

大間原子力発電所審査資料	
資料番号	OM1-CA153-R01
提出年月日	2021年9月27日

大間原子力発電所

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について

(内陸地殻内地震)

2021年9月

電源開発株式会社

大間原子力発電所
敷地ごとに震源を特定して
策定する地震動について
(内陸地殻内地震)

2021年9月27日
電源開発株式会社

○「第615回審査会合」及び「第646回審査会合」での資料の誤りに関わる対応を踏まえ、本資料にて過去の審査会合資料を引用する際の注記を下記のとおりとする。

・右上の注記

再掲：過去の審査会合資料を、そのまま引用する場合

一部修正：過去の審査会合資料の内容を、一部修正する場合

誤りを修正：過去の審査会合資料の誤りを、正しい記載とする場合

・左下の注記


修正した誤りの内容を記載（誤りの修正がある場合）

○「大間原子力発電所 設置変更許可申請書添付書類六「5. 地震」における記載の誤りの原因と再発防止対策について（第983回審査会合 資料2-1）」にて説明した誤りに該当する記載がある場合、該当ページの左下に、該当する誤りの項目①～⑤を注記する。

指摘事項

- ・本資料では、敷地周辺の地質・地質構造に係る下表の指摘事項についても回答する。

No.	項目	指摘時期	コメント内容	該当箇所
S1-3	陸域の地質構造	第212回会合 (2015.3.27)	地震動評価における断層モデルを念頭に、断層傾斜角に関する情報を整理し、説明すること。	本編資料 P.33 本編資料 P.68～69

 : 本資料でご説明

はじめに(1/3)

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち本資料の説明範囲

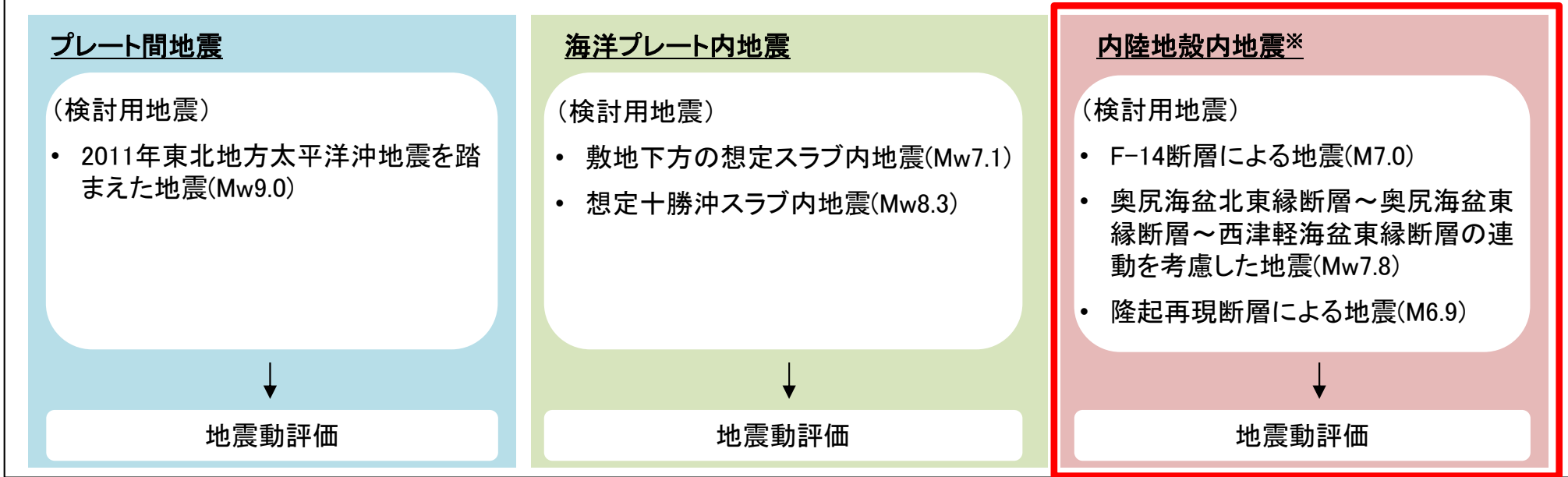
- 本資料では、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち、内陸地殻内地震について説明する。

敷地周辺の地震発生状況

- (1) 敷地周辺のプレートテクトニクス
- (2) 敷地周辺の地震活動
- (3) 敷地周辺における主な被害地震
- (4) 敷地における揺れが震度5弱程度以上であると推定される地震

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

本資料の説明範囲



※：日本海東縁部の地震は、内陸地殻内地震として検討を実施する。

まとめ

- 検討用地震の地震動評価結果一覧

はじめに(2/3)

申請後に得られた知見の反映や先行炉の審査を踏まえた主な変更点(1/2)

【申請時】

➤ 検討用地震

①F-14断層による地震(M6.7)

- ・ 孤立した短い活断層として評価したF-14断層による地震は、断層長さは3.4kmと短いものの、Stirling et al.(2002)の論文を踏まえ、断層長さ20kmとし、地震規模M6.7を検討用地震として設定。また、強震動予測レシピ[※]の第2ステージ(地震発生層を飽和する規模)に相当する地震規模(M7.0, 地震モーメント $M_0=7.5 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)の不確かさ、短周期レベルの不確かさ、及び断層傾斜角の不確かさとして南傾斜を考慮。

②根岸西方断層による地震(M7.5)

- ・ 根岸西方断層による地震は、周期5秒付近の一部の周期でF-14断層による地震の影響を上回ることから検討用地震として設定。

➤ 地震発生層

- ・ 地震発生層の評価範囲は、検討用地震であるF-14断層及び根岸西方断層を含む領域において評価。
- ・ 地震発生層は、気象庁の一元化震源データによる微小地震の震源深さ分布に保守性を加味して4km～17kmと評価。

【今回】

➤ 検討用地震

①F-14断層による地震(M7.0)

- ・ 孤立した短い活断層として評価したF-14断層による地震は、先行審査の知見を踏まえ強震動予測レシピの第2ステージに相当する地震規模(M7.0, 地震モーメント $M_0=7.5 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$)を検討用地震として設定(これに伴い、根岸西方断層による地震は相対的に影響が小さくなり、検討用地震から除外)。また、短周期レベルの不確かさを考慮。
- ・ なお、申請時に断層傾斜角の不確かさとして考慮していた南傾斜は、より敷地への影響の大きい隆起再現断層を別途考慮したことを踏まえ、考慮しない。

②奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震(Mw7.8)

- ・ 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造の審査の結果を踏まえ、3つの断層の同時破壊は否定できないものとしてMw7.8の地震を検討用地震として設定。

③隆起再現断層による地震(M6.9)

- ・ 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造の調査により評価した大間付近の隆起域付近には、海上音波探査や重力異常等の調査では陸域の隆起をもたらすような活断層は認められないが、耐震設計上の保守性の観点から、大間付近の隆起を説明しうる仮想的な活断層から想定される地震を検討用地震として設定。

