近で内陸地殻内地震が発生している。

地震動(8/22) 敷地周辺で発生した被害地震

■敷地で震度5程度以上となる過去の被害地震を抽出する。



敷地周辺の被害地震から想定されるMとΔの関係

敷地での震度が5程度以上となる被害地震リスト

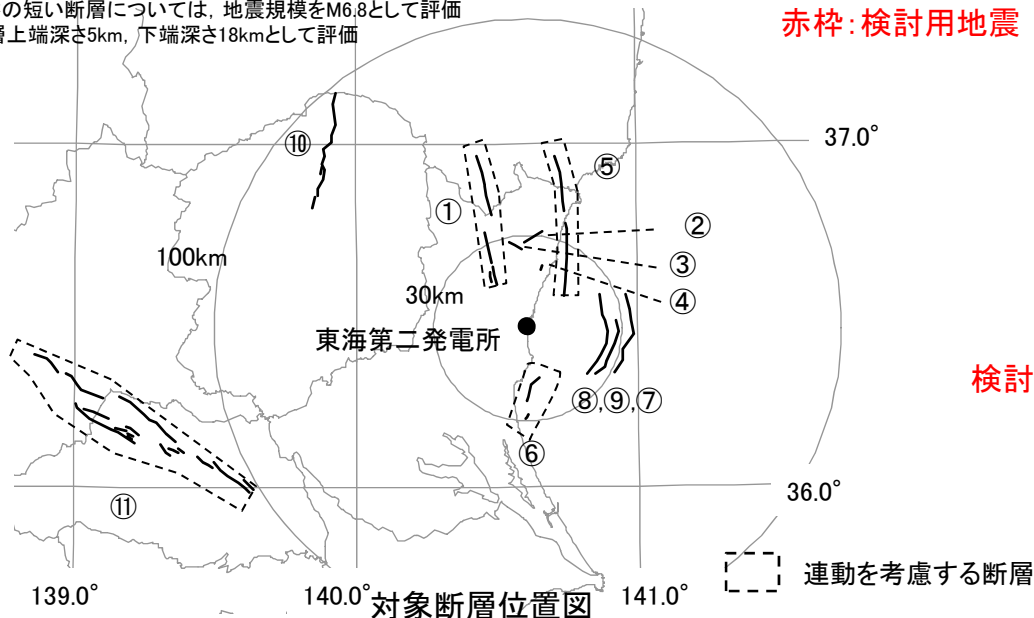
年月日	地震	地震規模 M	震央距離 (km)	深さ (km)	地震発生様式
818. - . -	関東諸国の地震	7.5	99	-	海洋プレート内地震
1677.11. 4	磐城・常陸・安房・上総・下総の地震	8.0	165	-	プレート間地震
1895. 1.18	霞ヶ浦付近の地震	7.2	45	-	海洋プレート内地震
1896. 1. 9	鹿島灘の地震	7.3	35	-	プレート間地震
1921.12. 8	茨城県龍ヶ崎付近の地震	7.0	64	-	海洋プレート内地震
1923. 9. 1	関東大地震	7.9	183	23	プレート間地震
1930. 6. 1	那珂川下流域の地震	6.5	8	54	プレート間地震
1938. 5.23	塩屋崎沖の地震	7.0	65	35	プレート間地震
1938. 9.22	鹿島灘の地震	6.5	40	48	プレート間地震
1938.11. 5	福島県東方沖地震	7.5	128	43	プレート間地震
2011. 3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の本震	Mw9.0	270	23.7	プレート間地震
2011. 3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震	7.6	69	42.7	プレート間地震

- 敷地で震度5程度以上となる被害地震について、気象カタログや文献から震源位置を求め地震発生様式毎に分類。
- 敷地での震度が5程度以上となる被害地震はいずれもプレート間地震または海洋プレート内地震である。
- 内陸地殻内地震で敷地での震度が5程度以上となる被害地震は確認されていない。

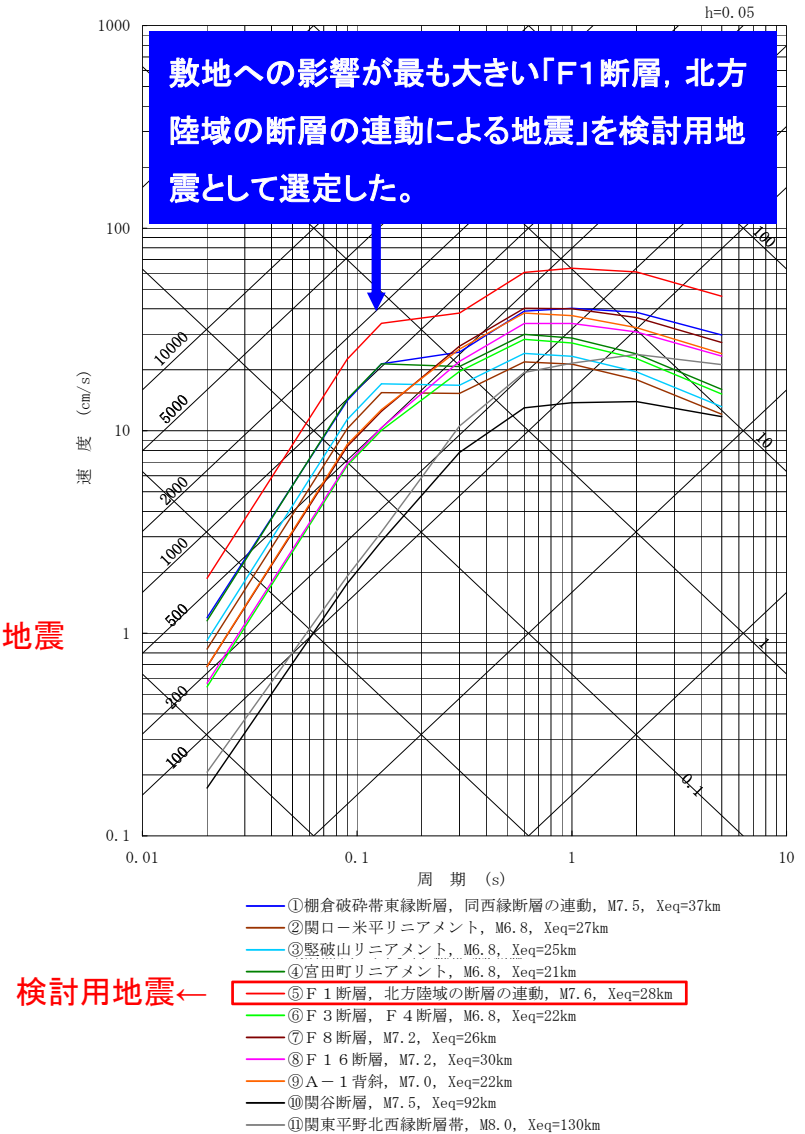
地震動(9/22) 内陸地殻内地震に関する検討用地震の選定

断層名	長さ (km)	地震規模 M	等価震源距離 (km) ^{※2}
① 棚倉破砕帯東縁断層, 同西縁断層の連動	42	7.5	37
② 関口-米平リニアメント	6	6.8 ^{※1}	27
③ 豎破山リニアメント	4	6.8 ^{※1}	25
④ 宮田町リニアメント	1	6.8 ^{※1}	21
⑤ F1断層, 北方陸域の断層の連動	44	7.6	28
⑥ F3断層, F4断層の連動	16	6.8	22
⑦ F8断層	26	7.2	26
⑧ F16断層	26	7.2	30
⑨ A-1背斜	20	7.0	22
⑩ 関谷断層	40	7.5	92
⑪ 関東平野北西縁断層帯	82	8.0	130

※1 長さの短い断層については、地震規模をM6.8として評価
 ※2 断層上端深さ5km, 下端深さ18kmとして評価



赤枠: 検討用地震



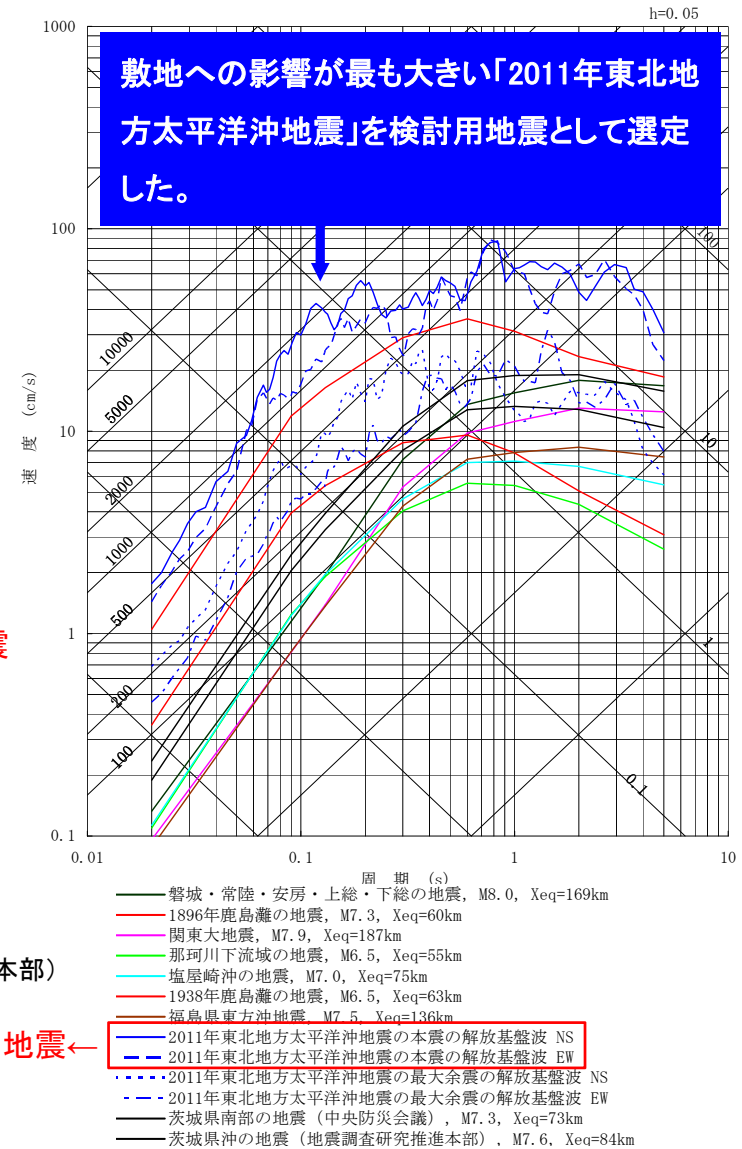
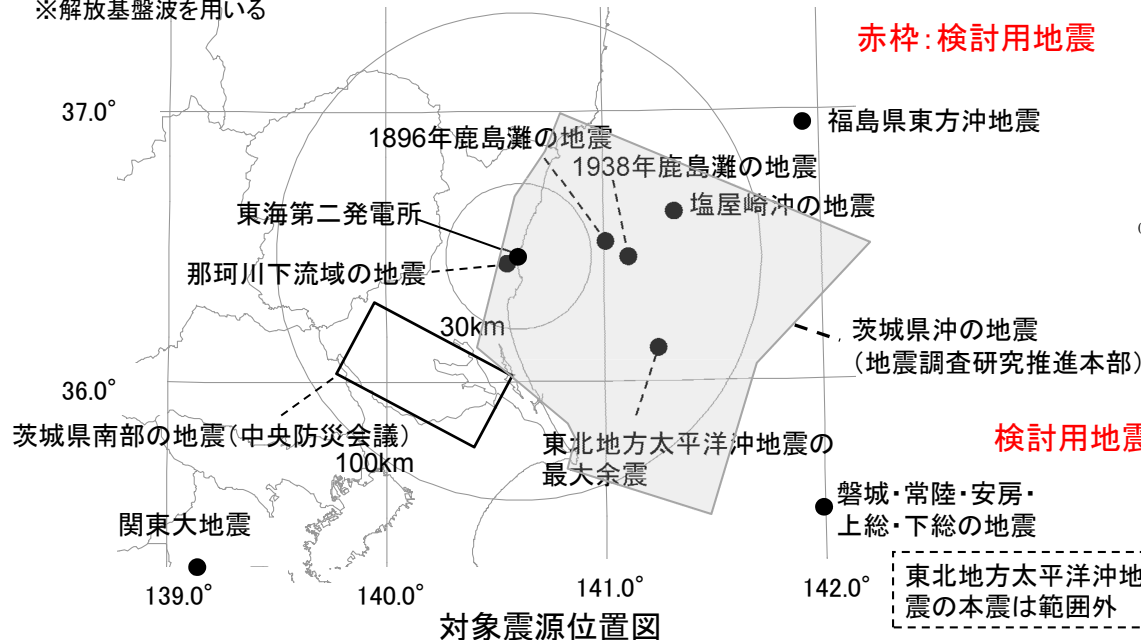
検討用地震 ←

内陸地殻内地震の地震動の応答スペクトル
 (Noda et al.(2002)の手法により評価)

地震動(10/22) プレート間地震に関する検討用地震の選定

年月日	地名(地震名)	地震規模 M	等価震源距離 (km)
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
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
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*	Mw9.0	—
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震*	7.6	—
—	茨城県南部の地震(中央防災会議)	7.3	73
—	茨城県沖の地震(地震調査研究推進本部)	7.6	84

※解放基盤波を用いる

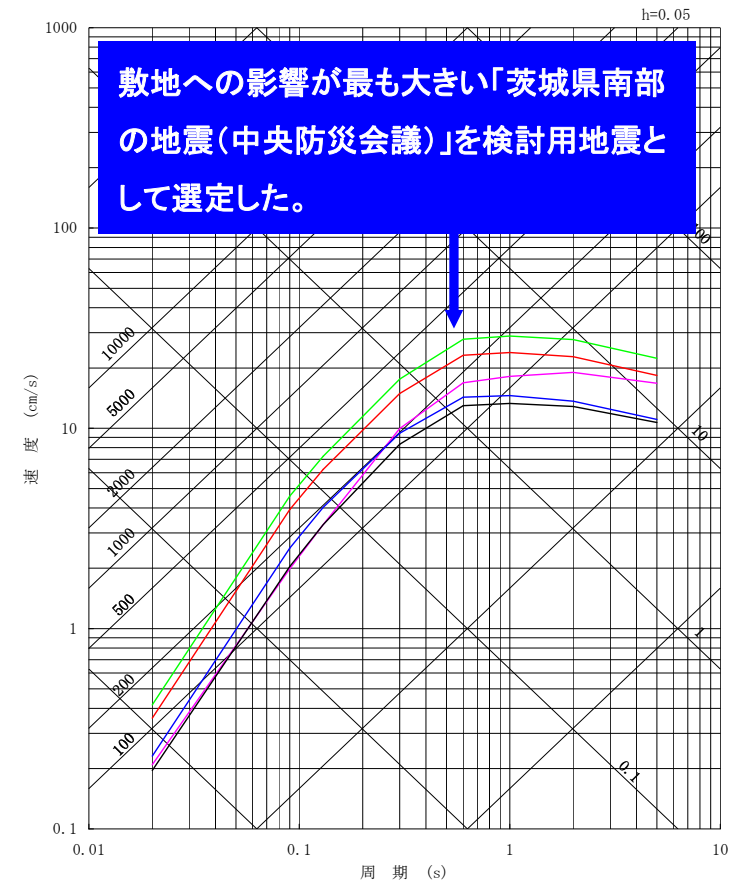


プレート間地震の地震動の応答スペクトル (Noda et al.(2002)の手法により評価)

地震動(11/22) 海洋プレート内地震に関する検討用地震の選定

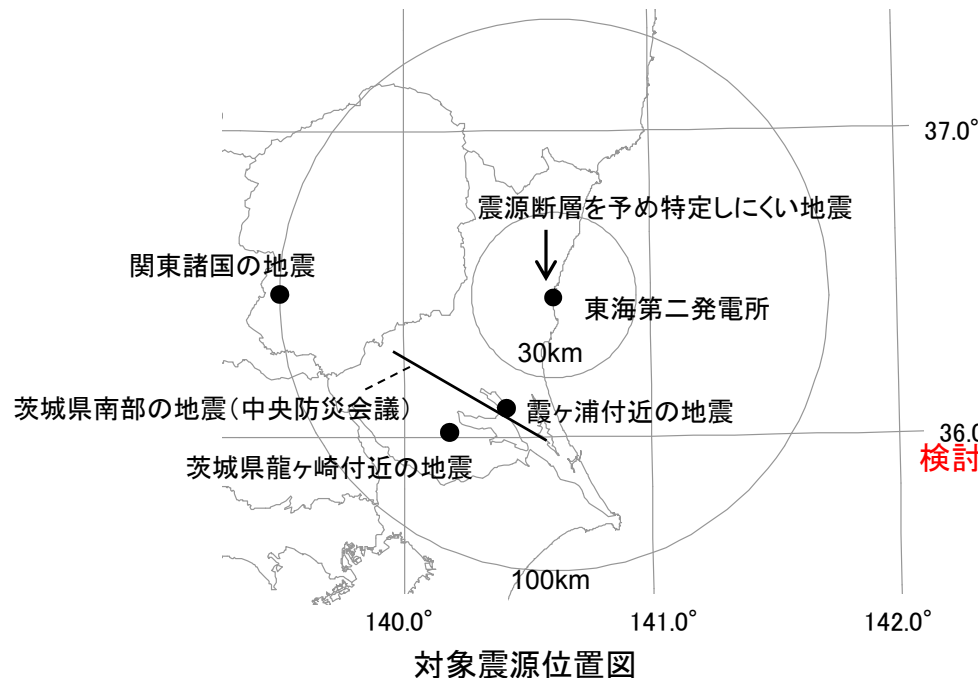
年月日	地名(地震名)	地震規模 M	等価震源距離 (km)
1818. 1. 1	関東諸国の地震	7.5	123
1895. 1. 18	霞ヶ浦付近の地震	7.2	69
1921. 12. 8	茨城県龍ヶ崎付近の地震	7.0	74
—	茨城県南部の地震(中央防災会議)	7.3	69
—	震源断層を予め特定しにくい地震(地震調査研究推進本部)	7.1	89

赤枠: 検討用地震



- 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(地震調査研究推進本部), M7.1, Xeq=89km

海洋プレート内地震の地震動の応答スペクトル
(Noda et al.(2002)の手法により評価)



地震動(12/22) 検討用地震の選定結果

■ 検討用地震を以下のように選定した。

内陸地殻内地震

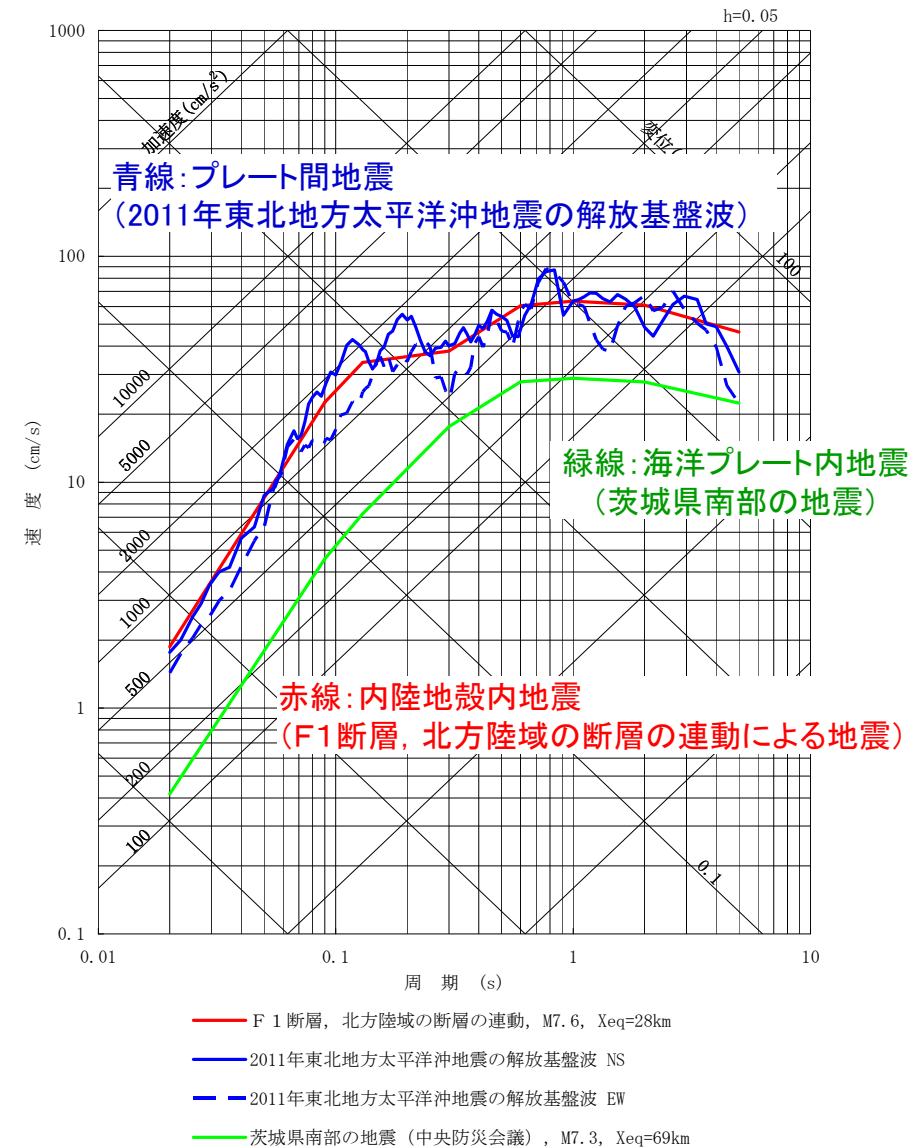
F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震

プレート間地震

2011年東北地方太平洋沖地震

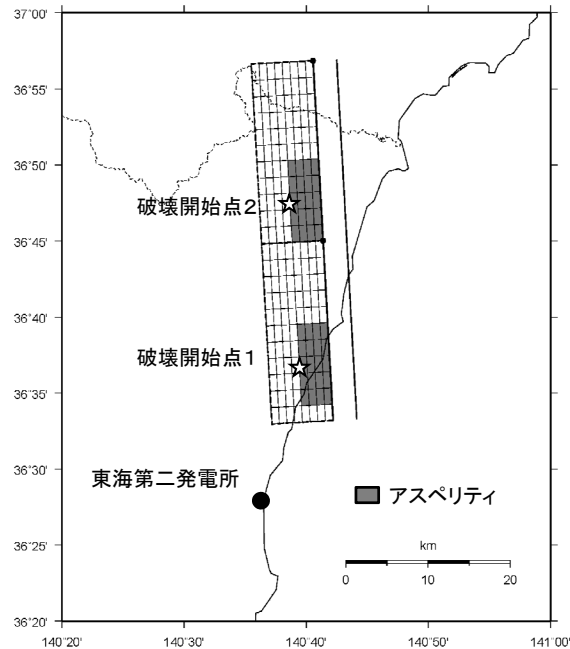
海洋プレート内地震

茨城県南部の地震(中央防災会議)



地震動(13/22) F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震(内陸地殻内地震)

基本震源モデル



- ・断層長さは調査結果より44kmとして評価。
- ・地震規模はM7.6, 断層タイプは地質調査結果や2011年福島県浜通りの地震(M7.0)の地震を踏まえ, 正断層として評価。
- ・断層傾斜角については, 調査結果を参考に60度に設定した。
- ・アスペリティ※1位置は敷地に近い位置に設定した。
- ・破壊開始点を複数(2か所)設定した。

■地震動評価

- ・応答スペクトルに基づく地震動評価は, Noda et al.(2002)により評価を行う。
- ・断層モデルを用いた手法による地震動評価は, 経験的グリーン関数法※2により行う。

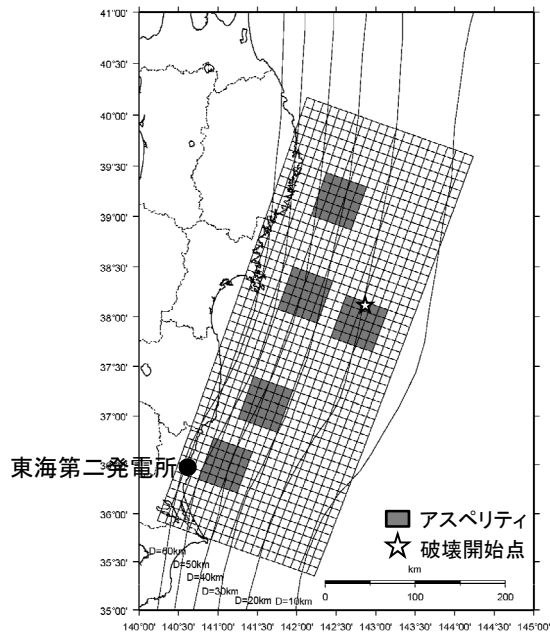
■不確かさの考慮

短周期レベル※3について, 基本震源モデルで考慮した値の1.5倍を考慮した。

- ※1 断層の中でも特に地震動を強く放出する領域。
- ※2 想定する断層付近で発生した地震による敷地での観測記録を用いて, 想定する断層から生じる地震動を評価する手法。
- ※3 断層から放出される地震動の短周期成分の大きさ。

地震動(14/22) 2011年東北地方太平洋沖地震(プレート間地震)

基本震源モデル



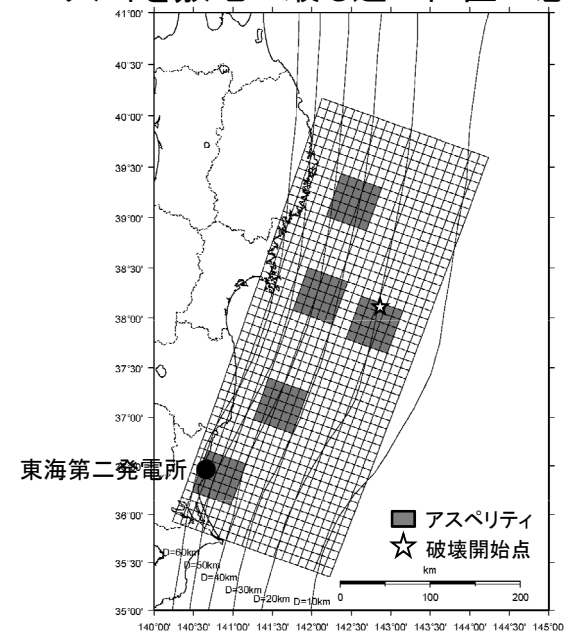
- ・震源モデルは、2011年東北地方太平洋沖地震における原子力発電所敷地での揺れを再現した諸井ほか(2013)に基づき設定。
- ・地震規模はMw9.0。

■地震動評価

- ・応答スペクトルに基づく地震動評価は、2011年東北地方太平洋沖地震の敷地での解放基盤波とする。
- ・断層モデルを用いた手法による地震動評価は、経験的グリーン関数法により行う。

■不確かさの考慮

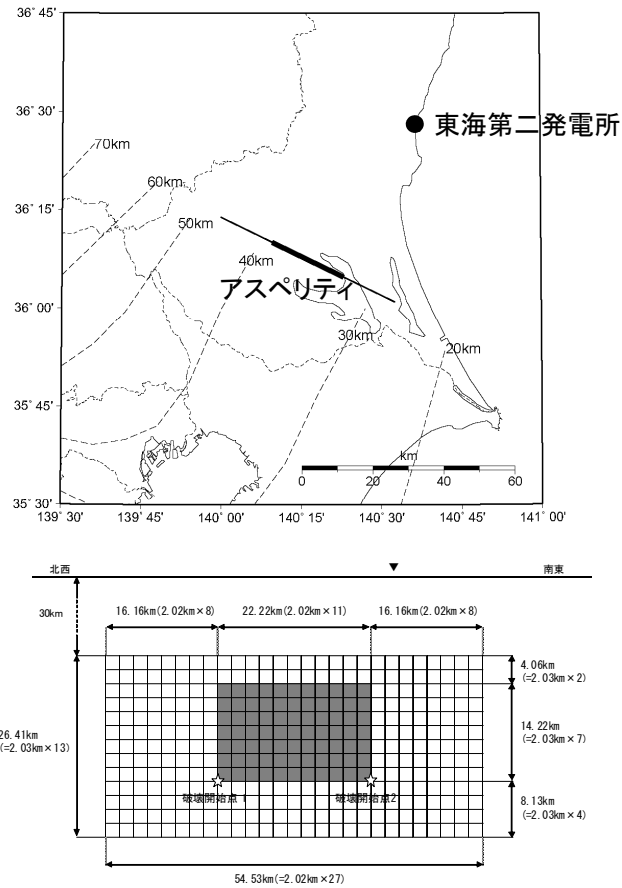
- ・アスペリティを敷地に最も近い位置に想定した(下図)。



- ・短周期レベルについて、基本震源モデルで考慮した値の1.5倍を考慮した。

地震動(15/22) 中央防災会議 茨城県南部の地震(海洋プレート内地震)

基本震源モデル



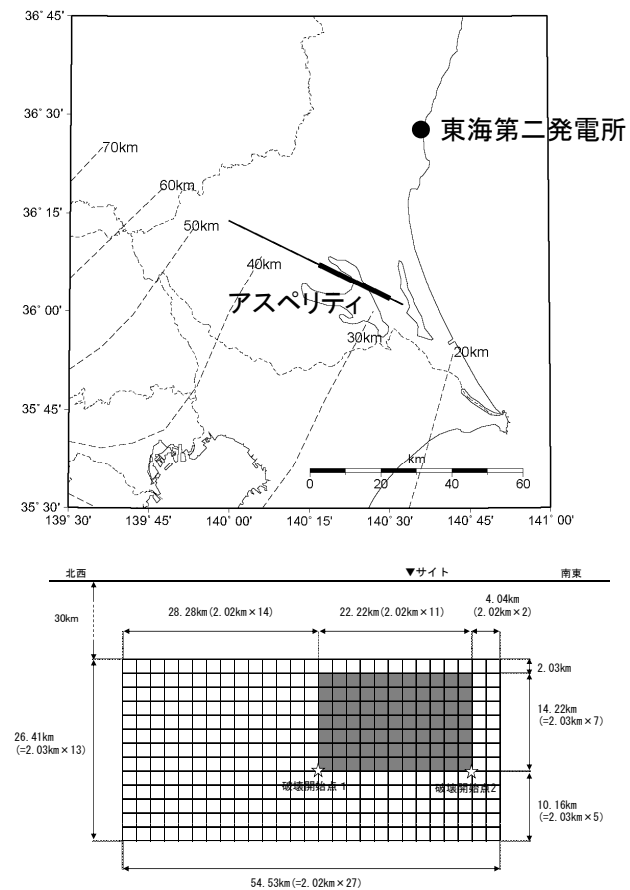
- ・地震規模や震源モデルは中央防災会議に基づき評価。
- ・地震規模はM7.3。
- ・断層面はフィリピン海プレートの中で最も敷地に近い位置に設定。

■地震動評価

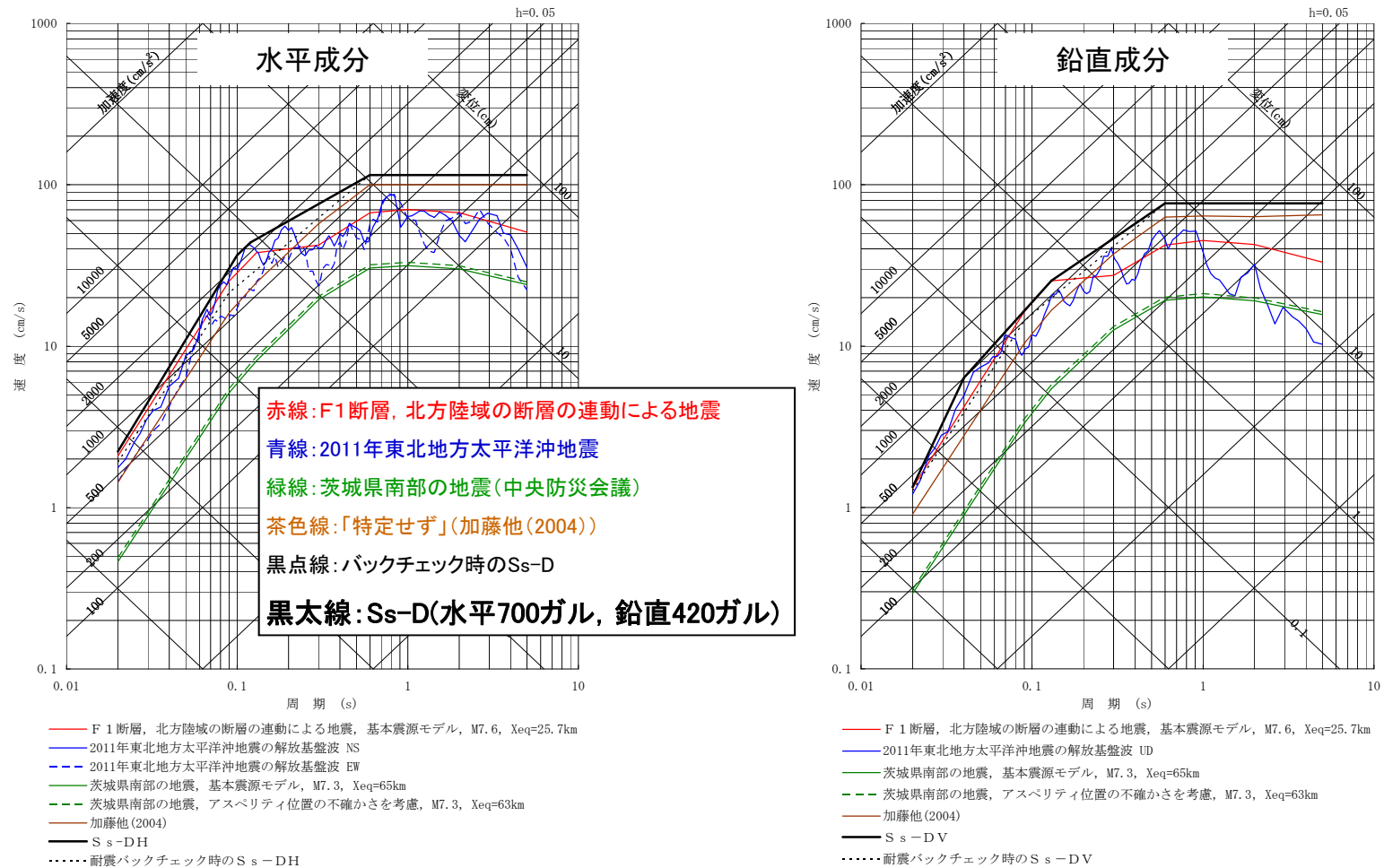
- ・応答スペクトルに基づく地震動評価は, Noda et al.(2002)により評価を行う。
- ・断層モデルを用いた手法による地震動評価は, 経験的グリーン関数法により行う。

■不確かさの考慮

アスペリティを敷地に最も近い位置に想定した(下図)。



地震動(16/22) 応答スペクトルに基づく手法による評価結果及び基準地震動Ss



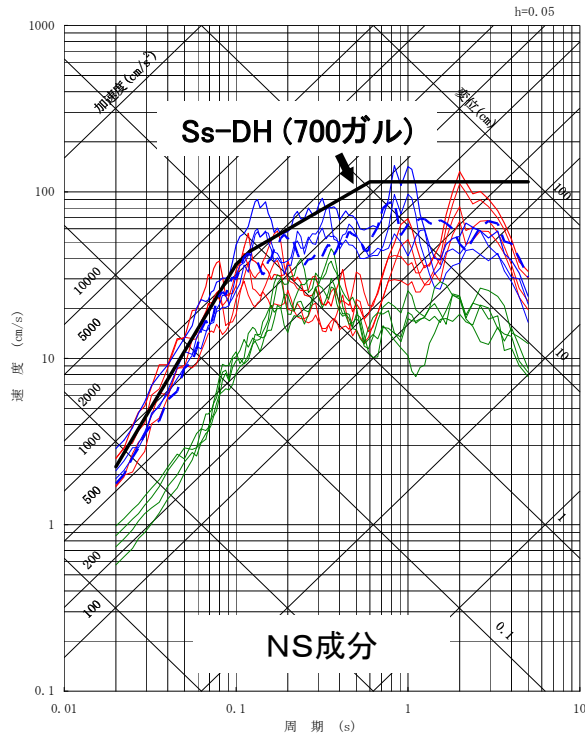
- 2011年東北地方太平洋沖地震による敷地の解放基盤波は、バックチェックの基準地震動を一部周期帯で上回る。
- 今回、応答スペクトルに基づく基準地震動Ss-Dは、F1断層、北方陸域の断層の運動による地震、2011年東北地方太平洋沖地震(敷地での解放基盤波)、茨城県南部の地震、震源を特定せず策定する地震動として考慮した加藤他(2004)を全て包絡するものとして設定。水平最大加速度は700ガル、鉛直最大加速度は420ガル。

地震動(17/22) 断層モデルを用いた手法による評価結果

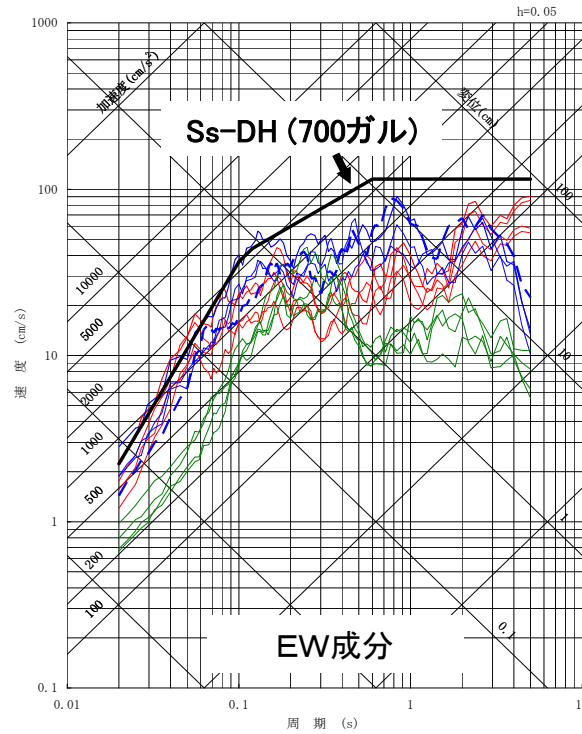
赤線:F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震

青線:2011年東北地方太平洋沖地震

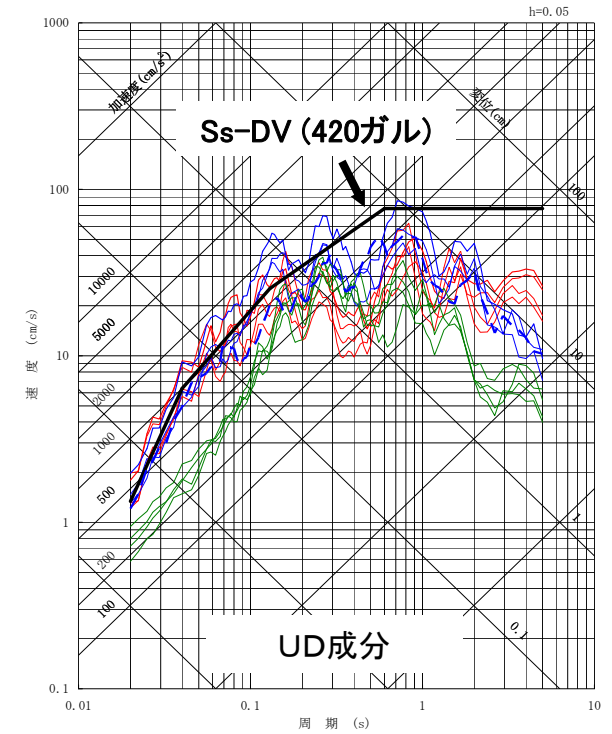
緑線:茨城県南部の地震(中央防災会議)



- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震)
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (2011年東北地方太平洋沖地震)
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (茨城県南部の地震 (中央防災会議))
- S_s-D_H
- - - 2011年東北地方太平洋沖地震の解放基盤波