➤ 地震発生層

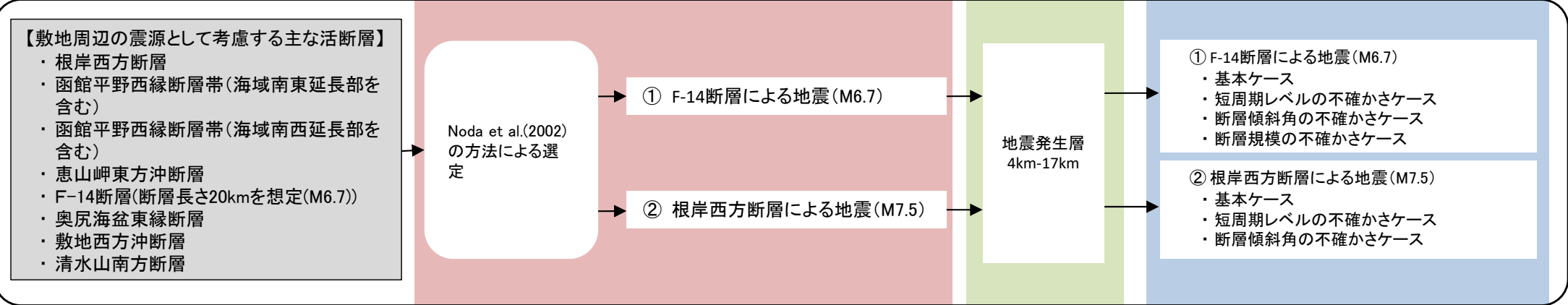
- ・ 気象庁の一元化震源データの対象期間を延長し、信頼性の向上を図った。
- ・ 地震発生層の評価範囲は、検討用地震となるF-14断層周辺と奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層周辺に分けて評価。
- ・ F-14断層周辺の地震発生層は、2014年から公益財団法人地震予知総合研究振興会にて実施した下北半島における高密度地震観測網(As-net)による震源データを踏まえ、気象庁の一元化震源データによる評価よりも浅くなる傾向が見られたことから、保守性の観点から地震発生層上端を3kmと評価。併せて、地下構造の評価に係る知見の拡充を目的とした追加調査により得られた速度構造も考慮。
- ・ 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層周辺の地震発生層は、その周辺の地震発生状況、速度構造等を踏まえ2km～20kmと評価。

※：地震調査研究推進本部(2020)による震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)(以下「強震動予測レシピ」という。)

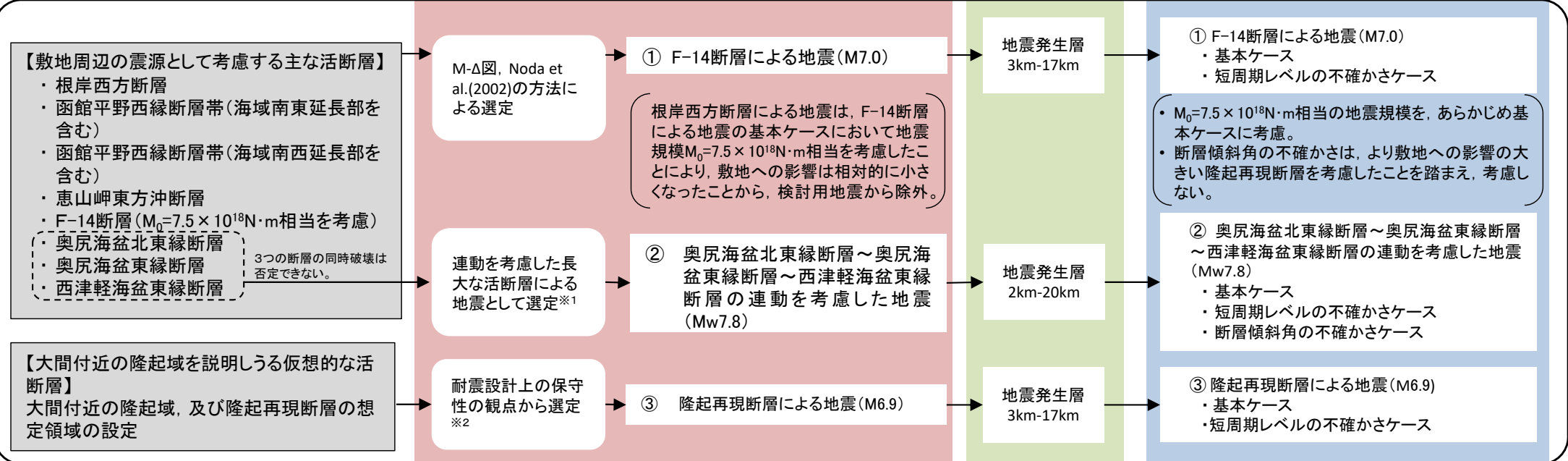
はじめに(3/3)

申請後に得られた知見の反映や先行炉の審査を踏まえた主な変更点(2/2)