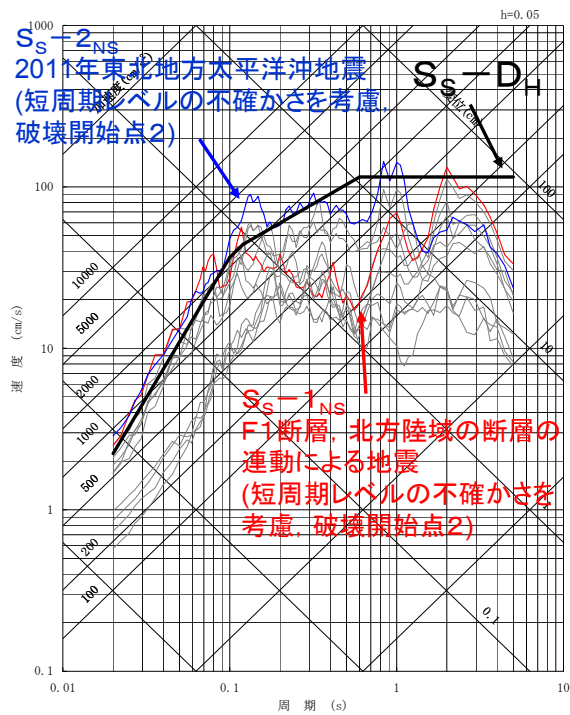
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震)
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (2011年東北地方太平洋沖地震)
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (茨城県南部の地震 (中央防災会議))
- S_s-D_H
- - - 2011年東北地方太平洋沖地震の解放基盤波



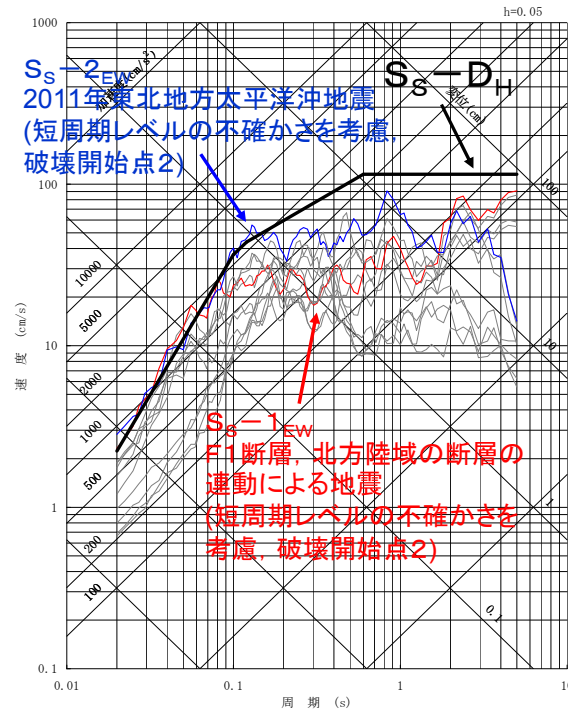
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震)
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (2011年東北地方太平洋沖地震)
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (茨城県南部の地震 (中央防災会議))
- S_s-D_V
- - - 2011年東北地方太平洋沖地震の解放基盤波

F1断層, 北方陸域の断層の連動による地震, 2011年東北地方太平洋沖地震, 茨城県南部の地震の地震動評価結果と基準地震動Ss-Dを示す。

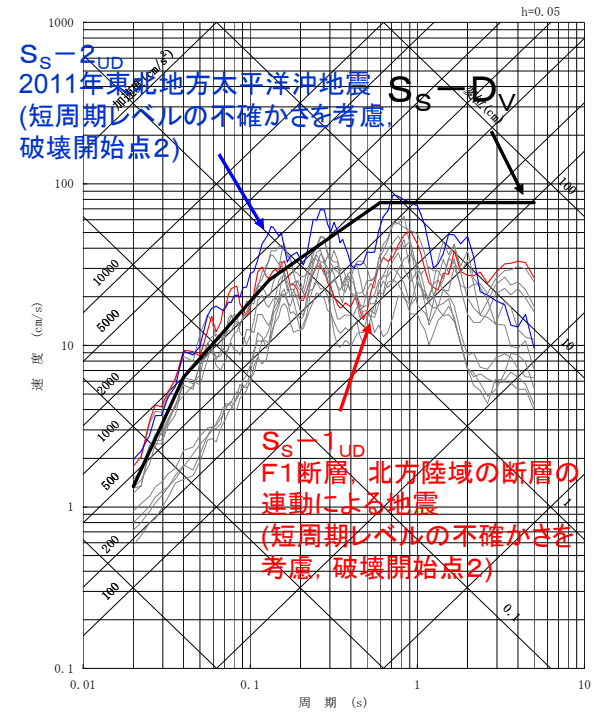
地震動(18/22) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s



NS成分



EW成分



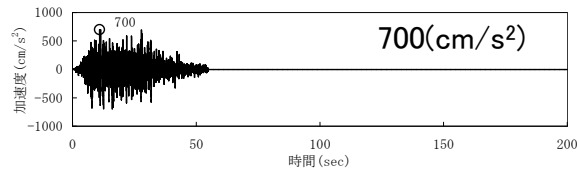
UD成分

断層モデルによる評価結果のうち、基準地震動 S_s-D を一部周期帯で超えているケースも基準地震動 S_s とした。(カッコ内は最大加速度)

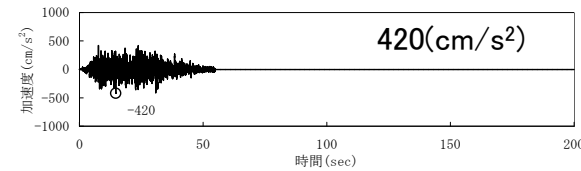
- ・ F1断層, 北方陸域の断層の運動による地震(短周期レベルの不確かさを考慮)
 - ・・・ S_s-1 (NS 788ガル, EW 728ガル, UD 563ガル)
- ・ 2011年東北地方太平洋沖地震(短周期レベルの不確かさを考慮)
 - ・・・ S_s-2 (NS 901ガル, EW 887ガル, UD 620ガル)

地震動(19/22) 基準地震動S_Sの時刻歴波形

■ 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動S_S

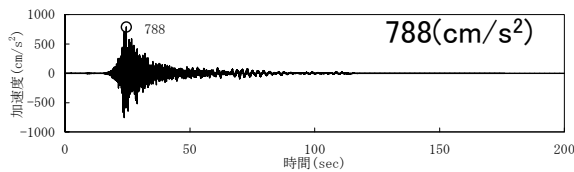


S_S-D_H

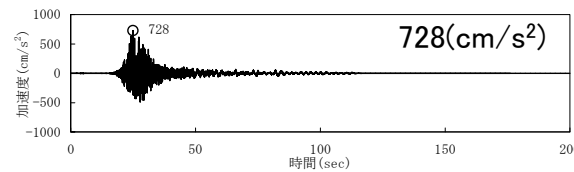


S_S-D_V

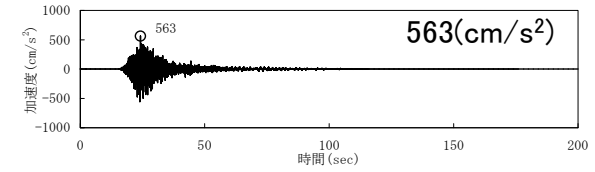
■ 断層モデルを用いた手法による基準地震動S_S



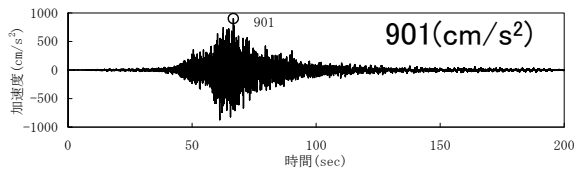
S_S-1_{NS}



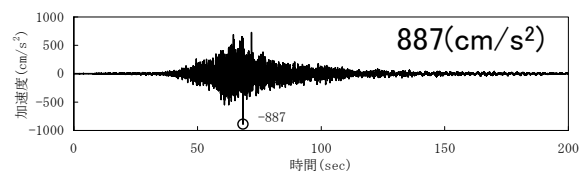
S_S-1_{EW}



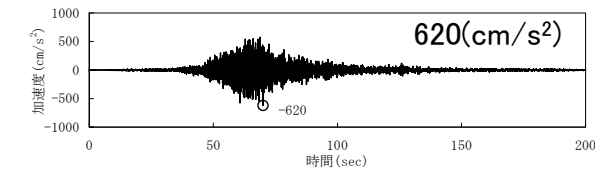
S_S-1_{UD}



S_S-2_{NS}

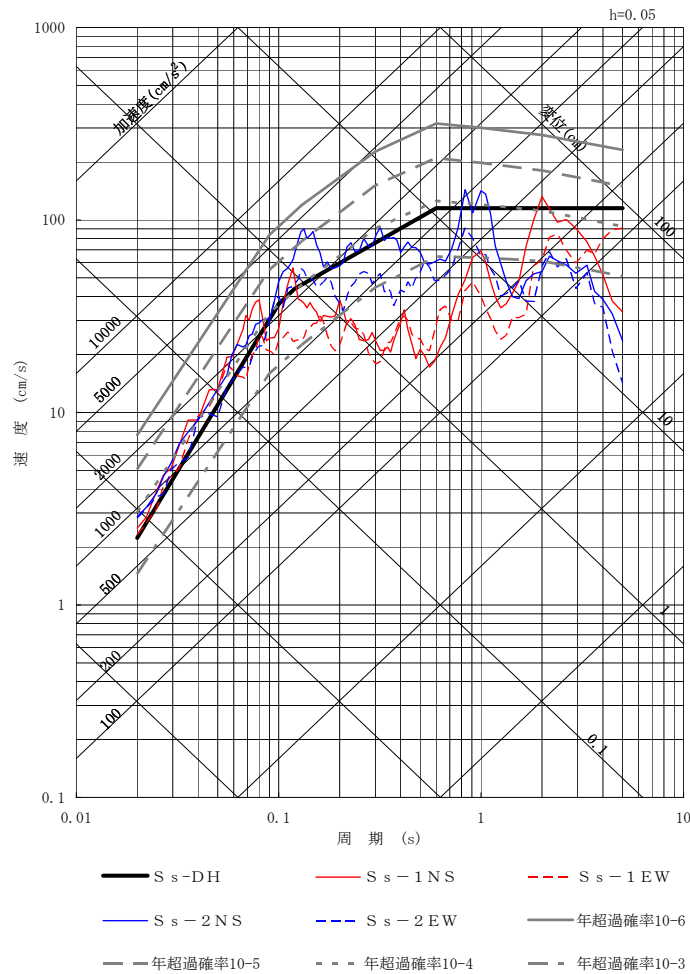


S_S-2_{EW}

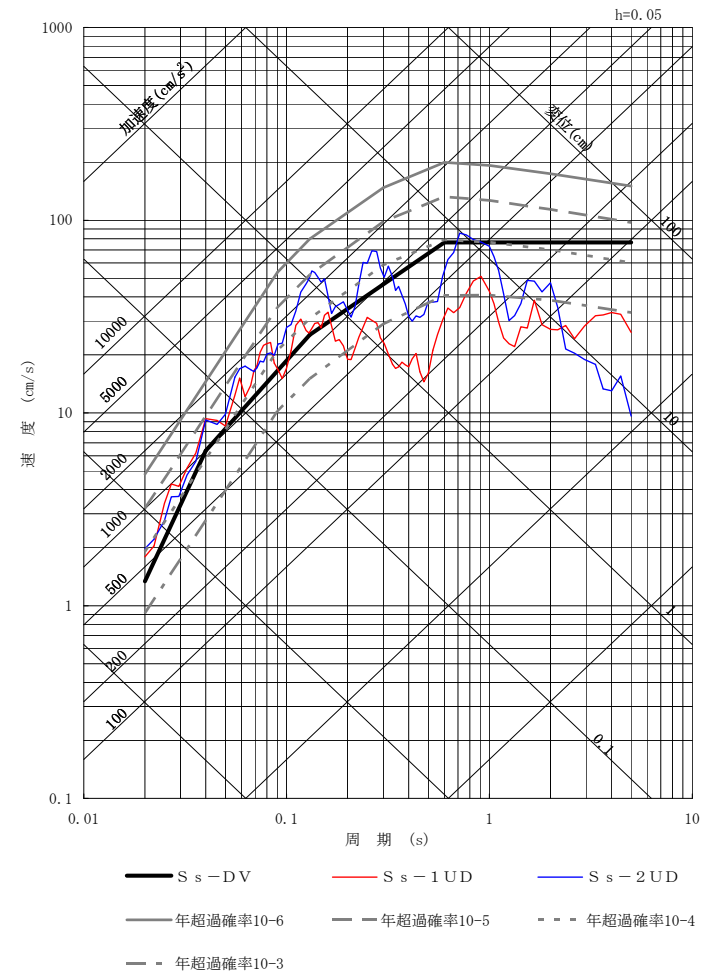


S_S-2_{UD}

地震動(20/22) 基準地震動S_sの超過確率



水平成分

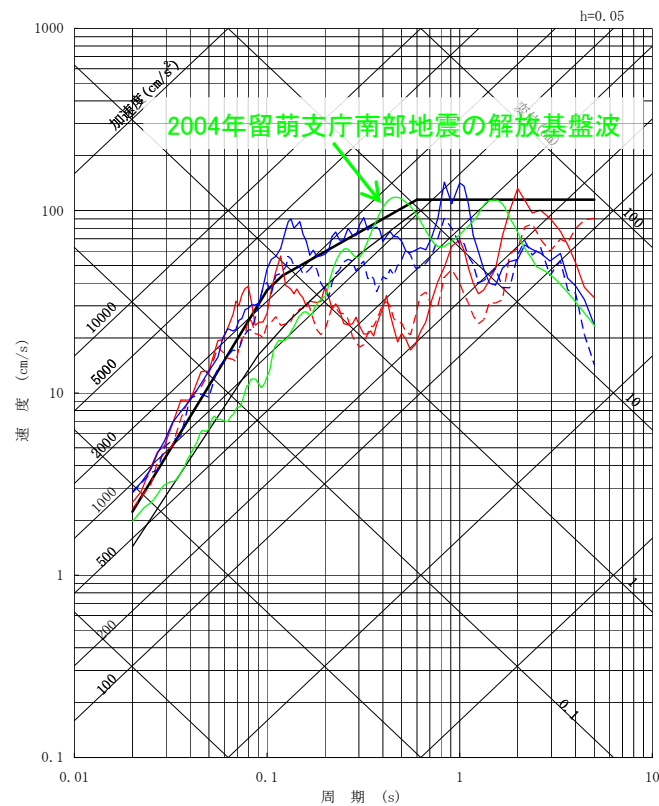


鉛直成分

基準地震動S_sの年超過確率は水平, 鉛直とも10⁻⁴~10⁻⁵程度である。

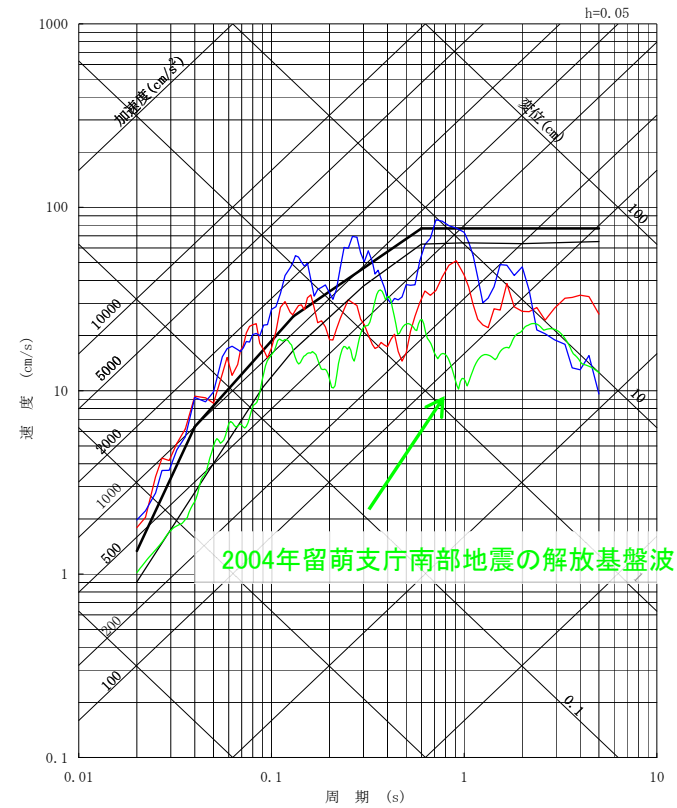
地震動(21/22) 【参考】 震源を特定して策定する地震動(審査ガイド16地震について)

■ 審査ガイドの16地震の分析の結果、2004年留萌支庁南部地震の解放基盤波を震源を特定せず策定する地震動として評価。



- S_s-DH
- S_s-1 NS
- - - S_s-1 EW
- - - S_s-2 NS
- - - S_s-2 EW
- 加藤ほか(2004)
- 2004年留萌支庁南部地震の解放基盤波

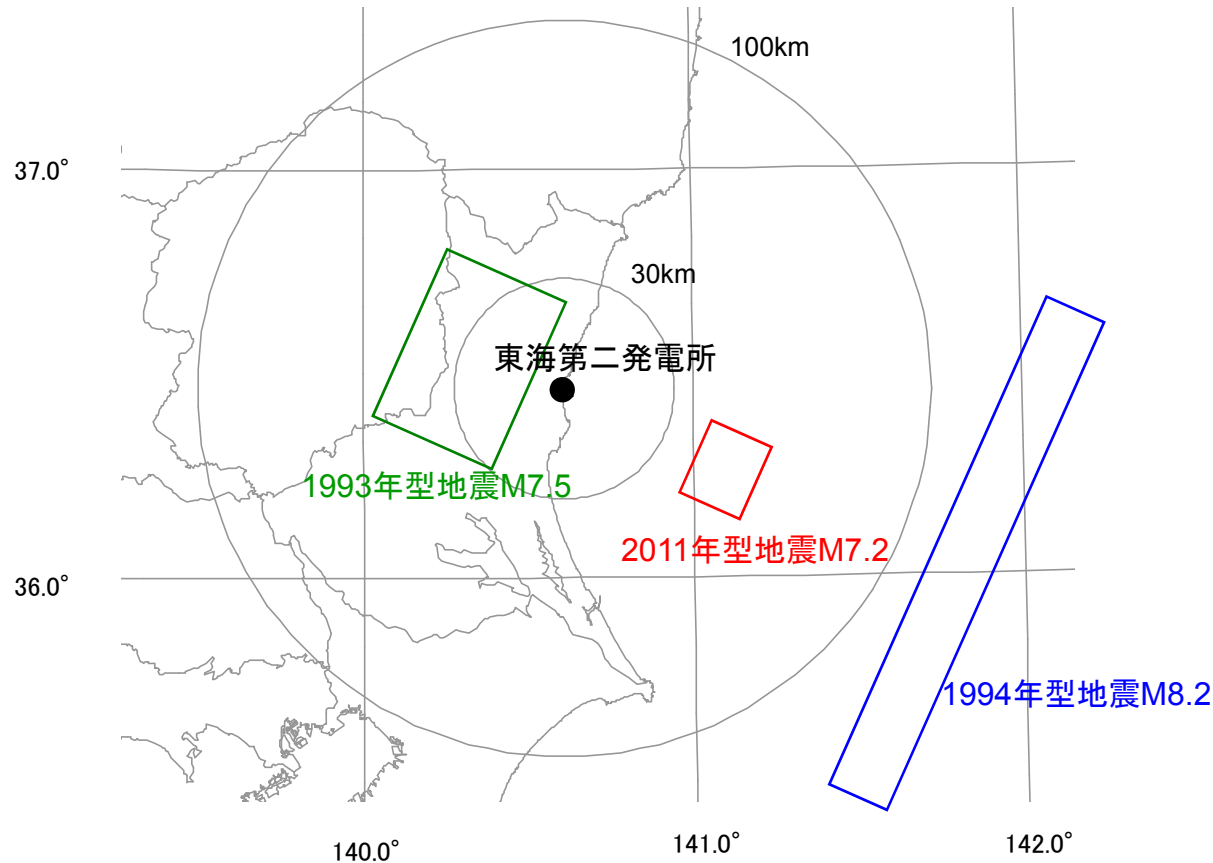
水平成分



- S_s-DV
- S_s-1 UD
- S_s-2 UD
- 加藤ほか(2004)
- 2004年留萌支庁南部地震の解放基盤波

鉛直成分

地震動(22/22) 【参考】 海洋プレート内地震の評価について



海洋プレート内地震の震源モデル(概要図)

茨城県沖の太平洋プレート内では、マグニチュード7クラス以上の海洋プレート内地震は発生していないが、過去に北海道沿岸や東北地方沿岸で発生している海洋プレート内地震と同規模の地震が、茨城県沖周辺で発生することを想定した場合の地震動評価を実施中。

津波の評価(1/9)

2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

○地質・地質構造で得られた断層を反映

○2011年東北地方太平洋沖地震の知見などを踏まえ①陸側と海洋のプレート間地震, ②プレート内地震, ③海域断層の地震等 について発電所に到達する最大の津波を評価し, 敷地への影響はプレート間地震が最大となった

○地震規模Mwは, 2011年東北地方太平洋沖地震の「割れ残り領域」の大きさから Mw8.7と設定

(地震調査研究推進本部地震調査委員会(2011)では, 「2011年東北地方太平洋沖地震で大きくすべった範囲については, これまでの歪みを解放した状態と考えられる」としている。)

○すべり量は, 地震規模をMw8.7とし, 中央防災会議(2012)の方法(大すべり域, 超大すべり域 等)に基づきすべり量を設定

○破壊開始点, 破壊伝播速度及び立ち上がり時間の不確かさの影響を考慮

○プレート間地震は遠地津波として1960年チリ地震津波等を考慮

津波の評価(2/9)

● 地震に起因する津波

① プレート間地震

[地震規模Mw]

➢ 2011年東北地方太平洋沖地震の「割れ残り領域」を設定

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2011)では、「2011年東北地方太平洋沖地震で大きくすべった範囲については、これまでの歪みを解放した状態と考えられる」としている

[すべり量]

➢ 地震規模をMw8.7とし、中央防災会議(2012)の方法に基づきすべり量を設定

[その他]

➢ 破壊開始点の不確かさ等の影響を考慮

➢ 遠地津波として1960年チリ地震津波等を考慮(敷地への影響が最も大きい

1960年チリ地震津波(久慈港にて約3mの痕跡高)を確認)

[津波水位]

➢ 取水口前面での最高水位: T.P.+14.3m

➢ 防潮堤位置での最高水位: T.P.+17.2m

➢ 取水口前面での最低水位: T.P.- 5.3m

② 海洋プレート内地震

③ 海域活断層による内陸地殻内地震

} プレート間地震を上回ることはない

● 地震以外に起因する津波

➢ 陸上や海底での地すべりによる津波 → 陸域及び海底での地すべりに起因する津波について、敷地への影響はない

➢ 海底の活火山の噴火による津波 → 火山現象に起因する津波について、敷地への影響はない

○ 基準津波

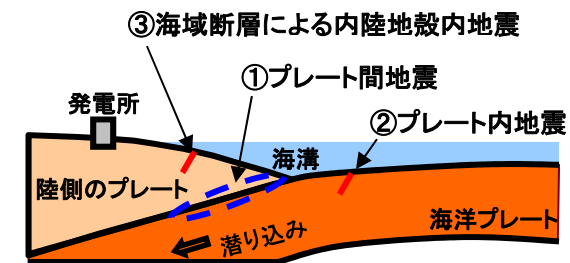
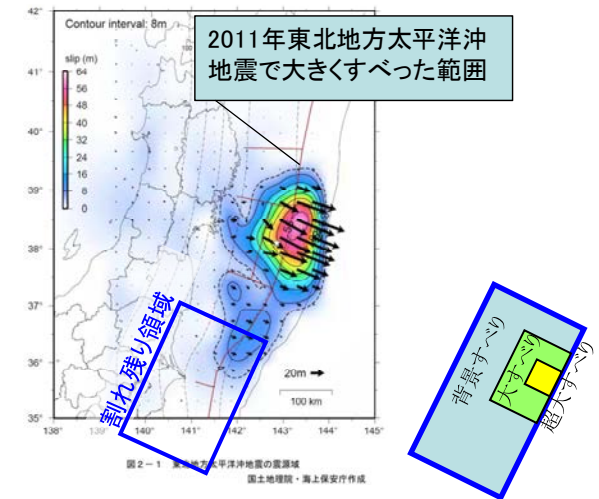
➢ プレート間地震による津波を基準津波として選定

➢ 基準津波(沖合水深100mの位置) 最高水位: T.P.+7.1m, 最低水位: T.P.-4.6m

○ 基準津波の年超過確率の参照

➢ 防潮堤位置での最高水位(T.P.+17.2m)の年超過確率は 10^{-4} 程度であり、取水口前面での最低水位(T.P.-5.3m)の年超過確率は 10^{-3} 程度

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2011)に加筆



津波の評価(3/9)

● プレート間地震の規模の設定

① 2011年東北地方太平洋沖地震の「割れ残り領域」を設定

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2011)では、「2011年東北地方太平洋沖地震で大きくすべった範囲については、これまでの歪みを解放した状態と考えられる」としている。

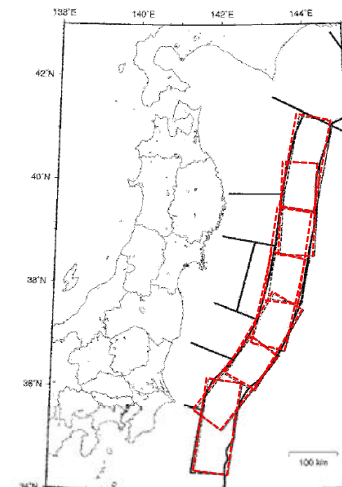
② 「割れ残り領域」の面積から想定される最大規模の地震を設定

「割れ残り領域」の面積で、中央防災会議(2012)の方法に基づき、応力降下量3.0MPaを設定し、最大の地震規模を評価した結果、Mw8.7となった。

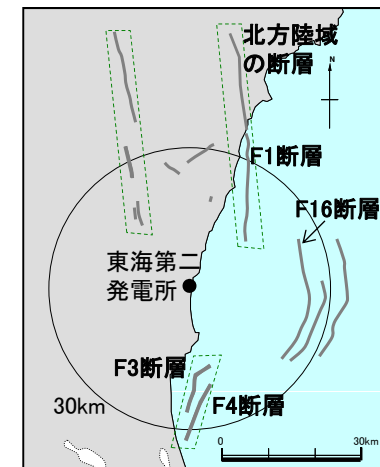
● 海洋プレート内地震及び海域活断層による内陸地殻内地震の影響

➢ 海洋プレート内及び海域活断層の地震規模、発生領域等からプレート間地震を上回ることはない。

地震に起因する津波		Mw	備考
プレート間地震		8.7	「割れ残り領域」で想定される最大規模
海洋プレート内地震		8.6	地震調査委員会(平成17年3月)より設定
海域活断層	⑤F1断層, 北方陸域の断層の連動	7.2	断層長さ44km
	⑧F16断層	6.9	断層長さ26km
	⑥F3断層, F4断層の連動	6.6	断層長さ16km



海洋プレート内地震



海域活断層
(地質・地質構造の検討で評価した断層)

津波の評価(4/9)

すべり量の設定

地震規模Mw8.7とし、中央防災会議(2012)の方法に基づき、パラメータを設定

大すべり域, 超大すべり域の設定

○津波の主部断層の深さ方向の概ね半分より浅い側

大すべり域, 超大すべり域の面積の設定

○「大すべり域」は、過去地震の事例に基づき、断層全体の20%とし、深さ概ね20kmからトラフ軸までの領域に概ね矩形型で設定

○「超大すべり域」は、「大すべり域」内において、断層全体の5%程度とし、概ね矩形型で設定

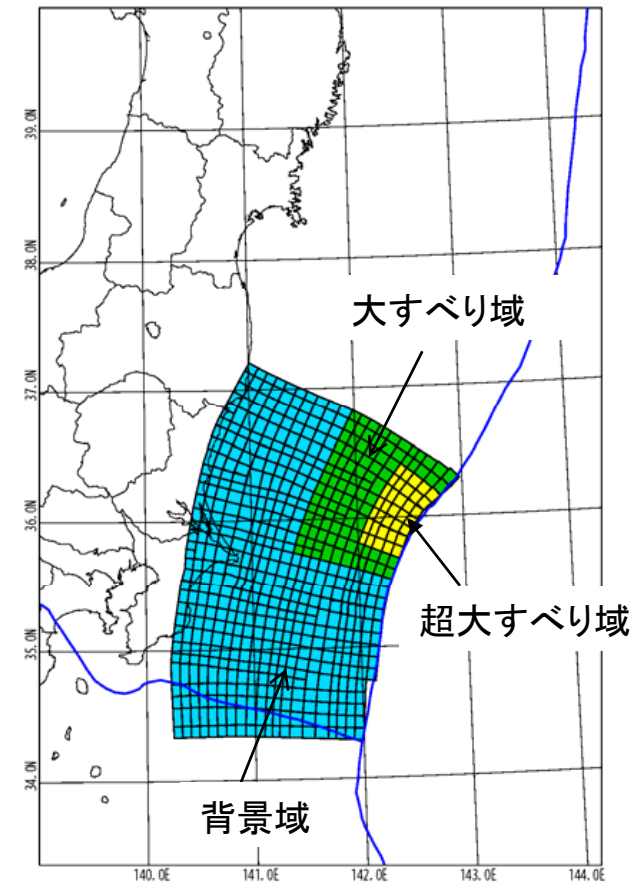
大すべり域, 超大すべり域のすべり量の設定

○「大すべり域」は、「平均すべり量」の2倍で設定

○「超大すべり域」は、「平均すべり量」の4倍で設定

背景のすべり量の設定

○全体すべり量から「大すべり域のすべり量」, 「超大すべり域のすべり量」を除いた残りのすべり量を面積で等価して算出

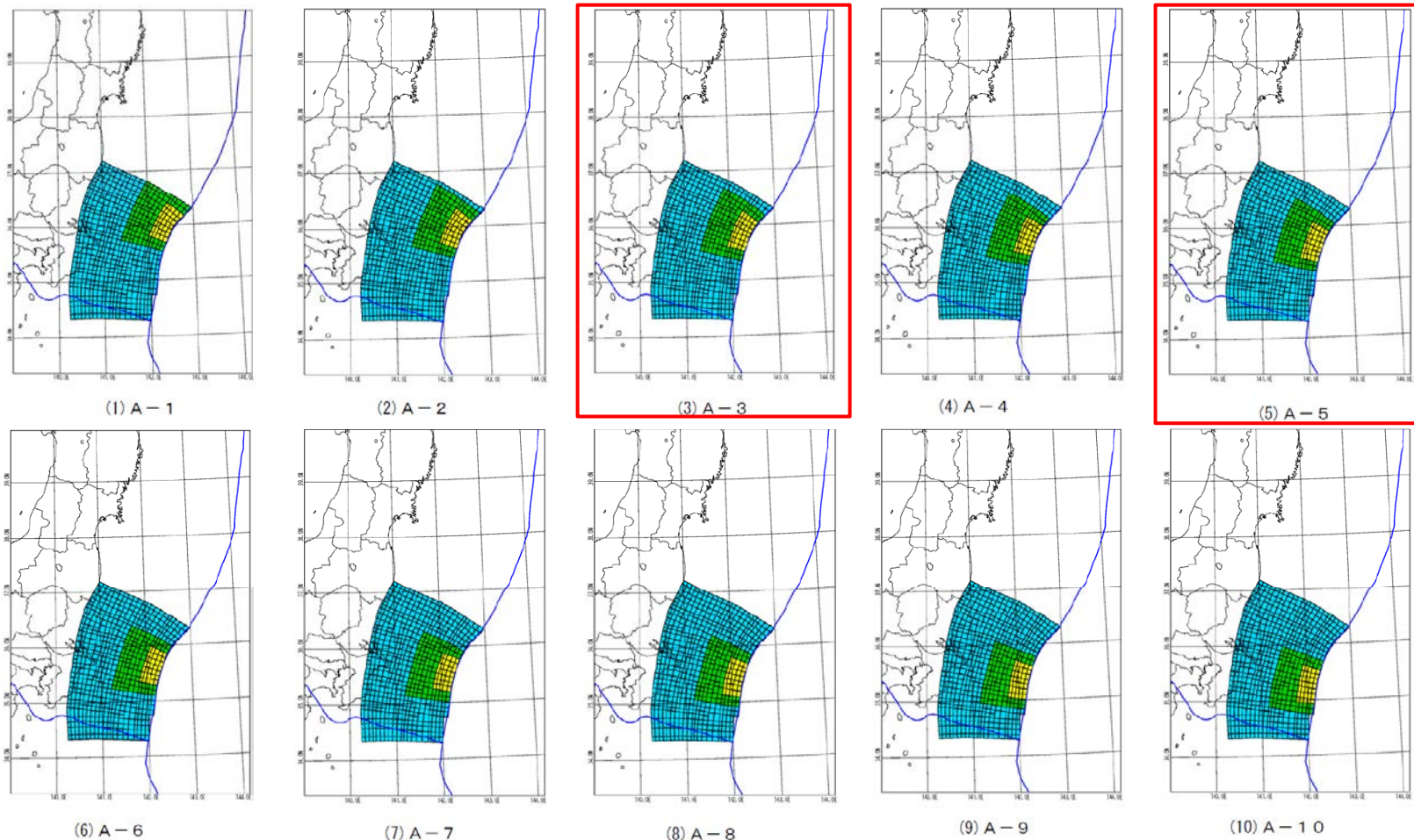


パラメータ	設定値
平均すべり量	6.07 m
超大すべり量	24.28 m
大すべり量	12.14 m
背景	3.79 m

津波の評価(5/9)

すべり量の設定

発電所にとって影響の大きい津波水位となるように大すべり域, 超大すべり域を移動させ, パラメータスタディを実施



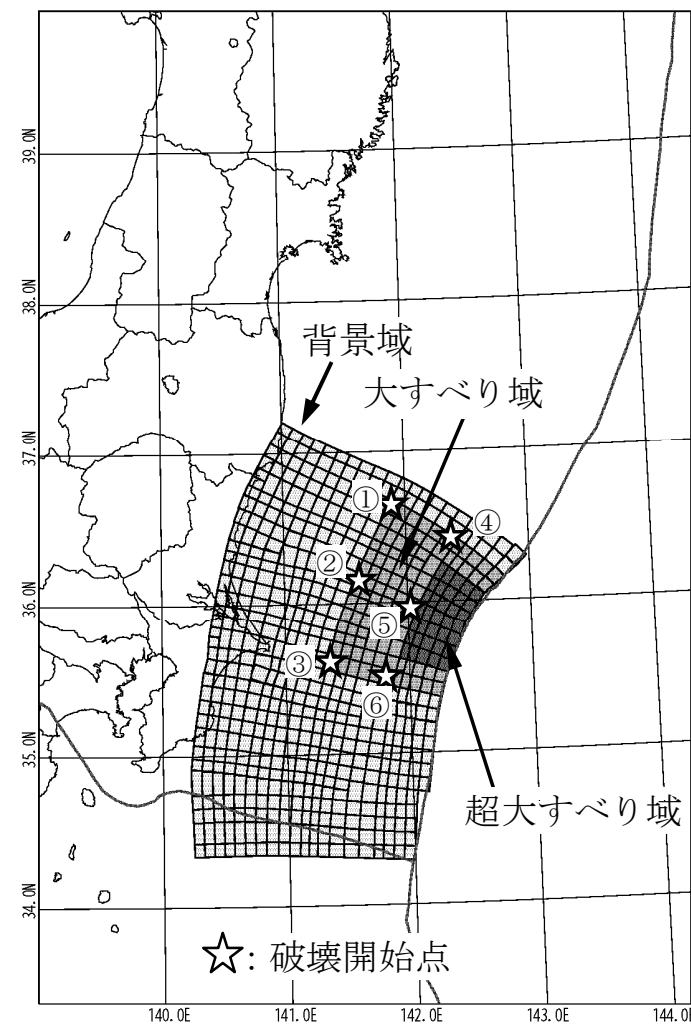
パラメータスタディ(すべり量分布)

津波シミュレーションを実施した結果, 最高水位は防潮堤位置でA-3ケース, 最低水位は取水口前面でA-5ケースが最も厳しい結果となった。

津波の評価(6/9)

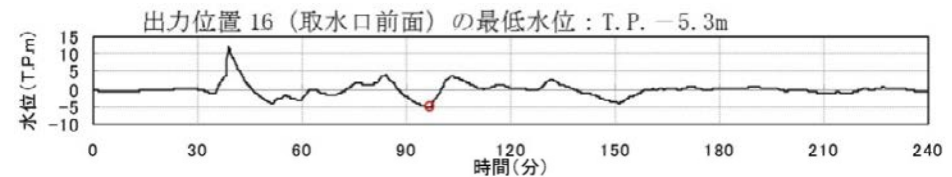
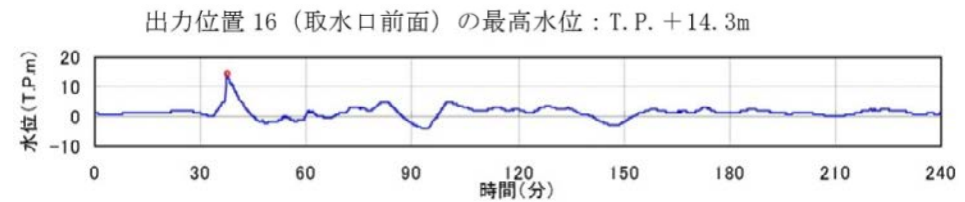
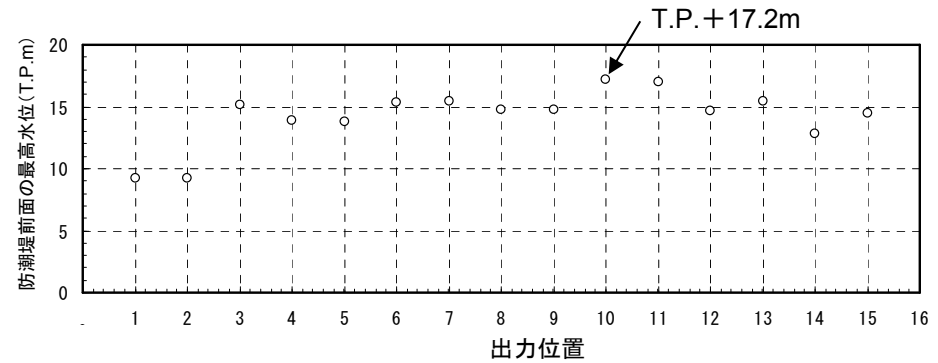
不確かさ等の影響を考慮 破壊開始点他のパラメータスタディ(計48ケース)の実施

項目	設定値
破壊開始点	①～⑥(右図参照)
破壊伝播速度	1.5km/s, 2.0km/s, 2.5km/s, 3.0km/s
立ち上がり時間	30秒, 60秒



※上図は最高水位A-3ケースの場合

津波の評価(7/9)



項目	水位	パラメータ
最高水位※ ¹ (防潮堤)	T.P.+17.2m	破壊開始点⑥, 破壊伝播速度3.0km/s及び立ち上がり時間30秒
最高水位※ ¹ (取水口前面)	T.P.+14.3m※ ³	
最低水位※ ² (取水口前面)	T.P.-5.3m	破壊開始点⑥, 破壊伝播速度1.5km/s及び立ち上がり時間60秒