設置変更許可申請時



今回説明

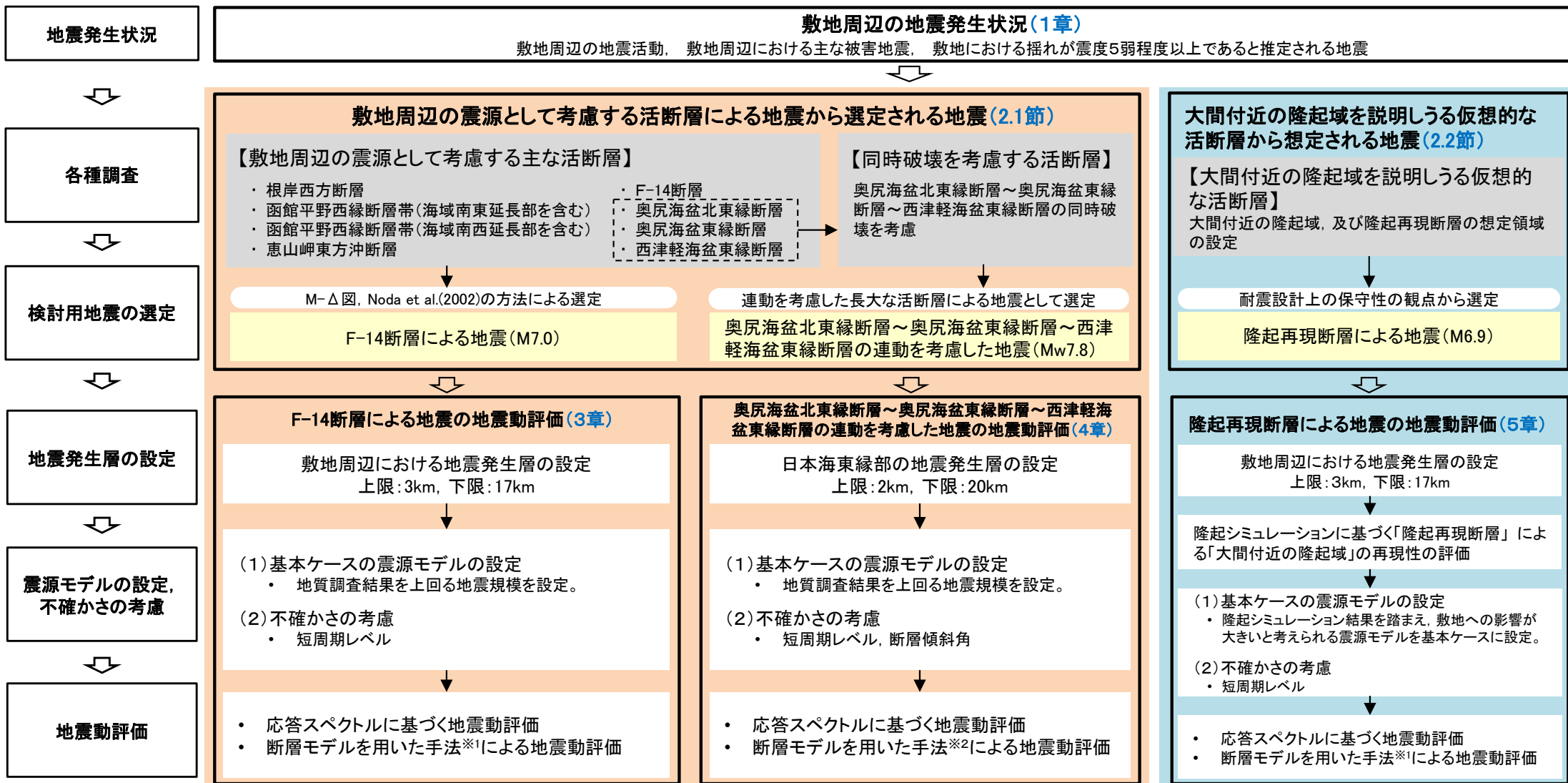


第922回までの敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造に係る審査会合において審議済みであり、地震動の審査に引き継ぐ事項。

※1 : 敷地への影響は、M-Δ図やNoda et al.(2002)による方法では評価はできないものの、連動を考慮すると評価長さが長大となり、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられるため検討用地震に選定する。
 ※2 : 敷地に近い位置に仮想的な活断層を想定し、耐震設計上の保守性を考慮するため検討用地震に選定する。

検討用地震の選定及び地震動評価の流れ

- ・ 内陸地殻内地震の地震動評価フローを示す。
- ・ 検討用地震として、敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震に加え、大間付近の隆起域を説明しうる仮想的な活断層から想定される地震を選定する。
- ・ 敷地周辺の震源として考慮する活断層のうち、奥尻海盆北東縁断層、奥尻海盆東縁断層、及び西津軽海盆東縁断層は、日本海東縁部に位置しているが、内陸地殻内地震と日本海東縁部の地震は、いずれも活断層・褶曲帯との関連性があり、震源深さが浅く、また、ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)において震源特性の類似性が指摘されていることから、ここでは、日本海東縁部の地震を内陸地殻内地震として取り扱う。
- ・ 大間付近の隆起域を説明しうる仮想的な活断層から想定される地震は、広域的な隆起のうち敷地に近い大間付近に仮想的な隆起域を設定し、その隆起域を説明しうる仮想的な活断層を、震源として考慮する活断層として想定し、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の対象として耐震設計上の保守性を考慮するものである。



※1:統計的グリーン関数法と理論的手法のハイブリッド合成法による。統計的グリーン関数法の波形合成は、入倉ほか(1997)、理論的手法はHisada(1994)を用いる。

※2:経験的グリーン関数法による。波形合成は入倉ほか(1997)を用いる。

第922回までの敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造に係る審査会合において審議済みであり、地震動の審査に引き継ぐ事項。

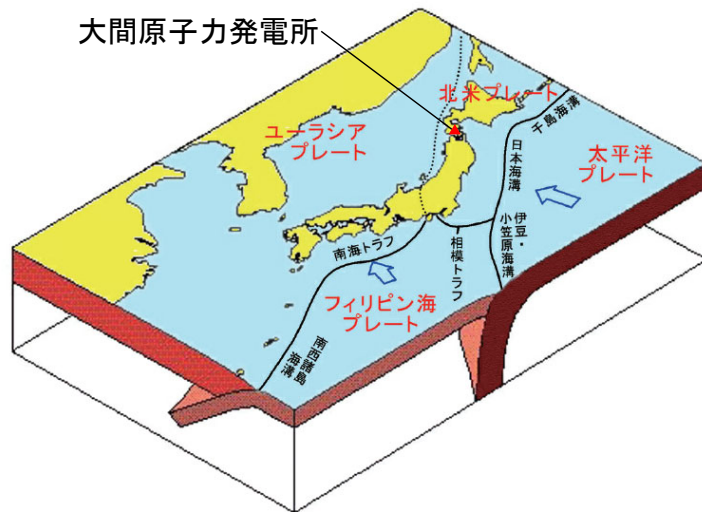
1. 敷地周辺の地震発生状況
2. 検討用地震の選定
 - 2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震
 - 2.2 大間付近の隆起域を説明する仮想的な活断層から想定される地震
 - 2.3 検討用地震の選定のまとめ
3. F-14断層による地震の地震動評価
 - 3.1 地震発生層の設定
 - 3.2 震源モデルの設定
 - 3.3 地震動評価手法
 - 3.4 地震動評価結果
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価
 - 4.1 地震発生層の設定
 - 4.2 震源モデルの設定
 - 4.3 地震動評価手法
 - 4.4 地震動評価結果
5. 隆起再現断層による地震の地震動評価
 - 5.1 隆起再現断層の想定領域の設定
 - 5.2 地震発生層の設定
 - 5.3 地形発達過程の再現性に基づく隆起再現断層の選定
 - 5.4 地震動評価の震源モデルの設定
 - 5.5 地震動評価手法
 - 5.6 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

1. 敷地周辺の地震発生状況
2. 検討用地震の選定
 - 2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震
 - 2.2 大間付近の隆起域を説明する仮想的な活断層から想定される地震
 - 2.3 検討用地震の選定のまとめ
3. F-14断層による地震の地震動評価
 - 3.1 地震発生層の設定
 - 3.2 震源モデルの設定
 - 3.3 地震動評価手法
 - 3.4 地震動評価結果
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価
 - 4.1 地震発生層の設定
 - 4.2 震源モデルの設定
 - 4.3 地震動評価手法
 - 4.4 地震動評価結果
5. 隆起再現断層による地震の地震動評価
 - 5.1 隆起再現断層の想定領域の設定
 - 5.2 地震発生層の設定
 - 5.3 地形発達過程の再現性に基づく隆起再現断層の選定
 - 5.4 地震動評価の震源モデルの設定
 - 5.5 地震動評価手法
 - 5.6 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

1. 敷地周辺の地震発生状況(1/7)

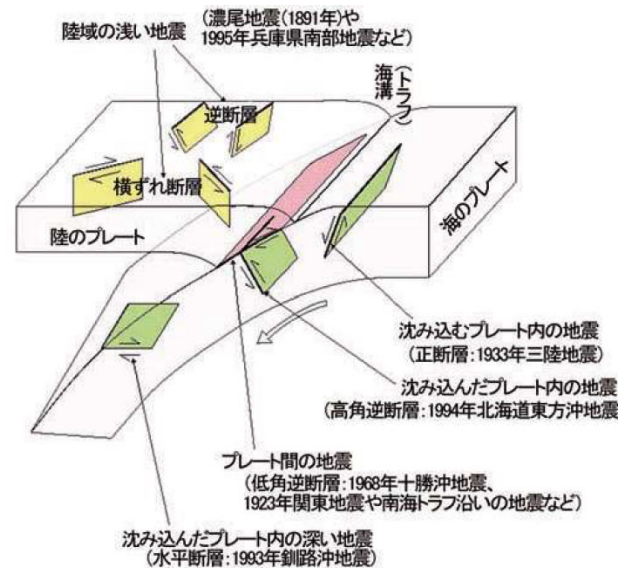
(1) 敷地周辺のプレートテクトニクス

- 大間原子力発電所の位置する東北地方北部で発生する地震は、海洋プレート(太平洋プレート)と陸のプレート(北米プレート)の境界で発生するプレート間地震、海洋プレート内で発生する地震、陸のプレートの浅いところで発生する内陸地殻内地震、及び北米プレートとユーラシアプレートの境界付近で発生する日本海東縁部で発生する地震がある。
- プレートの沈み込みに沿って発生する深発地震の震源の等深線は、沈み込んだ海洋プレート(太平洋プレート)の形状を表し、東北地方では西に、北海道では北西に向かって深くなる。



地震調査研究推進本部※(2009a)に一部加筆

日本列島とその周辺のプレート



地震調査研究推進本部※(2009a)

日本列島とその周辺で発生する地震のタイプ



長谷川ほか(1983)に一部加筆

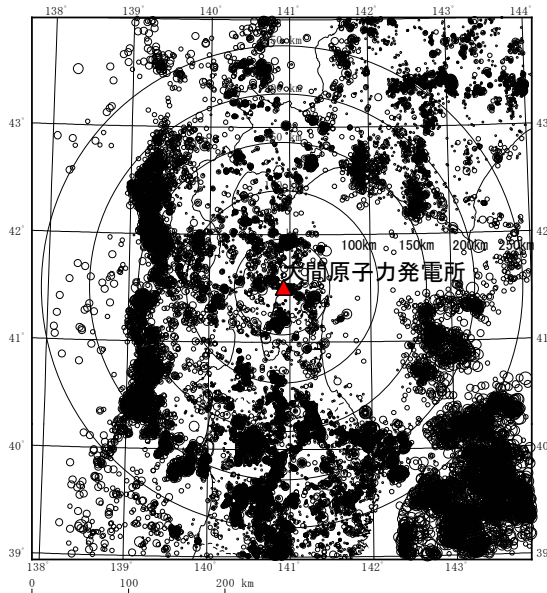
深発地震の震源の等深線

※：以下「地震本部」という。

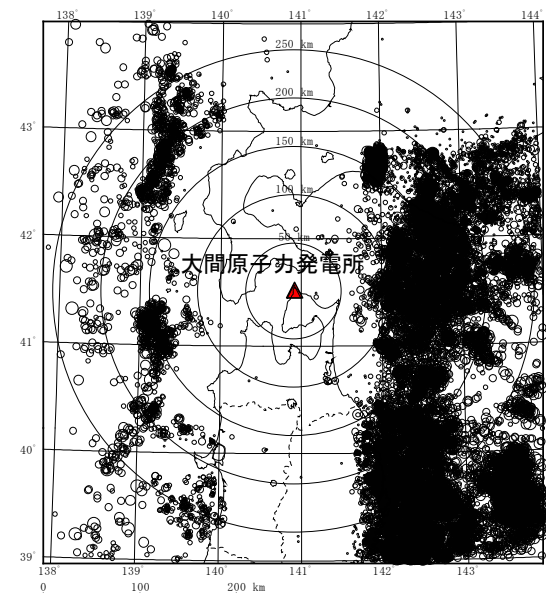
1. 敷地周辺の地震発生状況(2/7)

(2) 敷地周辺の地震活動 ①M5.0以下の地震の発生状況(1/2)

- 2011年3月～2019年2月までの期間において、敷地周辺の深さ60km以浅で発生したM5.0以下の地震を整理した。
- 敷地周辺から約100km圏内の震源深さ20km以浅において、M5.0以下の地震が確認される。
- 敷地から150km程度以西の日本海東縁部において、深さ20km以浅で地震が発生している。また、深さ20km以深においても一部の領域で地震が発生している。



震央分布
震源深さ0～20km



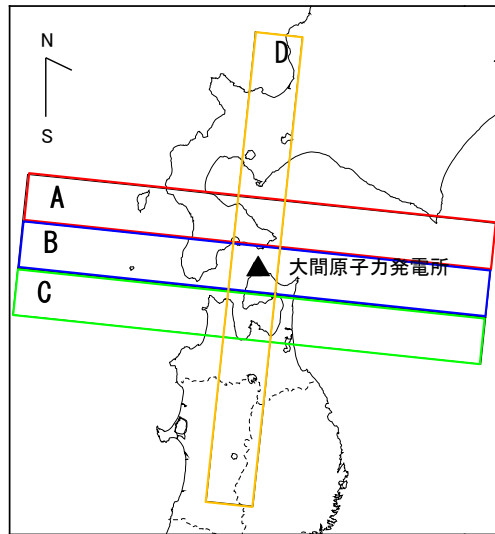
震央分布
震源深さ20～60km

凡例	
○	4.0 ≤ M ≤ 5.0
○	3.0 ≤ M < 4.0
○	2.0 ≤ M < 3.0
○	1.0 ≤ M < 2.0
●	M < 1.0

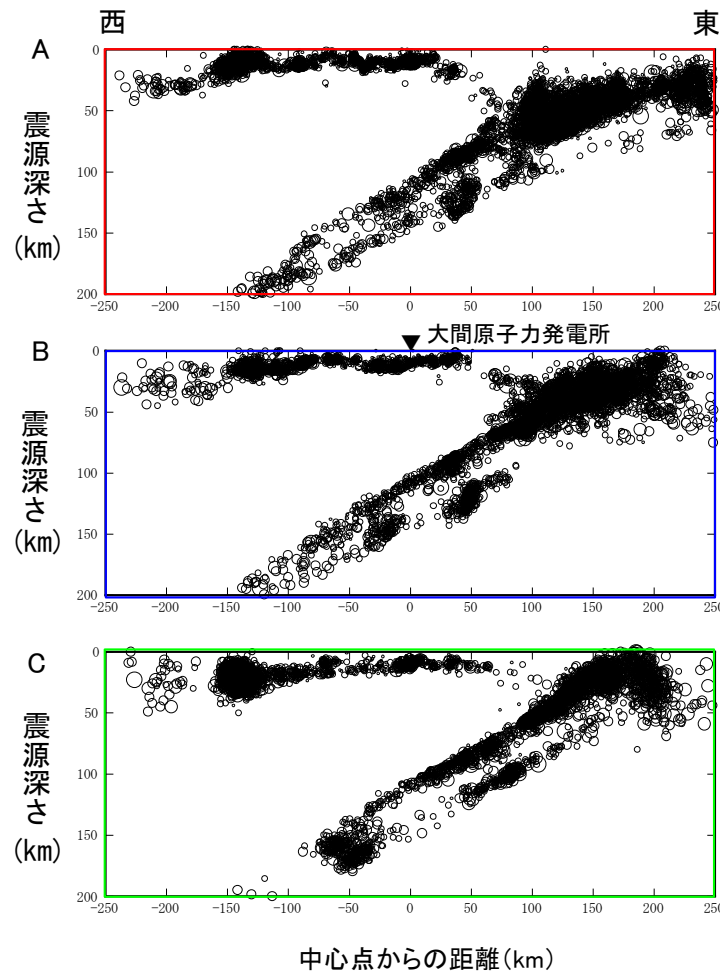
1. 敷地周辺の地震発生状況(3/7)