※1:最高水位は朔望平均満潮位(T.P.+0.61m)を考慮

※2:最低水位は朔望平均干潮位(T.P.-0.81m)を考慮

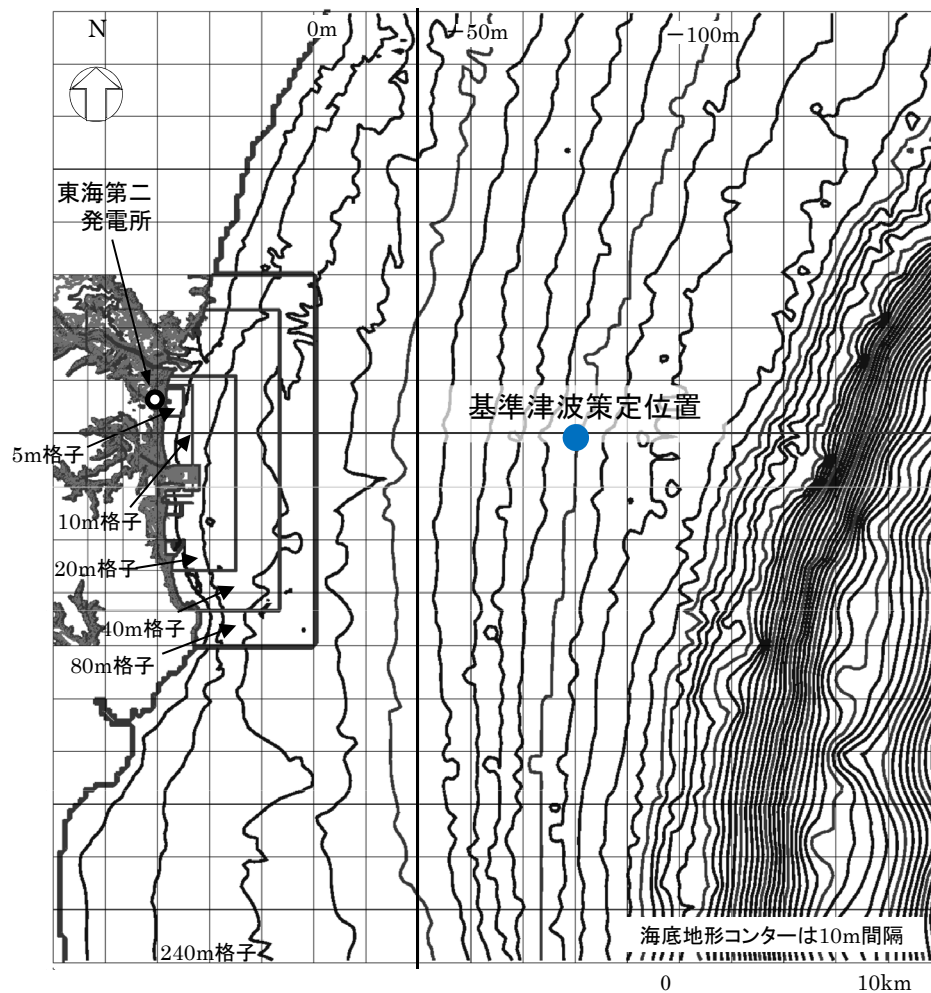
※3:取水口前面の最高水位は, 防潮堤位置の最高水位となったケースにおける

取水口前面の水位。

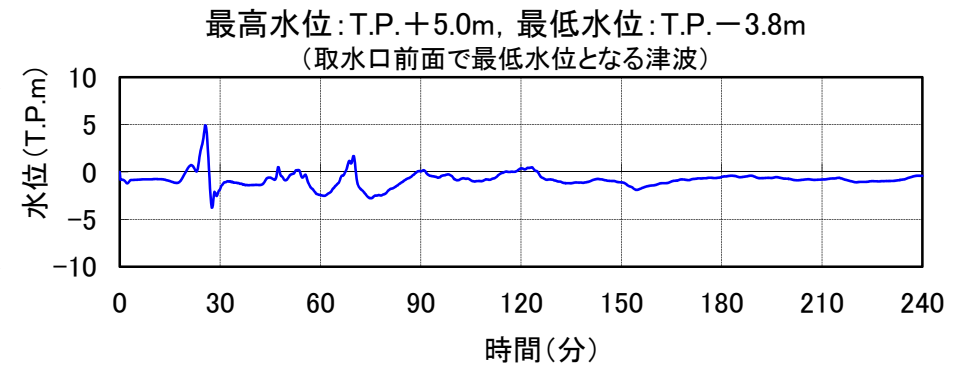
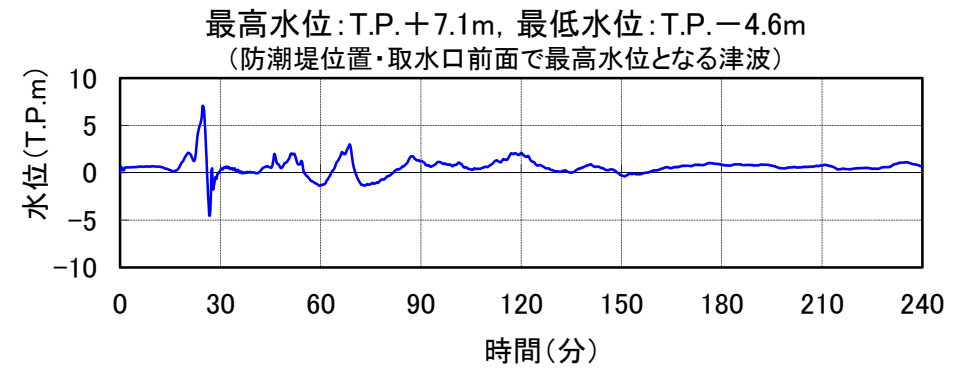
津波の評価(8/9)

- 基準津波(沖合水深100mの位置)の水位の時刻歴波形

基準津波策定位置(水深約100mの位置)は、
最高水位:T.P.+7.1m, 最低水位:T.P.-4.6mとなった。



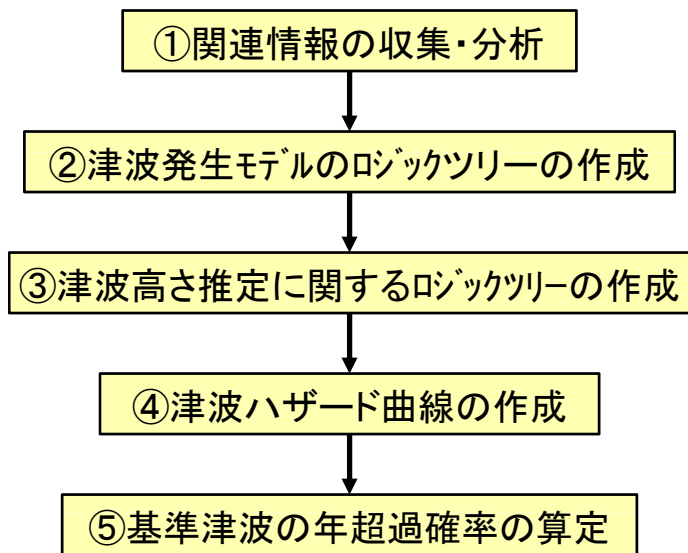
基準津波策定位置図



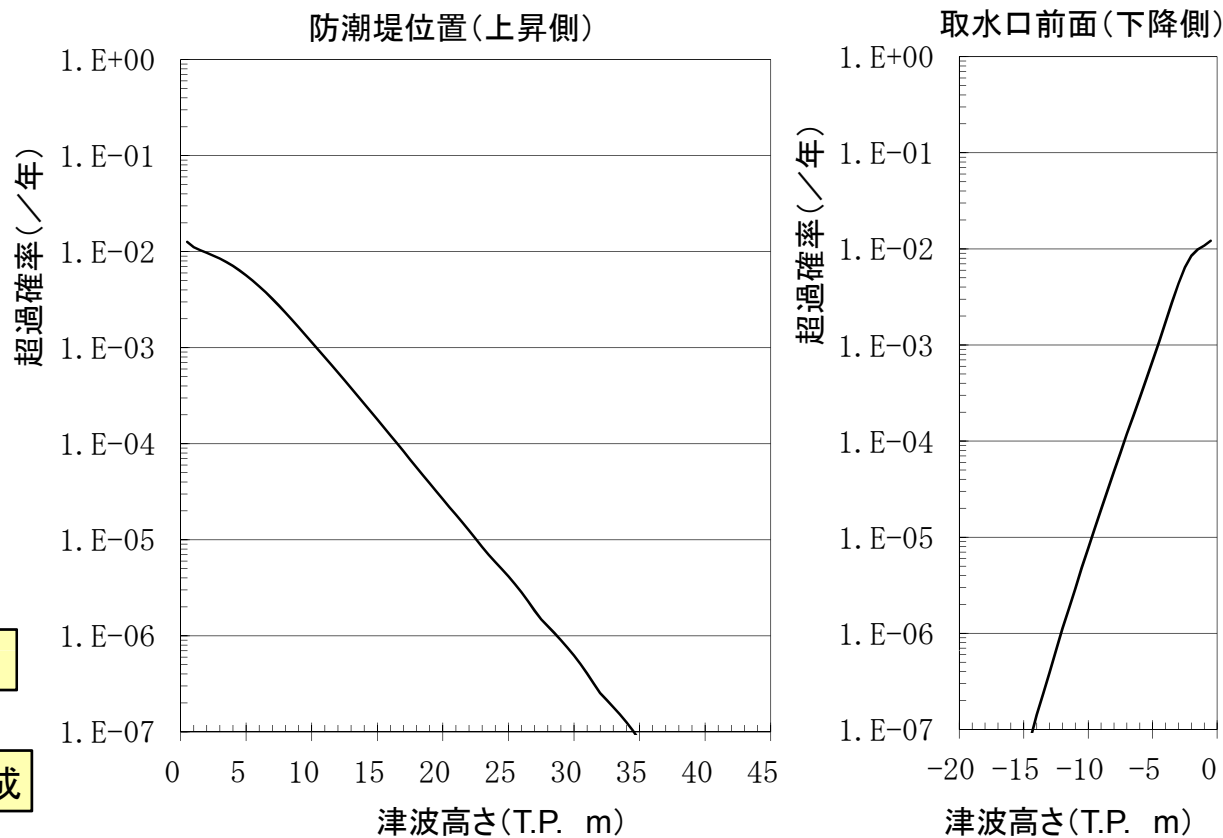
津波の評価(9/9)

一般社団法人日本原子力学会「原子力発電所に対する津波に起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準:2011」の方法に基づき、東北地方太平洋沖地震から得られた知見等を踏まえて、確率論的ハザード評価を実施。

津波ハザード解析のフロー図



平均ハザード曲線



防潮堤位置(上昇側)及び取水口前面(下降側)における平均ハザード曲線より、最高水位(T.P.+17.2m)の年超過確率は 10^{-4} 程度であり、最低水位(T.P.-5.3m)の年超過確率は 10^{-3} 程度である。

2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

基準津波に対して、耐津波設計上重要な施設の安全機能が損なわれることがないように設計する。

○耐津波設計上重要な施設を設置する敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない。また、海と接続する取水口、放水路等の経路から、同敷地及び耐津波設計上重要な施設を内包する建屋に流入させない。

○取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する。

○上記の他、耐津波設計上重要な施設は、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離する。

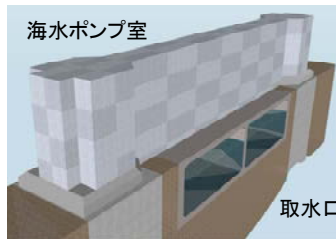
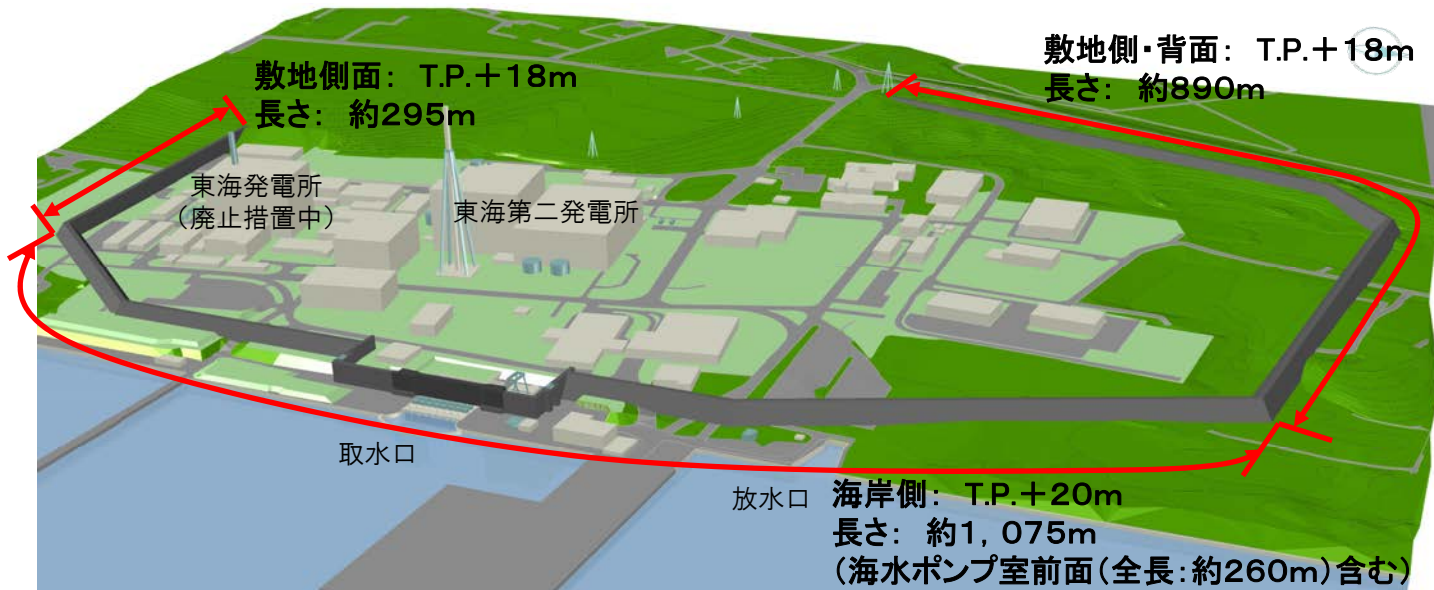
耐津波設計(2/3)

● 耐津波設計上重要な施設(耐震Sクラス)は、基準津波に対して、

- 【外郭防護1】津波の敷地への流入防止、【外郭防護2】漏水による安全機能への影響防止、
- 【内郭防護】津波防護の多重化により、その安全機能が損なわれないように設計する。

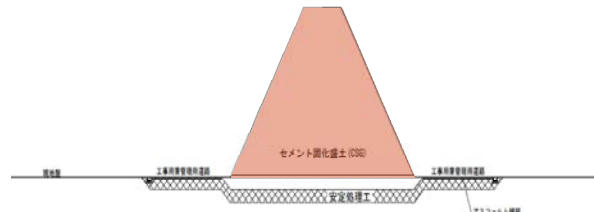
《 主な対策概要 》 ⇒ 対策の詳細については、次回以降ご説明

- 【外郭防護1】防潮堤の設置、取水口、放水路等からの流入防止対策
- 【外郭防護2】海水ポンプグランド冷却水ドレン配管等からの逆流防止対策
- 【内郭防護】原子炉建屋扉の水密化対策



海水ポンプ室 前面イメージ図

＜防潮堤の概要(イメージ図)＞



敷地全体 断面イメージ図

＜水密扉の設置例＞

耐津波設計(3/3)

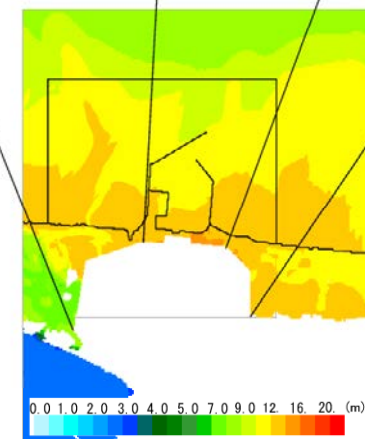
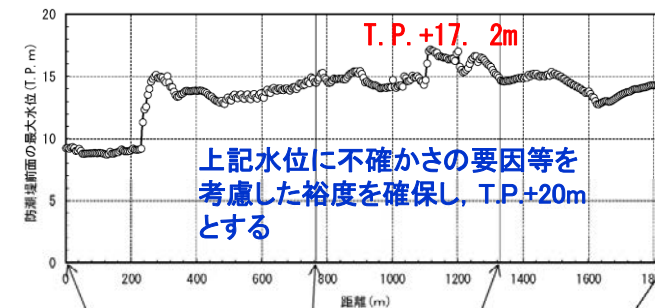
防潮堤の設計に用いる入力津波の設定については、防潮堤位置での基準津波の遡上高さ(T.P.+17.2m)に以下の不確かさ等を考慮して設定する。

- 朔望平均満潮位のばらつきによる潮位上昇
- 高潮の重畳による潮位上昇
- 地震による地殻変動量(基準地震動 S_s による地盤沈下量)
- その他, 設計上の裕度の確保

防潮堤位置での津波遡上高さの検討結果

防潮堤高さへの考慮事項	考慮値
◆ 基準津波評価値	T.P.+17.2m
・ 朔望平均満潮位	(+0.6m)
・ 2011年東北地方太平洋沖地震による地盤沈下量	(+0.2m)
・ 基準津波を生起する地震による地盤沈下量	(+0.3m)
◆ 設計に用いる入力津波	T.P.+18.1m
・ 潮位変動量(朔望平均満潮位のばらつき及び高潮の重畳※)	(+0.9m)

※ 既往最大高潮潮位と既考慮済の朔望平均満潮位の差分



防潮堤位置における津波高さ

津波高さ設定に際しての不確かさ等の要因による潮位上昇量を約0.9mと評価し、これを基準津波の評価値であるT.P.+17.2mに加えるとT.P.+18.1mとなる。

さらに、設計上の裕度として基準地震動 S_s による地盤沈下量やその他設計上の余裕を考慮して、2m程度の高さを確保し、海岸側防潮堤高さをT.P.+20mと設定した。敷地側面及び背面部分についても、同様の不確かさを考慮して、T.P.+18.0mと設定した。

火山の影響評価(1/6)

2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

(設計対応不可能な火山事象の有無を評価)

○敷地を中心とする半径160kmの範囲に位置する第四紀火山(約258万年前以降に活動した火山)

から、将来の活動可能性が否定できない12火山を抽出。

○設計対応不可能な火山事象として、事象について発電所への影響の有無を検討

- ①火砕物密度流 噴出中心からの距離が160kmより短ければ、影響を受ける可能性があるものとする
- ②溶岩流 噴出中心からの距離が50kmより短ければ、影響を受ける可能性があるものとする
- ③岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊
噴出中心からの距離が50kmより短ければ、影響を受ける可能性があるものとする
- ④新しい火口の開口 発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する
- ⑤地殻変動 原子力発電所との位置関係によらず、検討する

(発電所に影響を与える可能性のある火山事象を評価)

○発電所敷地に到達する可能性のある火山事象として、降下火砕物、火山性土石流、火山から発生する飛来物、火山ガス、静振、大気現象、火山性地震、熱水系及び地下水の異常について、発電所への影響を検討する。

(降下火砕物の影響を評価)

○原子炉建屋、海水系等の安全施設について、降下火砕物の影響(堆積荷重、機器の閉塞、化学的影響等)を評価した。

火山の影響評価(2/6)

● 設計対応不可能な火山事象の有無

- 敷地を中心とする半径160kmの範囲に位置する第四紀火山※1から、将来の活動可能性が否定できない12火山(右図)を抽出した。
- 将来の活動可能性が否定できない12火山については、発電所から最も近い火山でも敷地から約90kmと十分離れており、また過去に設計対応不可能な火山事象※2が発電所に到達したこともない。このことから、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性はなく、火山活動のモニタリングは不要であると評価した。

※1：約258万年前以降に活動した火山

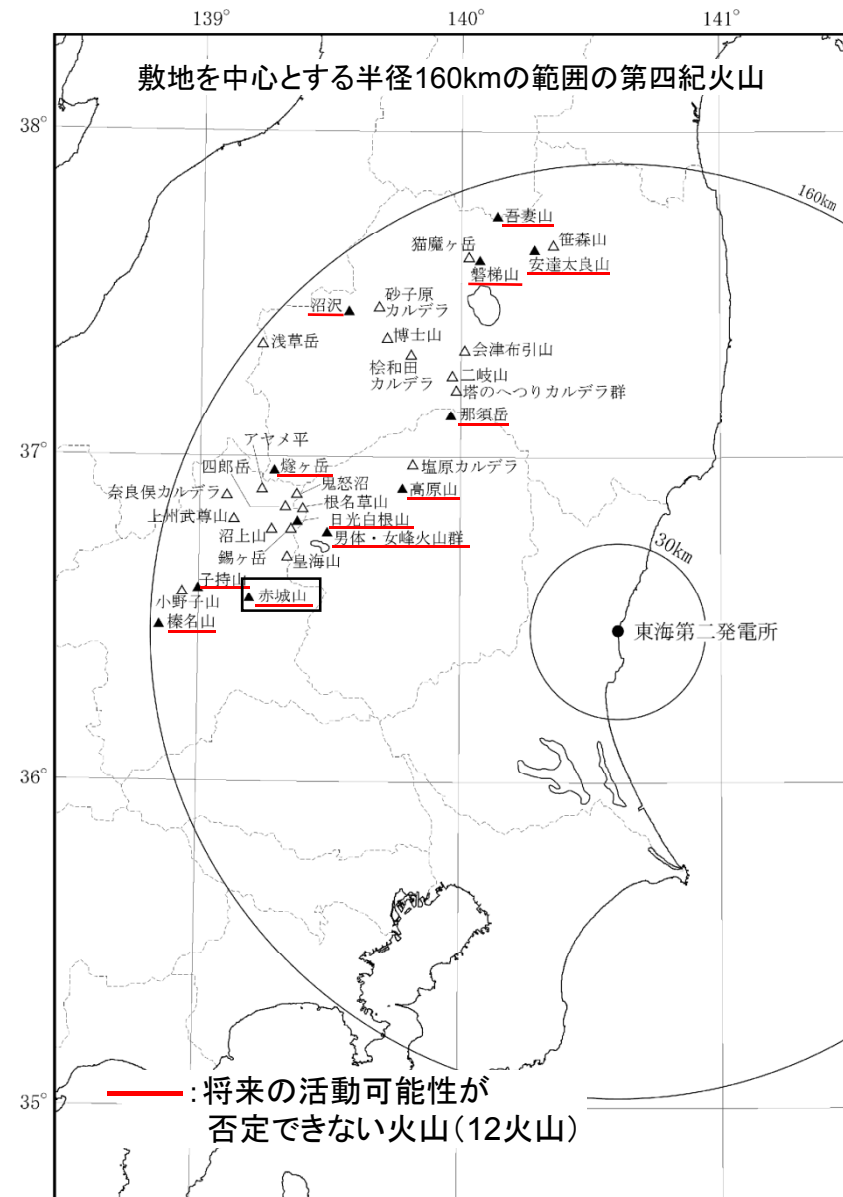
※2：火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火道の開通及び地殻変動

● 発電所に影響を与える可能性のある火山事象

- 発電所敷地に到達する可能性のある火山事象として、降下火砕物が抽出された。
- 160km以遠の第四紀火山も含め、文献及び敷地調査を基に、敷地における降下火砕物の堆積厚さを40cm(赤城山)と評価した。(詳細は次頁)

● 降下火砕物の影響評価

- 原子炉建屋、海水系等の安全施設について、降下火砕物の影響(堆積荷重、機器の閉塞、化学的影響等)を評価し、必要な対策を図ることで健全性を維持することを確認した。



火山の影響評価(3/6)

● 発電所に影響を与える可能性のある火山事象

- 発電所敷地に到達する可能性のある火山事象として、降下火砕物が抽出された。
- 降下火砕物については、文献調査、敷地付近のボーリング調査等により、その層厚等を調査した。

● 調査結果

- 降下火砕物については、新編火山灰アトラス(町田・新井, 2003)によると、発電所付近において赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) が厚さ10cm~40cmとされている。
- 敷地付近のボーリング調査結果では、赤城鹿沼テフラが約20cmの厚さで確認されている。
- 以上のことから、敷地における **降下火砕物の堆積厚さを40cmと評価した。**

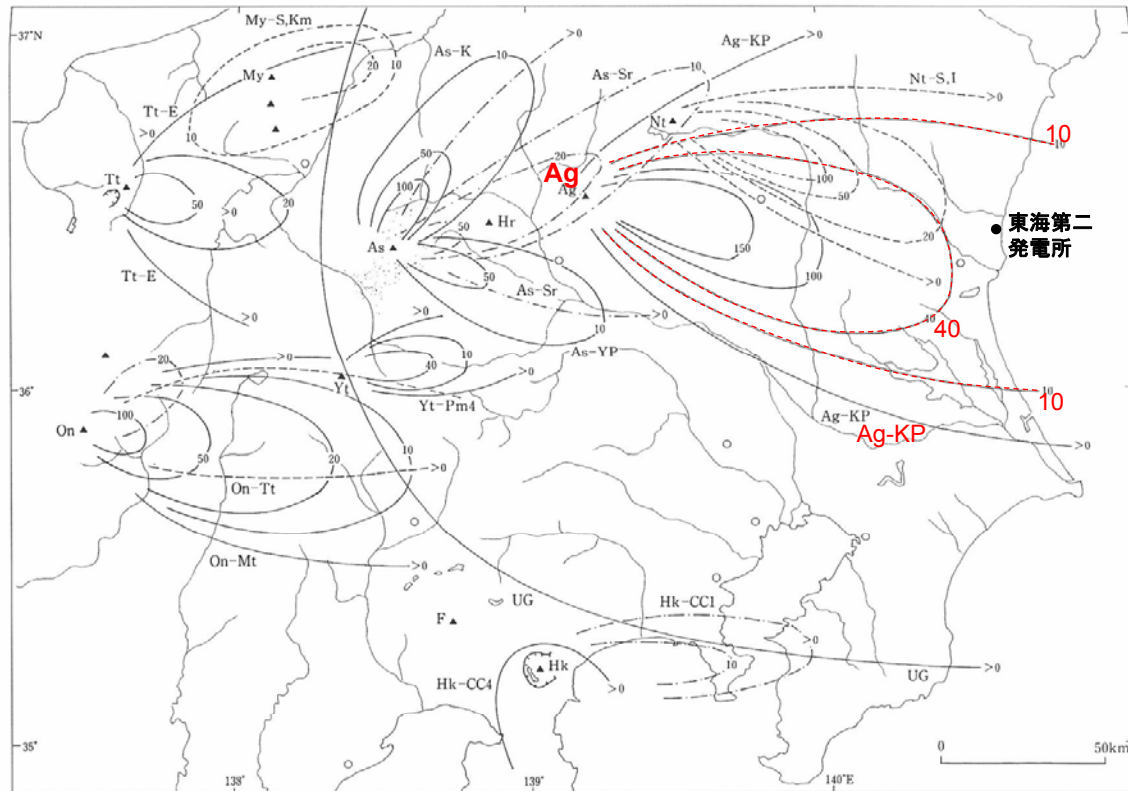


図 3.3-2 中部・関東地方の後期更新世主要テフラの等層厚線図 (その1)。

Nt-S 男体七本桜¹⁾より編集 Nt-I 男体今市¹⁾より編集 UG 立川ローム上部ガラス質²⁾など
 As-Sr 浅間白糸³⁾ Yt-Pm4 ハッ岳⁴⁾ Ag-KP 赤城鹿沼¹⁾ As-K 浅間草津 (pflの分布も示す)³⁾ As-YP 浅間板鼻黄色 (pflの分布も示す)³⁾
 Hk-CC1 箱根中央火口丘¹⁾ Tt-E 立山E⁵⁾を修正 On-Mt 御岳三岳¹⁰⁾など On-Tt 御岳巖野¹⁰⁾など Hk-CC4 箱根三島⁹⁾
 Tt:立山, My:妙高, As:浅間, Hr:榛名, Ag:赤城, Nt:日光男体, On:御嶽, Yt:ハッ岳, F:富士, Hk:箱根, [1] 関東ローム研究グループ (1965), 2) 鈴木正章 (1991), 3) 中沢ほか (1984), 4) Kawachi et al. (1967), 5) 中谷 (1970), 6) 鈴木毅 (1990), 7) 早津・新井 (1980), 8) 町田 (1971), 9) 町田 (1992), 10) 竹本ほか (1987)]

新編火山灰アトラス(町田・新井,2003)に加筆

火山の影響評価(4/6)

将来の活動可能性が否定できない12火山

		km* ¹	抽出判断
高原山(効ハラヤマ)	栃木	88	完新世* ² に活動を行った火山
那須岳(ナスダケ)	栃木	94	完新世に活動を行った火山
男体・女峰火山群 (ナantai・ニヨホウカザンゲン)	栃木	111	完新世に活動を行った火山
日光白根山 (ニッコウシラネサン)	群馬	116	完新世に活動を行った火山
赤城山(アカギサン)	群馬	127	完新世に活動を行った火山
燧ヶ岳(ヒウチガタケ)	福島	130	完新世に活動を行った火山
安達太良山(アダタラヤマ)	福島	132	完新世に活動を行った火山
磐梯山(バンダイサン)	福島	134	完新世に活動を行った火山
沼沢(ヌマサワ)	福島	143	完新世に活動を行った火山
吾妻山(アヅマヤマ)	福島/山形	147	完新世に活動を行った火山
榛名山(ハルナサン)	群馬	157	完新世に活動を行った火山
子持山(コモチヤマ)	群馬	144	最後の活動終了からの期間が 過去の最大休止期間より短い火山

*1 数字は東海第二発電所からの距離を記載

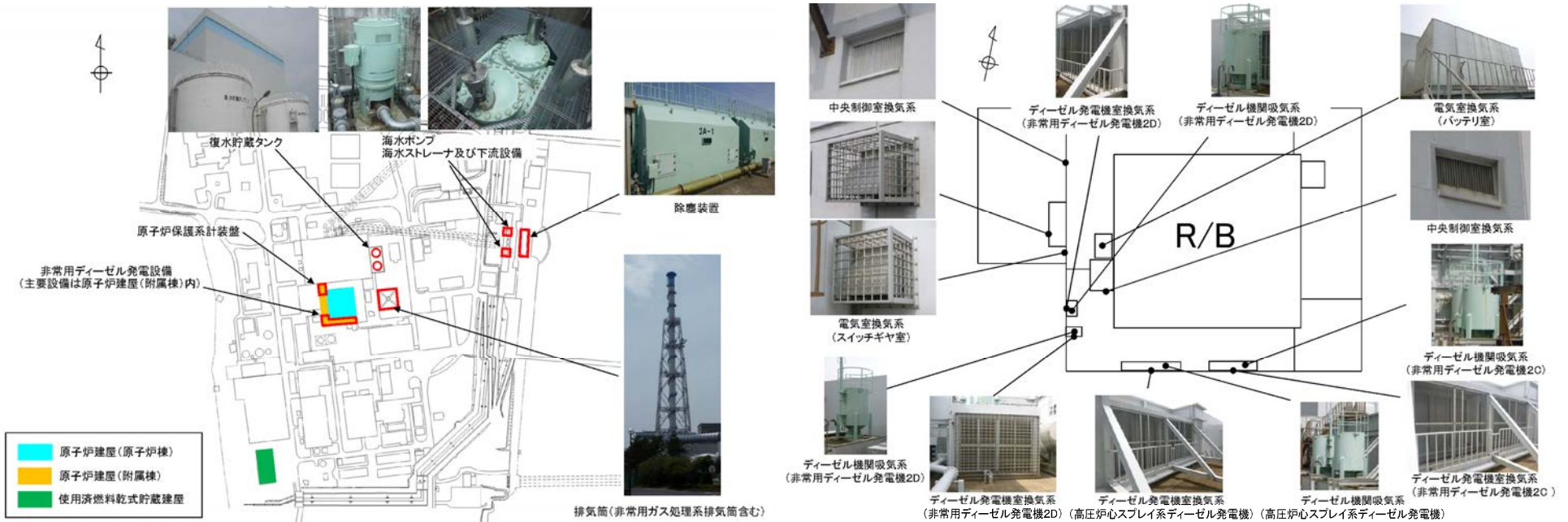
*2 現代から約1万年前までの地質時代の区分

火山の影響評価(5/6)

● 降下火砕物の影響評価と対策

➤ 降下火砕物の影響(堆積荷重, 機器の閉塞, 化学的影響等)を受ける可能性のある, 原子炉建屋, 海水系, 換気設備等の安全施設を抽出した。

項目	設定	備考
層厚	40cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用
密度	湿潤密度:1.5g/cm ³ 乾燥密度:0.4~0.8g/cm ³	
荷重	6,524N/m ² (湿潤状態の降下火砕物に積雪条件等を考慮する)	
粒径	5mm以下	水循環系の閉塞及び換気系,電気系及び計装制御系に対する機械的影響の評価に使用



評価対象施設

* クラス1及びクラス2に属する構築物, 系統及び機器のうち, 降下火砕物の影響を考慮し, 安全機能を損なうおそれがある施設及びそれらを格納する建屋, 並びにこれらの設備に波及的影響を及ぼす設備を評価対象施設として抽出

火山の影響評価(6/6)

● 降下火砕物の影響評価と対策

➤ 評価対象となる安全施設について、降下火砕物の影響(堆積荷重, 機器の閉塞, 化学的影響等)を評価し, 必要な対策を図ることで健全性を維持することを確認した。主な評価結果を以下に示す。

影響項目	主な対象設備／評価対象	主な評価結果等
直接的影響		
降下火砕物による静的荷重影響	原子炉建屋, 使用済燃料乾式貯蔵建屋, 復水貯蔵タンク, 海水ポンプ及びストレーナ・下流設備, 排気筒, 除塵装置	各設備の健全性を維持 ・堆積物による荷重(湿潤状態に加えて積雪荷重の重畳を考慮)が, 構造物の許容応力値以下に保てることを確認
降下火砕物による化学的影響	原子炉建屋, 使用済燃料乾式貯蔵建屋, 復水貯蔵タンク, 海水ポンプ及びストレーナ・下流設備, 除塵装置	各設備の健全性を維持 ・機器表面の材質, 塗装等により腐食の発生はない。
降下火砕物による閉塞	海水ポンプ及びストレーナ・下流設備, 非常用ディーゼル発電機, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機, 除塵装置	各設備が閉塞で機能喪失しない ・降下火砕物の粒径と狭隘部の流路の内径の関係から閉塞しない。
降下火砕物が換気系の外気取入口に侵入	中央制御室空調系, 電気室換気系, ディーゼル発電機室換気系* *ディーゼル発電機室換気系にはフィルタを追設予定	換気系機能維持及び中央制御室の居住性確保 ・フィルタによる侵入抑制 ・換気系の閉回路循環運転による侵入抑制
間接的影響		
長期的な外部電源の喪失	降下火砕物が送電線の碍子に付着し, 広範囲において送電網が損傷することで, 外部電源が喪失した場合の影響	原子炉停止及び停止後の原子炉及び使用済燃料プールの冷却に係る電力供給が7日間に渡り継続可能

詳細については, 次回以降ご説明

竜巻の評価(1/5)

2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

(竜巻検討地域の設定)

- 発電所が海岸線付近に立地するため、海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を目安に竜巻検討地域を設定

(基準竜巻の設定)

- 基準竜巻の最大風速は、竜巻検討地域において、過去に発生した竜巻の規模や発生頻度、最大風速の年超過確率等を考慮して適切に設定

(基準竜巻の最大風速)

- 過去に発生した竜巻による最大風速と竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速のうち大きな風速とする

(設計竜巻の最大風速)

- 発電所近傍の地形効果を考慮し、サイト近傍での竜巻風速の増加の可能性を確認

(影響評価)

- 原子炉建屋、海水系等の安全施設について、影響評価(風荷重、気圧差による荷重及び飛来物の衝撃荷重の考慮、並びに飛来物の貫通評価)を実施(影響評価に用いる最大風速は、保守性を考慮した100m/s)
- 設計飛来物として鋼製パイプ(2×0.05m, 8.4kg)鋼製材(4.2×0.3×0.2m, 135kg)等を設定

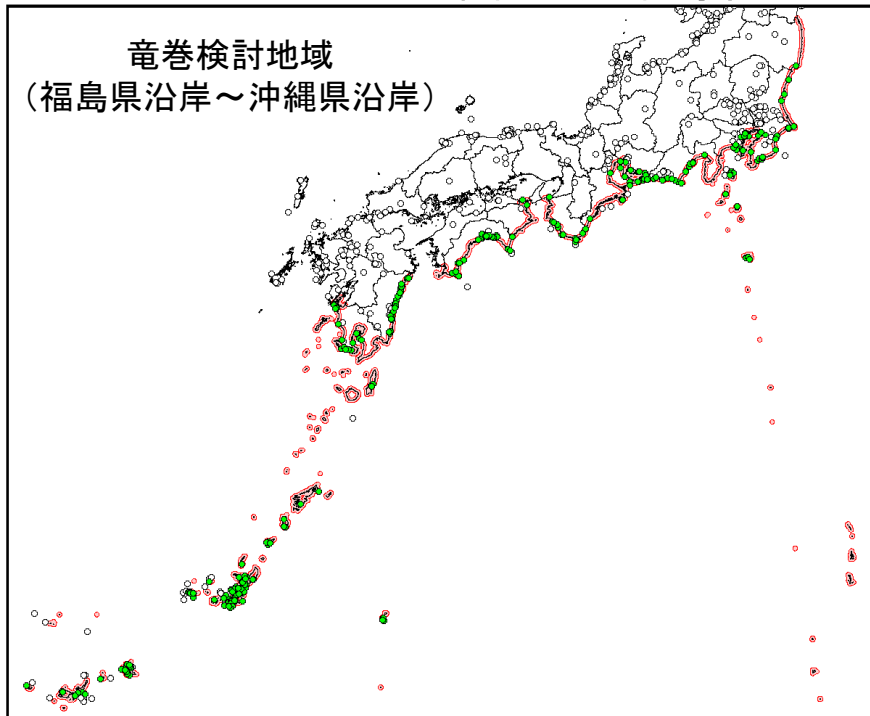
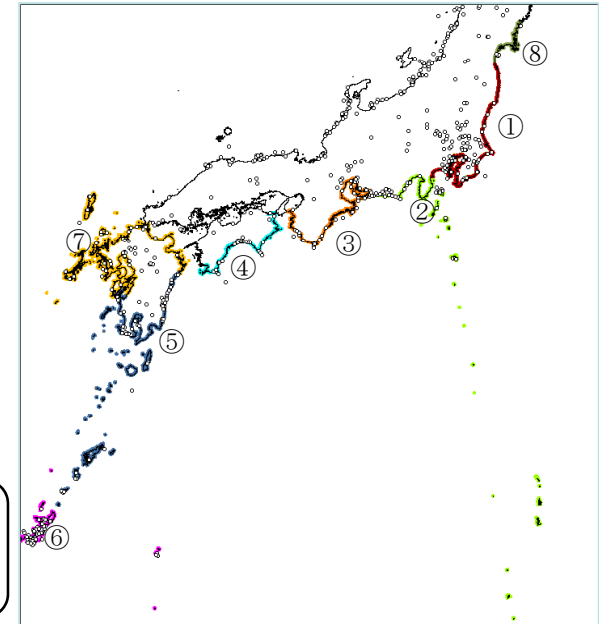
竜巻の評価(2/5)

● 基準竜巻・設計竜巻の設定

① 竜巻検討地域の設定

以下の観点に基づき竜巻検討地域を設定した。

- 「気象条件が類似する地域」と「局所的な地域特性」を考慮
 - ・太平洋沿岸では主に台風起因の竜巻が多く発生
- 発電所は海岸線付近に立地していることから、海岸線から陸側5km及び海側5kmの範囲とする。
- 上記を踏まえ、**竜巻検討地域を福島県沿岸～沖縄県沿岸に設定**