(2) 敷地周辺の地震活動 ①M5.0以下の地震の発生状況(2/2)

- 太平洋プレートの沈み込みに沿った地震活動が見られる。
- 陸域の浅い領域においては、内陸地殻内地震が発生している。
- 日本海東縁部においては、日本海の沖に向かうにしたがって震源が深くなっている。



断面位置図



震源鉛直分布

(2011年3月～2019年2月, M≤5.0, 低周波地震を除く: 気象庁地震カタログ)

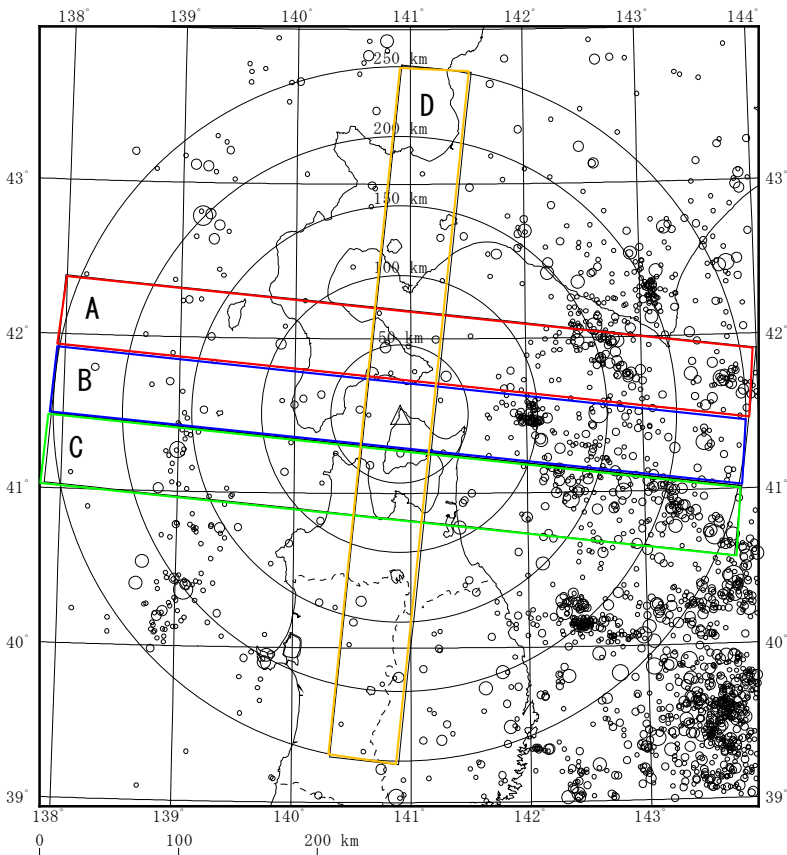
凡例	
○	4.0 ≤ M ≤ 5.0
○	3.0 ≤ M < 4.0
○	2.0 ≤ M < 3.0
○	1.0 ≤ M < 2.0
•	M < 1.0



1. 敷地周辺の地震発生状況(4/7)

(2) 敷地周辺の地震活動 ②M5.0以上の地震の発生状況

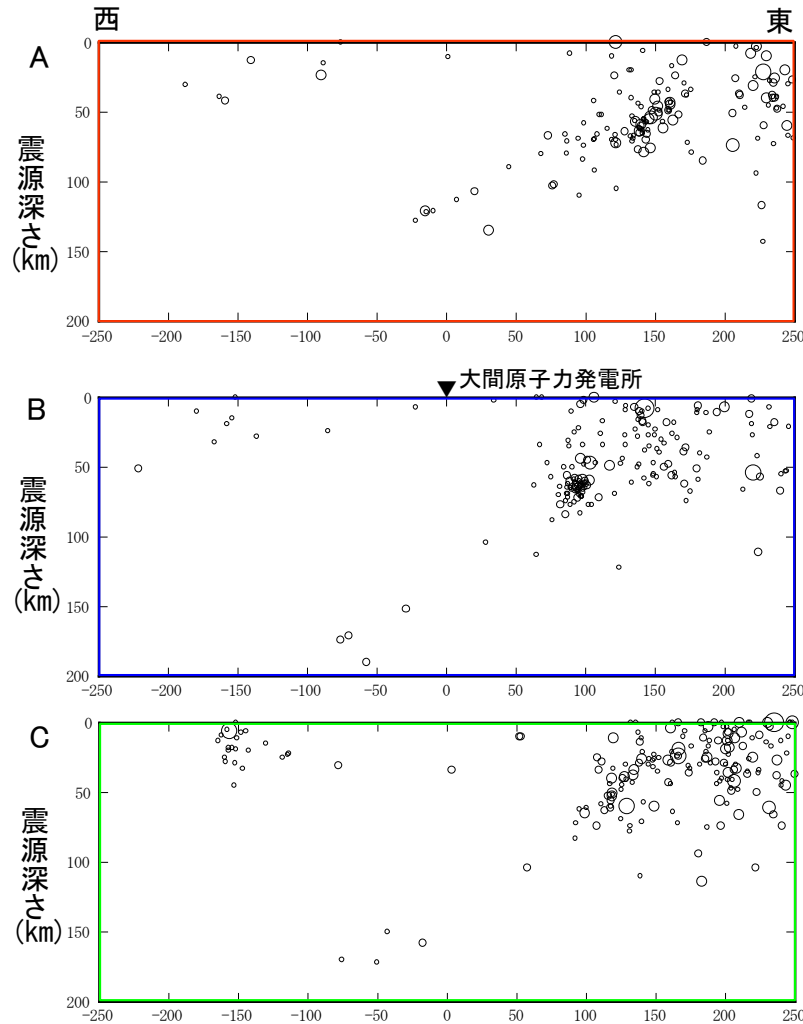
- 1919年1月～2019年2月までの敷地周辺で発生しているM5.0以上の地震を整理した。
- 敷地周辺においては、M5.0以上の地震は、主として太平洋側海域で発生しており、内陸での発生頻度は低い。
- 敷地から50km以内では、M5.5より大きい内陸地殻内地震は発生していない。
- 日本海東縁部では、敷地から約150km～約200kmにおいて、M5.0以上の地震が発生している。