単位面積当たり発生数が最大の領域を選定

名称	領域	領域面積 (km ²)	51.5年間に領域内で発生した個数	単位面積当たり発生数 (個/年/km ²)
TA _{1.1}	①福島県～神奈川県	7,900	40	0.98E-04
TA _{1.2}	①～②福島県～静岡県	15,700	68	0.84E-04
TA _{1.3}	①～③福島県～和歌山県	23,400	104	0.86E-04
TA _{1.4}	①～④福島県～高知県	28,600	138	0.94E-04
TA _{1.5}	①～⑤福島県～鹿児島県	46,700	194	0.81E-04
TA _{1.6}	①～⑥福島県～沖縄県	57,000	300	1.02E-04
TA _{1.7}	①～⑦福島県～九州全県	79,700	337	0.82E-04
TA _{1.8}	①～⑥,⑧宮城県～沖縄県	59,700	302	0.98E-04

太平洋側海岸沿いの領域と単位面積当たり発生数を踏まえた竜巻検討地域の設定

竜巻の評価(3/5)

● 基準竜巻・設計竜巻の設定

② 基準竜巻の最大風速(V_B)の設定

➤ 竜巻検討地域における過去最大の竜巻の風速 V_{B1} (藤田スケールF3:92m/s)

発生日時	都道府県	市町村	Fスケール
1999年09月24日 11時07分	愛知県	豊橋市	F3
1990年02月19日 15時15分	鹿児島県	枕崎市	(F2~F3)
1978年02月28日 21時20分	神奈川県	川崎市	F2~F3
1969年12月07日 18時00分	愛知県	豊橋市	(F2~F3)
1968年09月24日 19時05分	宮崎県	高鍋町	(F2~F3)
1967年10月28日 03時12分	千葉県	飯岡町	(F2~F3)

気象庁「竜巻等の突風データベース」に基づく、1961年~2012年に竜巻検討地域内で発生した最大の竜巻はF3スケール相当

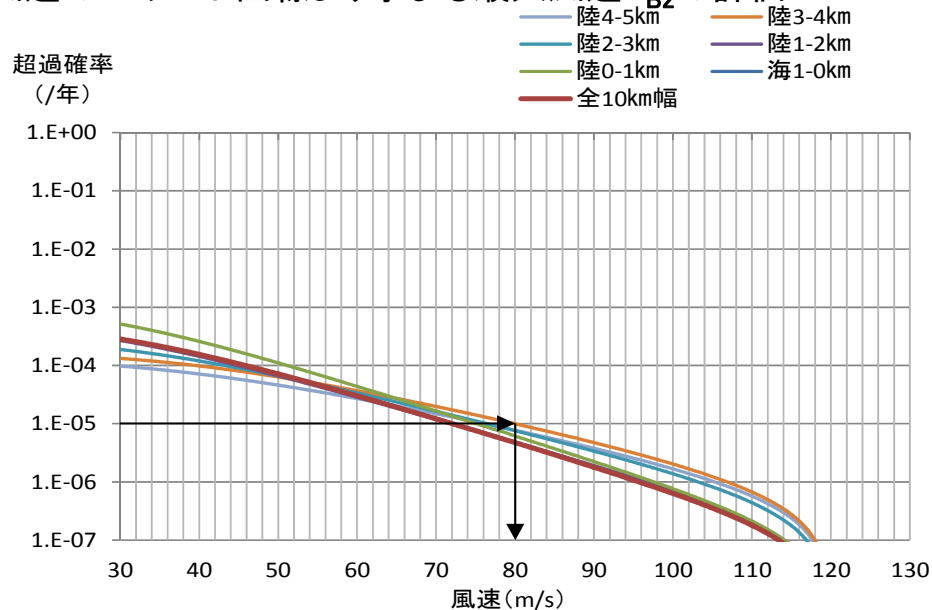


F3スケール風速(70m/s~92m/s)より**最大風速92m/s**を選定

竜巻の評価(4/5)

● 基準竜巻・設計竜巻の設定

➢ 竜巻最大風速のハザード曲線より求まる最大風速 V_{B2} の評価



竜巻検討地域全域(1km幅)でのハザード曲線(年超過確率 10^{-5} 相当:80m/s)

竜巻の年発生数, 最大風速, 被害幅, 被害長さ, 竜巻影響エリア等の諸量から, 竜巻検討地域全域でのハザード曲線を導出



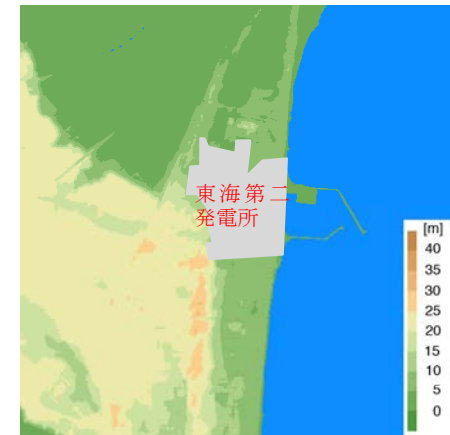
ハザード曲線で年超過確率 10^{-5} で最も大きな風速を与えるのは陸側3-4kmの場合で80m/sとなった。

➢ V_{B1} 及び V_{B2} より, 基準竜巻の最大風速 V_B を 92m/s と設定 ($V_B = \max(V_{B1}, V_{B2})$)

③ 設計竜巻の最大風速(V_D)の設定

➢ 東海第二発電所周辺の敷地は, 既往の研究等を参照した結果, 竜巻の増幅が考えられる地形(下り斜面, 山裾, 台地状の丘)に当てはまらず, 地形効果による竜巻の増幅の可能性は低いと判断されることから, 発電所近傍の地形効果による V_B の割増しは考慮不要と判断した。

➢ 設計竜巻の最大風速 V_D は92m/sと設定



東海第二発電所を中心とした東西3km×南北3kmの地形標高

竜巻の評価(5/5)

● 影響評価

原子炉建屋, 海水系等の安全施設の影響評価 (風荷重, 気圧差による荷重及び飛来物の衝撃荷重)を実施

(影響評価に用いる最大風速は, V_D に対し保守性を考慮した100m/sとし, 竜巻の特性値はこれに基づき設定)

● 新規対策の例

➤ 風荷重対策 …… 排気筒の補強

➤ 飛来物対策 …… 防護ネット等の設置

➤ 飛散防止対策 …… 竜巻飛来物になり得る構内物品の固縛, 固定

詳細については, 次回以降ご説明

森林火災等の評価(1/11)

2011年3月以降の新規制基準等を踏まえた評価の考え方

森林火災等の評価事象について、熱、爆風、ばい煙等による影響評価を実施

○森林火災

発電所から10km圏内で出火し、延焼する森林火災

○近隣産業施設等の火災

発電所から10km圏内にある産業施設等での火災・爆発

(石油コンビナート等の産業施設, 危険物タンク, 燃料輸送車両, 漂流船舶)

○航空機墜落による火災

落下確率 10^{-7} 回/炉年となる位置に墜落した航空機による火災

○二次的影響の評価

ばい煙や有毒ガス発生による評価対象施設や中央制御室の居住環境への影響

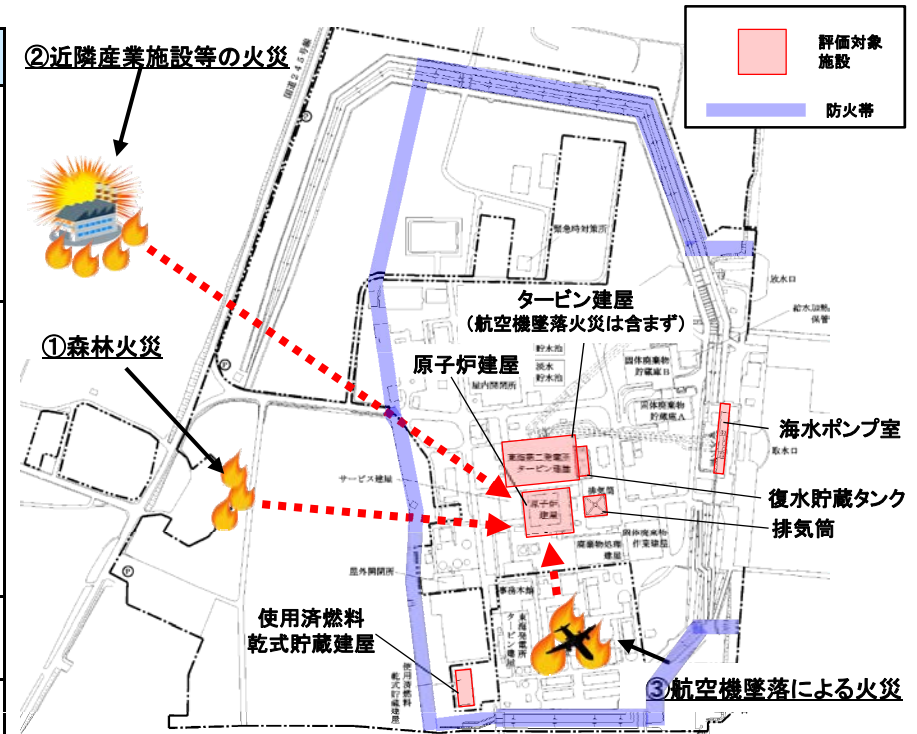
森林火災等の評価(2/11)

- 森林火災等の評価事象について、熱、爆風、ばい煙等による影響評価を実施した。

評価事象	評価内容
① 森林火災	発電所から10km圏内で出火し、延焼する森林火災
② 近隣産業施設等の火災	発電所から10km圏内にある産業施設等での火災・爆発 (石油コンビナート等の産業施設, 危険物タンク, 燃料輸送車両, 漂流船舶)
③ 航空機墜落による火災	落下確率 10^{-7} 回/炉年となる位置に墜落した航空機による火災

- 必要な対策を施すことで、原子炉建屋、海水系等の安全施設の安全機能が喪失しないことを確認した。

評価事象	影響評価結果, 対策例
① 森林火災	<ul style="list-style-type: none"> 必要な防火帯幅が確保可能であることを確認した。 防火帯の外縁から原子炉建屋等の間に、必要となる離隔距離を確保可能であることを確認した。 火災到達時間評価結果から、発電所内に常駐する自衛消防隊による対応が可能であることを確認した。
② 近隣産業施設等の火災	<ul style="list-style-type: none"> 発電所に火災・爆発影響を及ぼす石油コンビナート等の産業施設が、10km圏内に無いことを確認した。 発電所外の考慮すべき屋外危険物タンク等からの火災・爆発影響について、必要となる離隔距離を確保していることを確認した。 発電所内の危険物タンクによる火災の熱影響に対し、軽油貯蔵タンクの地下化、重油タンクの移設等の対策により、原子炉建屋等の外壁が許容限界温度未滿となることを確認した。
③ 航空機墜落による火災	<ul style="list-style-type: none"> 航空機墜落による火災の熱影響に対し、原子炉建屋等の外壁が許容限界温度未滿となることを確認した。
④ 二次的影響 (ばい煙等)	<ul style="list-style-type: none"> 外気を取り込む設備, 屋外設置機器, 中央制御室の居住環境等がばい煙や有毒ガスの影響を受けないことを確認した。



発電所内の評価対象施設及び各評価のイメージ

森林火災等の評価(3/11)

● 森林火災の評価(1)

➤ 発電所から10km圏内で出火し、延焼する森林火災の評価を行う。

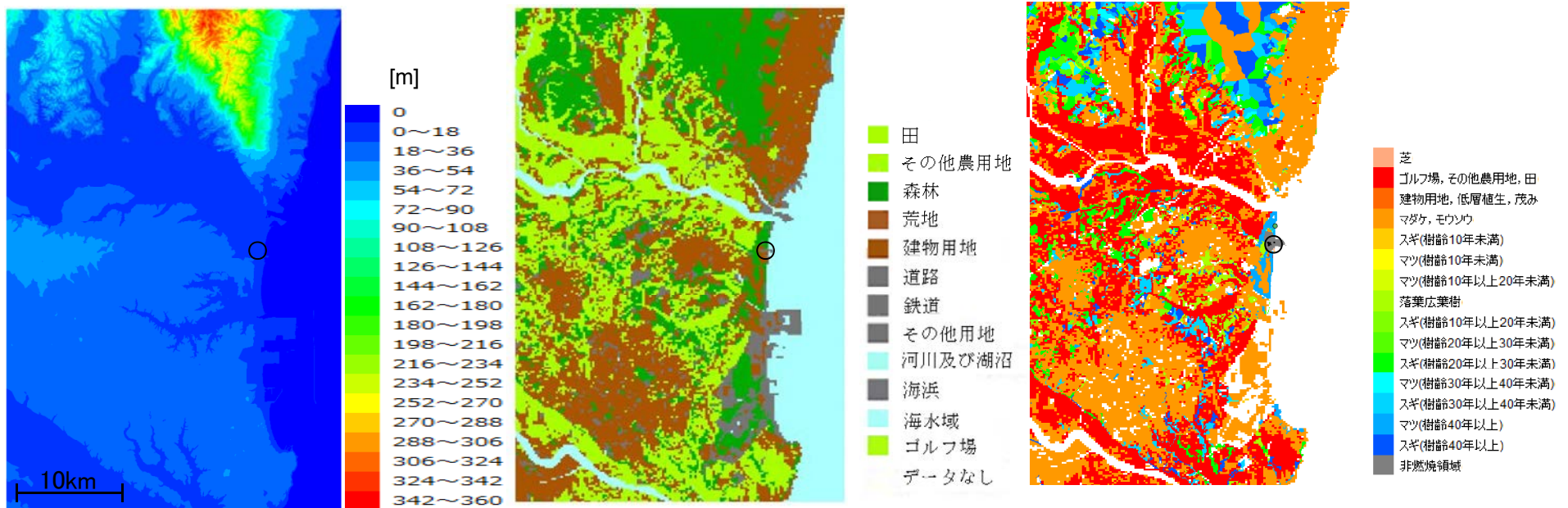
原子力規制委員会の定めた「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」(以下「評価ガイド」という。)に基づき、森林火災シミュレーション解析コードFARSITEを使用して解析を実施する。

○ 森林火災による火炎の到達時間, 必要な防火帯幅, 熱影響, 危険距離を評価し, 原子炉建屋等の評価対象施設影響を及ぼさないことを評価する。

入力条件として以下を整備

○ 東海第二発電所付近の周囲標高, 土地利用区分, 植生分布データを準備

○ : 東海第二発電所



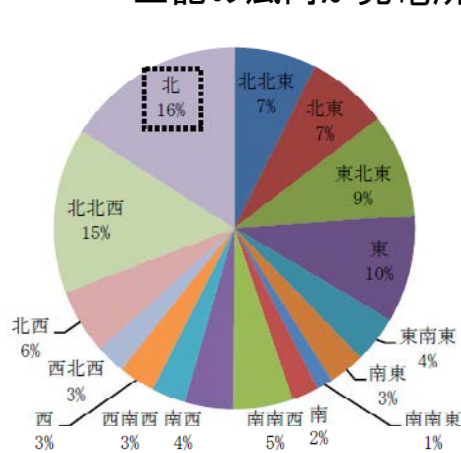
東海第二発電所付近の周囲標高, 土地利用区分及び植生分布

森林火災等の評価(4/11)

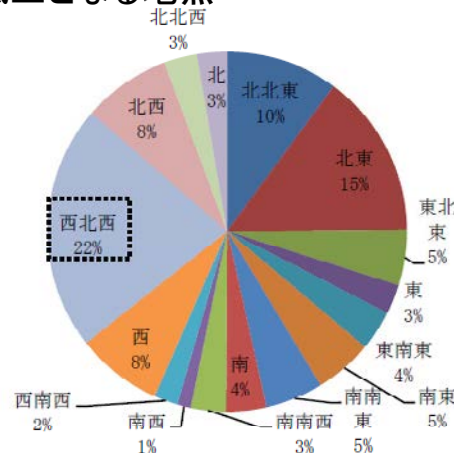
● 森林火災の評価(2)

➤ 森林火災シミュレーション解析コードFARSITEを使用して解析を実施する。

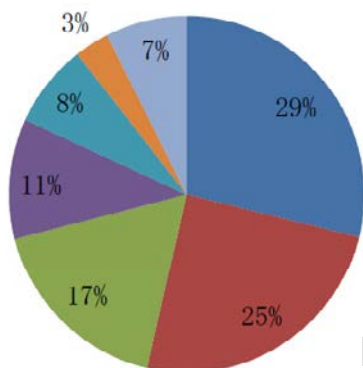
- 発電所付近の気象データに基づき風向・風速等を設定
 - ・高い発現頻度や最大風速(14.3m/s)時の風向を設定
- 県内の出火原因等を踏まえて発火点を複数設定
 - ・道路沿いや人が火を使う可能性があるエリアを選定
 - ・上記の風向が発電所風上となる地点



卓越風向割合【水戸気象台】



卓越風向割合【東海第二発電所】



茨城県内の出火原因割合
【「消防防災年報」(茨城県)】



想定発火点位置と風向

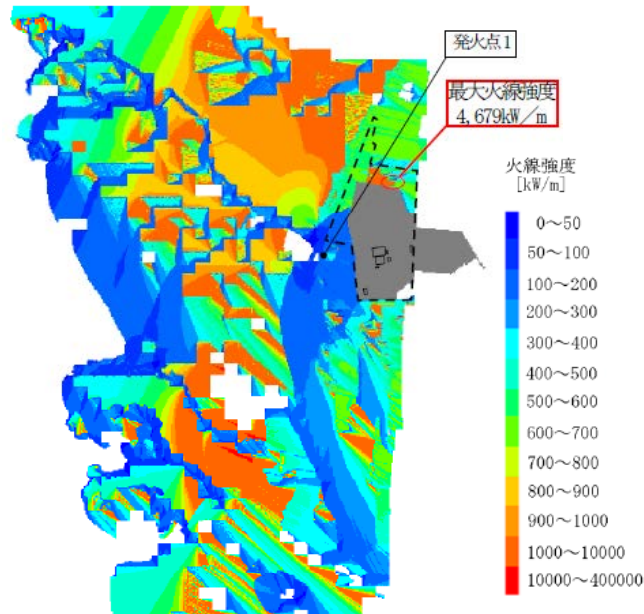
森林火災等の評価(5/11)

● 森林火災の評価(3)

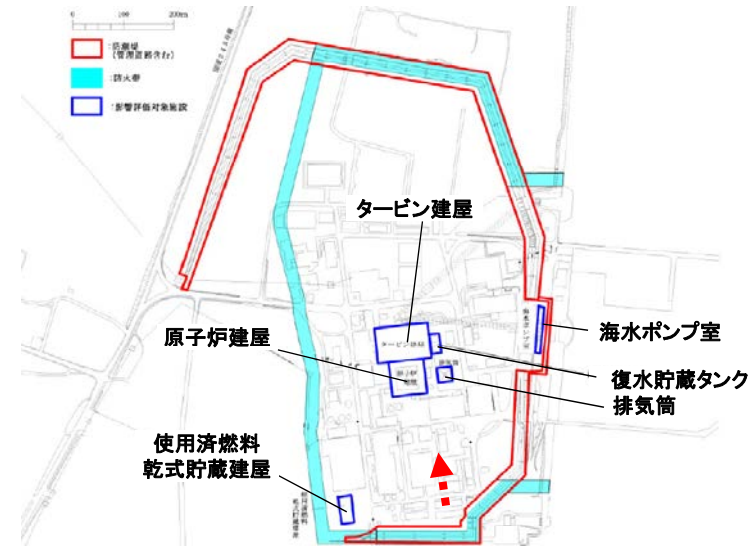
- 森林火災シミュレーション解析コードFARSITEを使用し解析を実施する。
 - FARSITEの解析により, 発電所周辺の延焼状況及び各地点の火線強度を算定
 - 各発火点中で最も厳しい発火点1の最大火線強度に基づき, 延焼防止対策としての防火帯(21.0m)を設定
 - 火災による森林境界からの熱影響について, 評価対象施設の離隔距離が危険距離を上回ることを確認

各発火点ごとの解析結果(最大火線強度)

発火点位置	発火点1	発火点2	発火点3	発火点4	発火点5	発火点6	発火点7
最大火線強度 [kW/m]	4,679	1,512	4,661	4,382	3,629	3,621	1,032



火線強度解析結果(発火点1)