△ : 大間原子力発電所

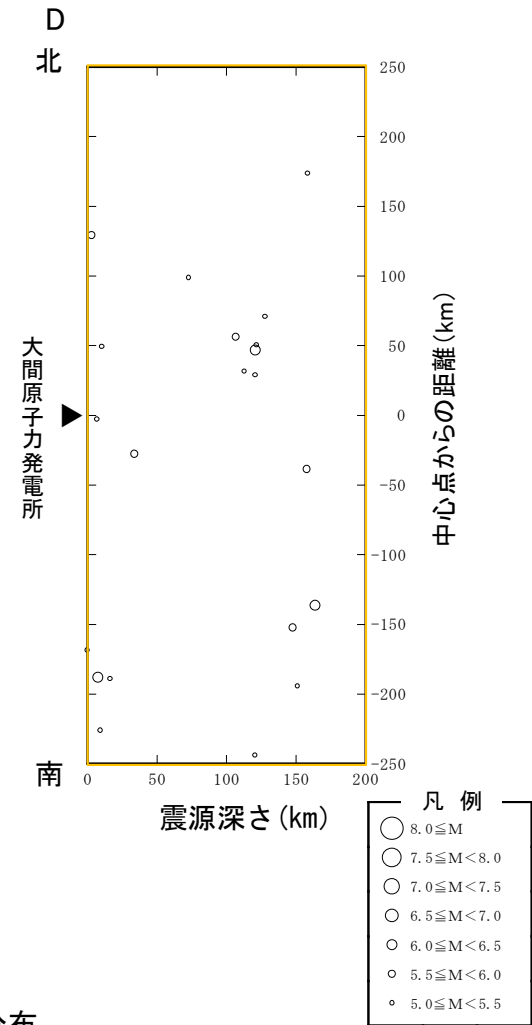
震央分布

(1919年1月～2019年2月, M \geq 5.0: 気象庁地震カタログ)



中心点からの距離(km)

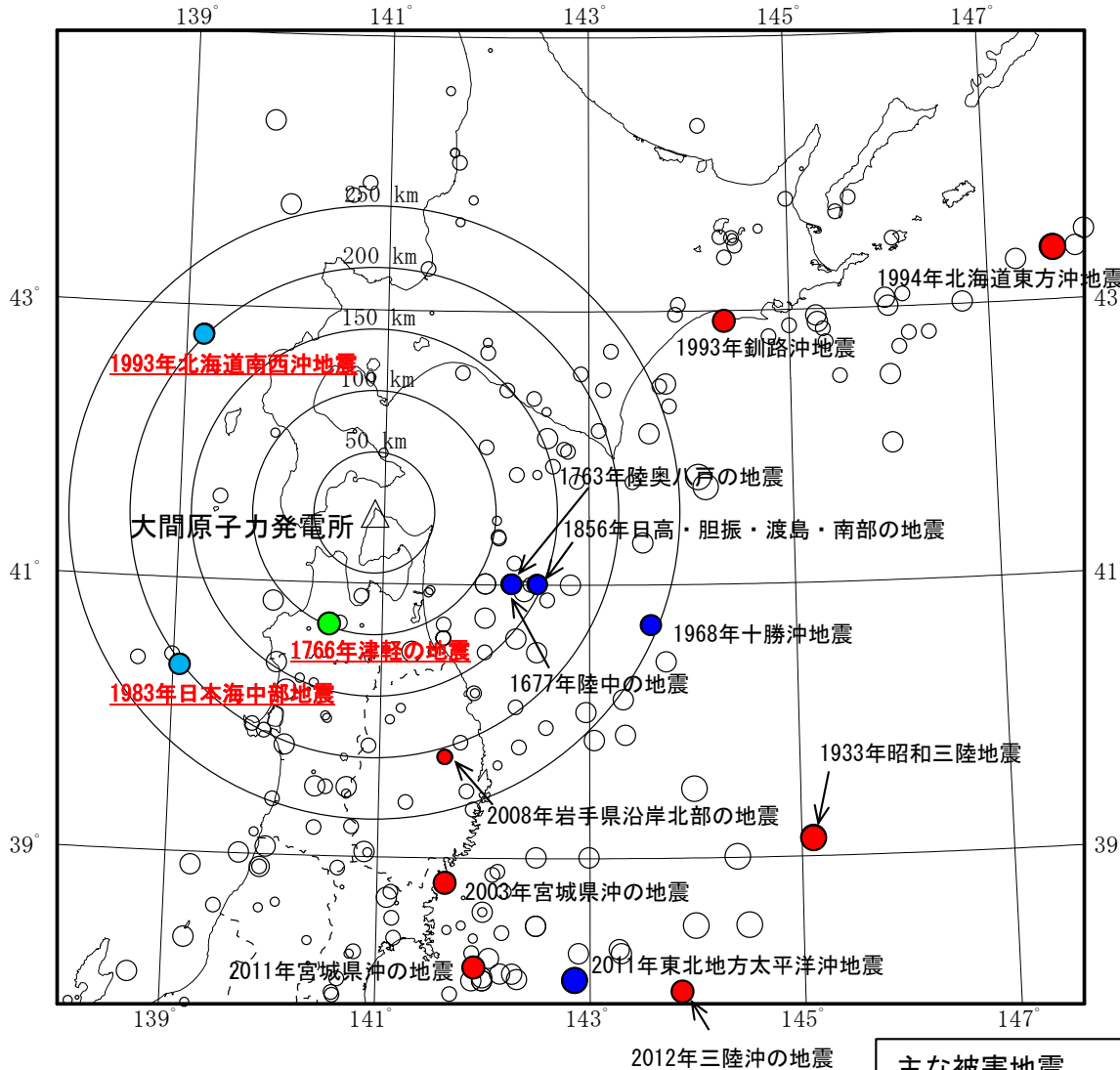
震源鉛直分布





1. 敷地周辺の地震発生状況(5/7)

(3) 敷地周辺における主な被害地震



- 内陸地殻内地震については、1766年津軽の地震(M7.4)が敷地の南方100kmで発生している。
- 日本海東縁部では、1983年日本海中部地震(M7.7)、1993年北海道南西沖地震(M7.8)等が発生している。
- 敷地付近の陸域及び敷地前面海域においては、内陸地殻内地震の被害地震は認められない。

敷地周辺の主な被害地震の分布
期間：599年～2020年12月
(諸元は1918年以前は宇佐美ほか(2013)、1919年以降は気象庁による)

主な被害地震

- : プレート間地震
- : 海洋プレート内地震
- : 内陸地殻内地震
- : 日本海東縁部の地震

凡例

- 8.0 ≤ M
- 7.0 ≤ M < 8.0
- 6.0 ≤ M < 7.0
- 5.0 ≤ M < 6.0
- M < 5.0



1. 敷地周辺の地震発生状況(6/7)

(4) 敷地における揺れが震度5弱程度以上であると推定される地震 ①確認対象

- 気象庁震度階級関連解説表によると、地震により建物等に被害が生じるのは震度5弱(1996年以前は震度V)程度以上であることから、敷地に大きな影響を与える地震として、敷地における揺れが震度5弱(震度V)程度以上であると推定される地震を確認した。

【確認対象】

- 宇佐美ほか(2013)に記載のある被害地震の震度分布図で、敷地における揺れが震度5弱(震度V)程度以上であったと推定される地震。
- 敷地の震度並びに建物等の被害が明らかでない地震については、村松(1969)及び勝又・徳永(1971)による地震規模及び震央距離と震度の関係(M-Δ図)から敷地における震度を推定し、敷地における揺れが震度5弱(震度V)程度以上と推定される地震。

● 木造建物(住宅)の状況

震度階級	木造建物(住宅)	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5弱	—	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。
5強	—	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。
6弱	壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。壁などに大きなひび割れ・亀裂が入ることがある。瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。
6強	壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。	壁などに大きなひび割れ・亀裂が入るものが多くなる。傾くものや、倒れるものが多くなる。
7	壁などのひび割れ・亀裂が多くなる。まれに傾くことがある。	傾くものや、倒れるものがさらに多くなる。

- (注1) 木造建物(住宅)の耐震性により2つに区分した。耐震性は、建築年代の新しいものほど高い傾向があり、概ね昭和56年(1981年)以前は耐震性が低く、昭和57年(1982年)以降には耐震性が高い傾向がある。しかし、構法の違いや壁の配置などにより耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。
- (注2) この表における木造の壁のひび割れ、亀裂、損壊は、土壁(割り竹下地)、モルタル仕上壁(ラス、金網下地を含む)を想定している。下地の弱い壁は、建物の変形が少ない状況でも、モルタル等が剥離し、落下しやすくなる。
- (注3) 木造建物の被害は、地震の際の地震動の周期や継続時間によって異なる。平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震のように、震度に比べ建物被害が少ない事例もある。

● 鉄筋コンクリート造建物の状況

震度階級	鉄筋コンクリート造建物	
	耐震性が高い	耐震性が低い
5強	—	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。
6弱	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が入ることがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。
6強	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂が多くなる。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂がみられることがある。1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものがある。
7	壁、梁(はり)、柱などの部材に、ひび割れ・亀裂がさらに多くなる。1階あるいは中間階が変形し、まれに傾くものがある。	壁、梁(はり)、柱などの部材に、斜めやX状のひび割れ・亀裂が多くなる。1階あるいは中間階の柱が崩れ、倒れるものが多くなる。

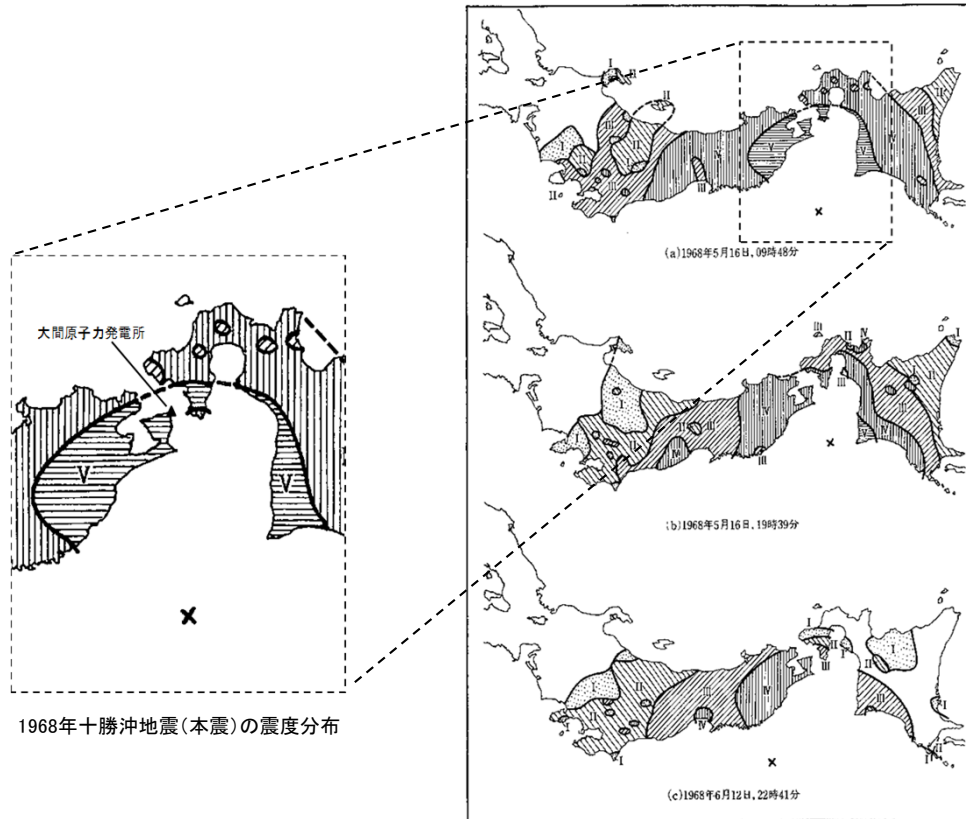
- (注1) 鉄筋コンクリート造建物では、建築年代の新しいものほど耐震性が高い傾向があり、概ね昭和56年(1981年)以前は耐震性が低く、昭和57年(1982年)以降は耐震性が高い傾向がある。しかし、構造形式や平面的、立面的耐震壁の配置により耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。
- (注2) 鉄筋コンクリート造建物は、建物の主体構造に影響を受けていない場合でも、軽微なひび割れがみられることがある。

1. 敷地周辺の地震発生状況(7/7)

(4) 敷地における揺れが震度5弱程度以上であると推定される地震 ②確認結果

① 宇佐美ほか(2013)の震度分布より推定される地震

- 敷地における揺れが震度5弱(震度V)程度以上であったと推定される地震は、1968年十勝沖地震のみである。
- 1968年十勝沖地震は、プレート間地震に分類されている。