森林火災による熱影響・危険距離評価結果*

評価対象施設	評価温度 (°C)	許容温度 (°C)	危険距離 (m)	離隔距離 (m)	判定
原子炉建屋	50	200	15	161	○
海水ポンプ室	50	200	15	260	○
使用済燃料乾式貯蔵建屋	82	200	15	37	○
タービン建屋	50	200	15	141	○
排気筒	53	350	18	234	○
復水貯蔵タンク	46	66	7	253	○

*最も厳しい発火点の評価結果を記載

森林火災等の評価(6/11)

● 森林火災の評価(4)

➢ 森林火災シミュレーション解析コードFARSITEを使用し解析を実施する。

○ FARSITEの解析により, 防火帯外縁に到達する火炎到達時間を算定

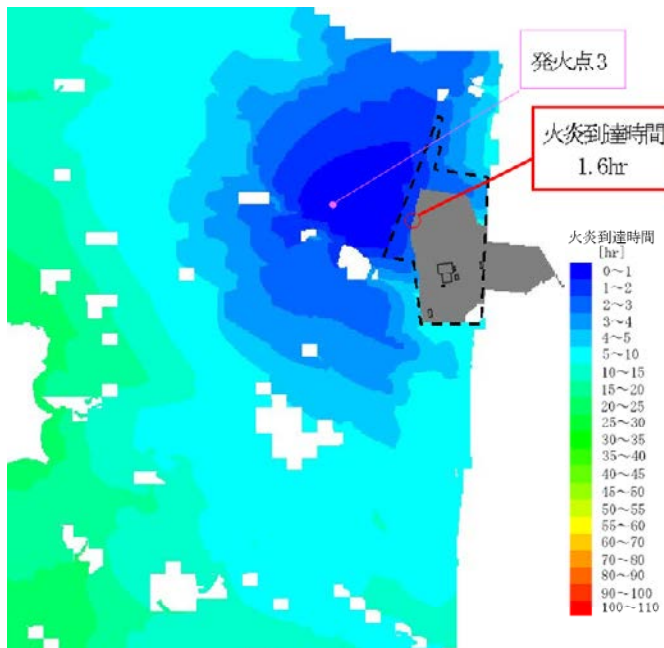
○ 火炎到達時間以内に火災の覚知及び発電所に24時間常駐している初期消火活動要員による散水活動が可能である

各発火点ごとの解析結果(火炎到達時間)

発火点位置	発火点1	発火点2	発火点3	発火点4	発火点5	発火点6	発火点7
火炎到達時間 [hr]	3.3	2.8	1.6	5.8	3.5	2.4	0.3

・発電所で火災を発見した場合は速やかに通報することを, 社内規定で定めている。また, カメラを使用して森林火災に対する監視を行う。

・火炎到達時間以内に防火帯外縁付近への散水が可能であることを訓練により確認している。



散水開始までの所要時間

項目	活動内容	森林火災覚知後の経過時間(分)			
		0	10	20	30
火災延焼中の連絡	当直守衛員又は発電長への火災延焼中の連絡	▽			
各所連絡・通報	119番通報及び所内連絡	5分			
消火活動準備	初期消火活動要員出動準備		5分		
	消火活動場所までの移動			5分	
	ホース展長・散水準備				8分
消火活動開始	防火帯への散水開始				▽ 23分後 散水準備完了

□: 実績を基にした時間(発電所北側の森林縁を消火ポイント) □: 過去の実績等から想定した時間

火炎到達時間の解析結果(発火点3)

消防訓練状況図

森林火災等の評価(7/11)

● 近隣産業施設等の火災・爆発の評価(1)

- 発電所から10km圏内の産業施設等の火災・爆発の評価を行う。(石油コンビナート等産業施設, 危険物タンク(発電所外))
- 発電所に火災・爆発影響を及ぼす石油コンビナート等の産業施設は約50km遠方であり, 10km圏内に無いことを確認

① 石油類貯蔵施設【火災評価】

- ・評価対象施設スクリーニングのため, 法令の貯蔵制限より火災時熱影響が最大(1.4km)となる仮想的タンク(n-ヘキサン10万kL)の評価に基づき, 発電所敷地から1.4km以内の危険物タンク*1を調査し火災影響評価を実施
- ・当該タンクの火災から危険距離を算出し, 影響評価対象施設に対して必要な離隔距離を有することを確認

② 高圧ガス貯蔵施設【爆風圧評価】

- *1 屋外タンク1箇所を評価対象に選定。その他施設は距離1.4km以上か地下貯蔵式であり対象外
- ・10km圏内最大の高圧ガス貯蔵施設(発電所より1.5km)の評価を行い, 必要な離隔距離を有することを確認



① 危険物貯蔵タンク 火災影響評価結果*2

評価対象施設	危険距離(m)	離隔距離(m)	判定
原子炉建屋	41	1,100	○
海水ポンプ室	41	1,300	○
使用済燃料乾式貯蔵建屋	41	800	○
タービン建屋	41	1,200	○
排気筒	9	1,200	○
復水貯蔵タンク	20	1,200	○

*2 評価ガイドに基づき, 燃料の種類, 貯蔵量, 輻射発散度, 防油堤面積等より, 燃焼半径, 燃焼時間等を評価し, 評価対象施設の外壁等の温度上昇を評価

② 高圧ガス貯蔵タンク 爆風圧影響評価結果*3

想定爆発源	危険距離(m)	離隔距離(m)	判定
LNGタンク	373	1,500	○
LPGタンク			

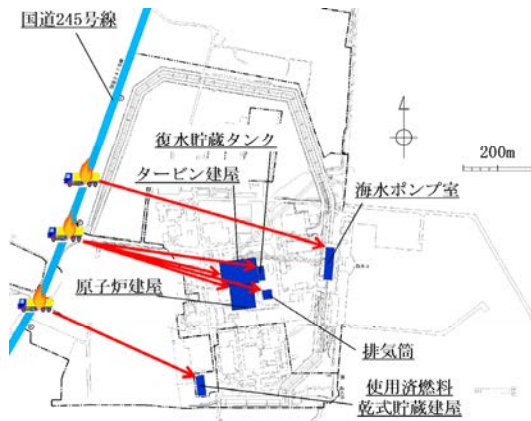
*3 評価ガイドに基づき, ガスの種類, 貯蔵量より, 人体に影響を与えない爆風圧(0.01MPa以下)となる距離を評価

森林火災等の評価(8/11)

●近隣産業施設等の火災・爆発の評価(2)

➤ 発電所から10km圏内の産業施設等の火災・爆発の評価を行う。(燃料輸送車両, 船舶)

○ 燃料輸送車両, 船舶の火災・爆発の評価を行い, 発電所の影響評価対象施設に影響を及ぼす危険距離・危険限界距離に対して十分な離隔距離を確保していることを確認



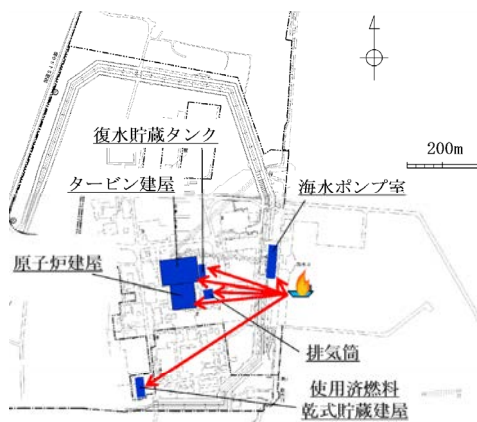
燃料輸送車両の火災影響評価結果

評価対象施設	危険距離 (m)	離隔距離 (m)	判定
原子炉建屋	15	510	○
海水ポンプ室	15	760	○
使用済燃料乾式貯蔵建屋	15	520	○
タービン建屋	15	450	○
排気筒	9	610	○
復水貯蔵タンク	10	560	○

燃料輸送車両の爆風圧影響評価結果

想定爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離 (m)	判定
LNGローリー	81	450	○
LPGローリー	88	450	○

船舶の火災評価結果



評価対象施設	大型船		漂流船舶		判定
	危険距離 (m)	離隔距離 (m)	危険距離 (m)	離隔距離 (m)	
原子炉建屋	165	1,100	54	300	○
海水ポンプ室	165	900	54	70	○
使用済燃料乾式貯蔵建屋	165	1,300	54	530	○
タービン建屋	165	1,100	54	270	○
排気筒	80	1,100	26	250	○
復水貯蔵タンク	71	1,100	23	270	○

船舶の爆風圧影響評価結果

想定爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離 (m)	判定
LNG輸送船	335	1,100	○
LPG輸送船	340	1,100	○
内航船	165	250	○

森林火災等の評価(9/11)

●近隣産業施設等の火災・爆発の評価(3)

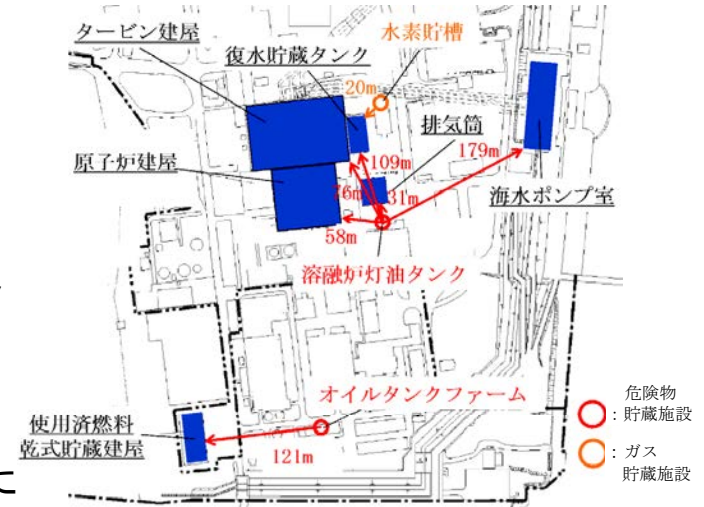
➤ 発電所から10km圏内の産業施設等の爆発飛来物の評価を行う。

(高圧ガス貯蔵施設, 燃料輸送車両, 漂流船舶)

○ 発電所の評価対象施設に影響を及ぼす飛来物の飛散距離に対して十分な離隔距離を確保しているか, 飛来物対策が施されているか確認
 ・タンク内圧が大気圧に近い低温貯蔵型タンクは, 大規模な爆発事象(BLEVE)が起こり難いため, 東日本大震災でBLEVEによる爆発火災が起きた加圧貯蔵型タンクについて爆発飛来物の評価を行う。

➤ 発電所敷地内の危険物貯蔵施設の火災・爆風圧の評価を行う。

○ 発電所の影響評価対象施設に影響を及ぼす危険距離・危険限界距離に対して十分な離隔距離を確保していることを確認



可燃性ガス貯槽の爆発飛来物評価結果

想定爆発源	飛散距離 (m)	離隔距離 (m)	判定
低温貯蔵型 LNGタンク	—	1,500	○
低温貯蔵型 LPGタンク	—	1,500	○
加圧貯蔵型LPGタンク A	1,406	3,300	○
加圧貯蔵型LPGタンク B	1,226	9,000	○
加圧貯蔵型LPGタンク C	1,342	10,000	○
加圧貯蔵型LPGタンク D	1,354	9,700	○
加圧貯蔵型LPGタンク E	1,342	9,500	○
加圧貯蔵型LPGタンク F	1,219	10,000	○
加圧貯蔵型LPGタンク G	1,304	9700	○
加圧貯蔵型LPGタンク H	1,268	5,500	○

燃料輸送車両・船舶の爆発飛来物評価結果

想定爆発源	飛散距離 (m)	離隔距離 (m)	判定
低温貯蔵型 LNGローリー	—	450	○
低温貯蔵型 LPGローリー	—	450	○
加圧貯蔵型 LPGローリー	1,218	450	○※1
低温貯蔵型 LNG輸送船	—	1,100	○
低温貯蔵型 LPG輸送船	—	1,100	○

※1: 加圧貯蔵型のLPGローリーの爆発飛来物は発電所に到達するが, 影響評価対象施設に衝突する可能性は低く, 竜巻影響評価において想定飛来物に対する評価及び対策をすることから影響はない。

敷地内危険物タンクの火災評価結果※2

評価対象施設	評価温度 (°C)	許容温度 (°C)	判定
原子炉建屋	56	200	○
海水ポンプ室	51	200	○
使用済燃料乾式貯蔵建屋	70	200	○
タービン建屋	54	200	○
排気筒	69	350	○
復水貯蔵タンク	46	66	○

想定爆発源	危険限界距離(m)	離隔距離 (m)	判定
水素貯槽	7	20	○

※2: 熱負荷の大きい軽油貯蔵タンクの地下化, 重油タンクの移設等の対策を予定

森林火災等の評価(10/11)

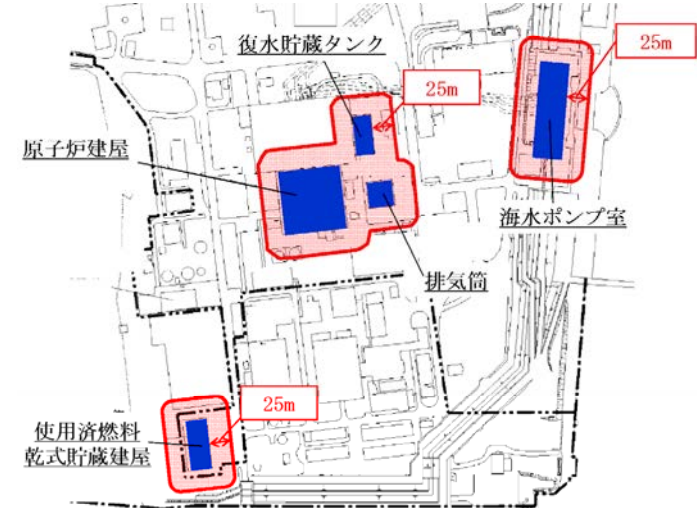
●航空機墜落による火災評価

落下確率 10^{-7} 回/炉年となる位置に墜落した航空機による火災

➤各対象航空機の落下地点の離隔距離に基づき火災影響評価を行い、発電所の評価対象施設の表面温度が許容温度を下回ることを確認。また、発電所内の危険物タンク火災との重畳を考慮しても許容温度を下回ることを確認

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離(m)	評価	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時	B737-800	176	評価対象	
	航空路を巡航時	B747-400	1,778	評価対象外*1	
有視界飛行方式 民間航空機	大型機 (大型固定翼機及び大型回転翼機)	B747-400	170	評価対象	
	小型機 (小型固定翼機及び小型回転翼機)	Do228-200	63	評価対象外*2	
自衛隊機又は 米軍機	訓練空域外を 飛行中	空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機	KC-767	166	評価対象
		その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	F-15	33	評価対象外*3
	基地-訓練空域間往復時	F-15	25	評価対象	

- *1 : 対象が同じB747-400で離隔距離の短い「有視界飛行方式民間航空機の大型機」の評価に包絡
- *2 : 燃料搭載量が最大のDo228-200であっても $3m^3$ と少量であり、Do228-200よりも燃料搭載量が多くかつ離隔距離が短い「自衛隊機又は米軍機 基地-訓練空域間往復時」の評価に包絡
- *3 : F-15で離隔距離の短い「基地-訓練空域間往復時」の評価に包絡



自衛隊機又は米軍機による基地-訓練空域間を往復時の落下事故による離隔距離(25m)のイメージ

落下事故のカテゴリ		対象航空機	評価温度(°C), 許容温度(°C)			判定
			建屋	排気塔	復水貯蔵タンク	
計器飛行方式 民間航空機	飛行場での離着陸時	B737-800	53 < 200	54 < 350	46 < 66	○
	有視界飛行方式 民間航空機	大型機(大型固定翼機及び大型回転翼機)	B747-400	72 < 200	73 < 350	46 < 66
自衛隊機又は 米軍機	訓練空域外を 飛行中	KC-767	65 < 200	66 < 350	46 < 66	○
	基地-訓練空域間往復時	F-15	115 < 200	123 < 350	48 < 66	○

重畳評価の想定ケース	影響評価対象	最高到達温度(°C)	許容温度(°C)	判定
危険物タンク火災(溶融炉灯油タンク)及び航空機墜落火災(F-15)	原子炉建屋	145	200	○
	海水ポンプ室	140	200	○
	排気筒	141	350	○
	復水貯蔵タンク	52	66	○
危険物タンク火災(オイルタンクファーム)及び航空機墜落火災(F-15)	使用済燃料乾式貯蔵建屋	154	200	○

森林火災等の評価(11/11)

●二次的影響(ばい煙や有毒ガス)の評価

火災に伴うばい煙や有毒ガスの発生によっても評価対象施設や中央制御室居住性等に影響を与えないことを確認

➤ ばい煙の粒子による設備の狭隘部の閉塞の影響評価, 有毒ガス発生時の中央制御室の居住性の評価を実施

影響項目	対象設備/評価対象	評価結果					
機器への影響評価(ばい煙)							
外気を直接設備内に取り込む機器への影響	ディーゼル発電機機関 ・非常用ディーゼル発電機 ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	設備の健全性に影響を与えることはない。 ・粒径の大きいばい煙粒子は吸気フィルタにより捕獲される。 ・機関各部の間隙はばい煙の粒子径に比べて十分大きい。 ・ディーゼル機関運転時にシリンダ内にばい煙が発生するが不具合は認められない。					
外気を取り込む空調システムへの影響	換気空調設備 ・中央制御室空調系 ・電気室換気系 ・原子炉建屋換気系 ・ディーゼル発電機室換気系* ・原子炉建屋換気系	各換気系へのばい煙の侵入を阻止可能 ・外気取り入れ口のフィルタ*により一定以上の粒径のばい煙の捕獲はされる。 ・中央制御室換気系は隔離弁を閉止し, 閉回路循環運転を行うことでばい煙の侵入を阻止可能 *ディーゼル発電機室換気系にはフィルタが設置されていないため設置を検討中					
屋外設置機器への影響	海水ポンプ電動機 ・残留熱除去系海水系ポンプ ・非常用ディーゼル発電機海水系ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系ポンプ	ばい煙により電動機の機能が阻害されることはない。 ・外気を電動機内部に取り込まず, 電動機の外部の冷却回路と内部の冷却回路は分離されている。 ・ばい煙の粒径は外部の冷却回路の口径に比べて十分大きく, 閉塞しない。					
居住性への影響評価(有毒ガス)							
中央制御室の居住性	・中央制御室換気系の閉回路循環運転実施時の酸素濃度, 炭酸ガス濃度 ・中央制御室換気系の外気取り入れ継続時の有毒ガス濃度	有毒ガスが中央制御室の運転員の作業環境・居住性に影響を及ぼさないことを確認 ・中央制御室換気系の閉回路循環運転時(空気流入なしの条件) <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td>・酸素が許容濃度(18.0%)まで減少する時間</td> <td>:173時間</td> <td rowspan="2">} 敷地内危険物タンク火災継続時間(3.6時間)に対して時間余裕あり</td> </tr> <tr> <td>・炭酸ガスが許容濃度(1.50%)まで上昇する時間</td> <td>:123時間</td> </tr> </table> ・航空機墜落火災と危険物タンク火災の重量による中央制御室換気系の吸気口に取り込まれる有毒ガスの評価(外気取り入れ継続の条件) ・最も厳しいパラメータであるNO ₂ 濃度でも10.27ppmに留まり限界濃度(20ppm)を下回る。	・酸素が許容濃度(18.0%)まで減少する時間	:173時間	} 敷地内危険物タンク火災継続時間(3.6時間)に対して時間余裕あり	・炭酸ガスが許容濃度(1.50%)まで上昇する時間	:123時間
・酸素が許容濃度(18.0%)まで減少する時間	:173時間	} 敷地内危険物タンク火災継続時間(3.6時間)に対して時間余裕あり					
・炭酸ガスが許容濃度(1.50%)まで上昇する時間	:123時間						

主な参考文献

地質・地質構造

- 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
- 中田高・今泉俊文編(2002):活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会

地震動

- 諸井孝文・広谷浄・石川和也・水谷浩之・引間和人・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回年次大会梗概集, p.381-382
- 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

津波の評価

- 土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002):原子力発電所の津波評価技術
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2011):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

火山の影響評価

- 気象庁編(2013):日本活火山総覧(第4版), 気象業務支援センター
- 町田洋・新井房夫(2003):新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺, 東京大学出版会