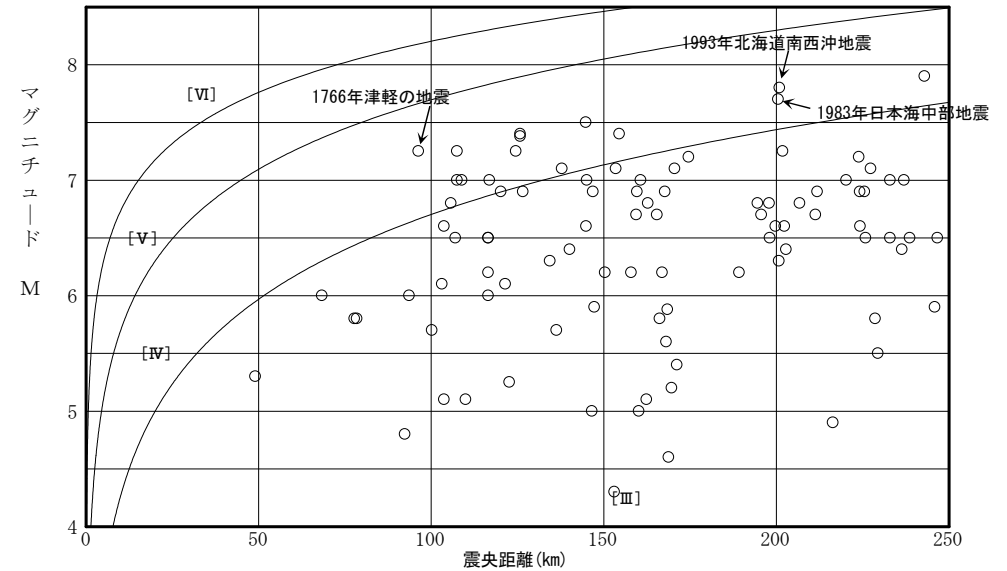


1968年十勝沖地震(本震)の震度分布

宇佐美ほか(2013)に加筆
1968年十勝沖地震の本震及び余震の震度分布

② M-Δ 図により推定される地震

- 敷地周辺における主な被害地震の震度並びに建物等の被害が明らかでない地震については、村松(1969)及び勝又・徳永(1971)による地震規模及び震央距離と震度の関係(M-Δ 図)から敷地における震度を推定した。
- M-Δ 図によると1766年津軽の地震, 1983年日本海中部地震, 1993年北海道南西沖地震は、いずれも敷地における震度はIVであり、敷地に及ぼす影響は小さい。



敷地周辺における主な被害地震の震度並びに建物等の被害が明らかでない地震のM-Δ 図※1. ※2

※1 : 地震諸元は、1918年以前は宇佐美ほか(2013)、1919年以降は気象庁による。敷地からの距離が250km以内の地震をプロット。期間は、599年～2020年12月。
 ※2 : [Ⅲ]～[Ⅵ]は、1996年以前の気象庁震度階級で、震度階級の境界線は、村松(1969)及び勝又・徳永(1971)による。

まとめ

- 敷地周辺における主な被害地震について、地震により建物等に被害が発生するとされている震度5弱(震度V)程度以上となる地震の有無を確認した。
- 敷地における揺れが震度5弱(震度V)程度以上であると推定される地震は、1968年十勝沖地震(プレート間地震)のみであり、内陸地殻内地震では認められない。

目次

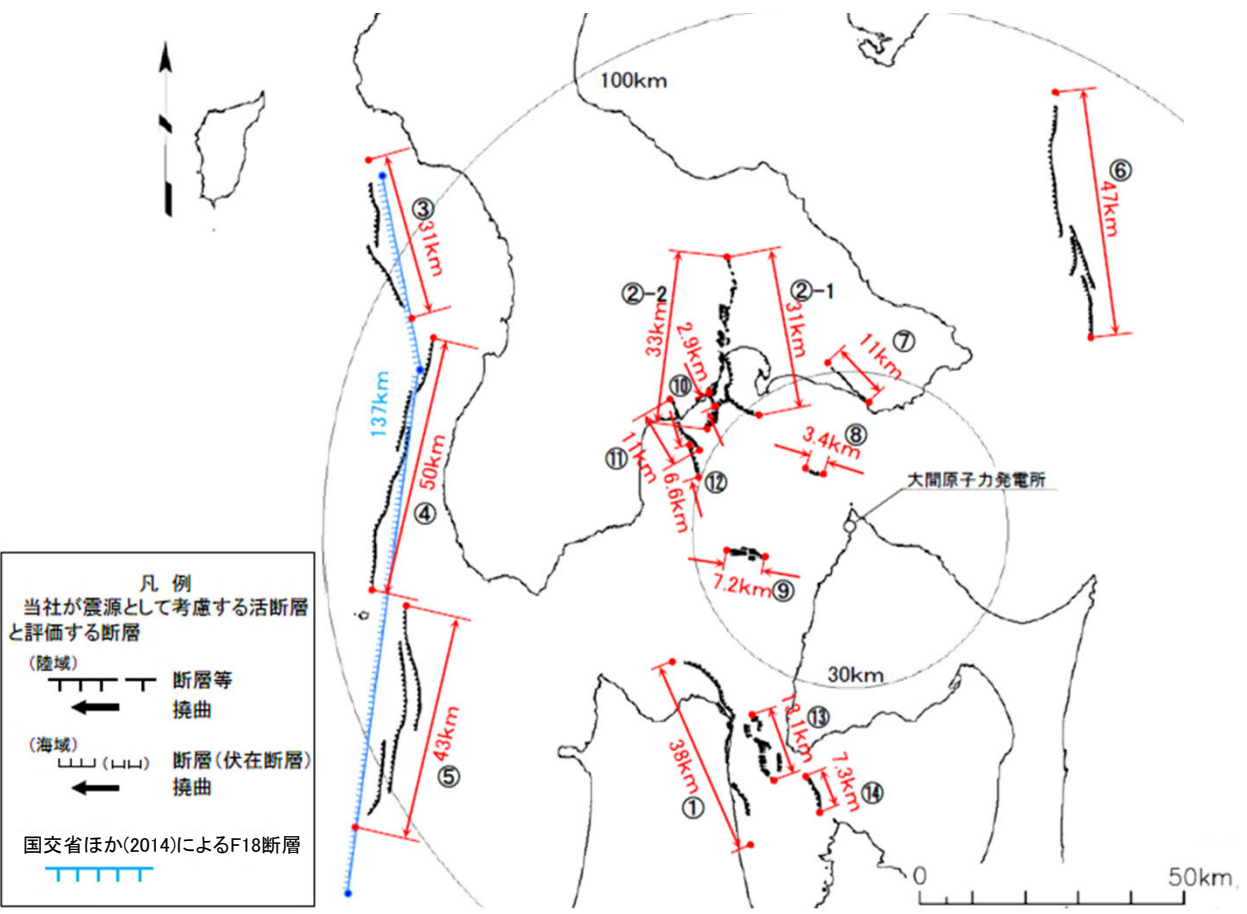
1. 敷地周辺の地震発生状況
2. 検討用地震の選定
 - 2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震
 - 2.2 大間付近の隆起域を説明する仮想的な活断層から想定される地震
 - 2.3 検討用地震の選定のまとめ
3. F-14断層による地震の地震動評価
 - 3.1 地震発生層の設定
 - 3.2 震源モデルの設定
 - 3.3 地震動評価手法
 - 3.4 地震動評価結果
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価
 - 4.1 地震発生層の設定
 - 4.2 震源モデルの設定
 - 4.3 地震動評価手法
 - 4.4 地震動評価結果
5. 隆起再現断層による地震の地震動評価
 - 5.1 隆起再現断層の想定領域の設定
 - 5.2 地震発生層の設定
 - 5.3 地形発達過程の再現性に基づく隆起再現断層の選定
 - 5.4 地震動評価の震源モデルの設定
 - 5.5 地震動評価手法
 - 5.6 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

2. 検討用地震の選定

2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震(1/4)

敷地周辺の震源として考慮する主な活断層

- 地質調査結果を踏まえ、敷地周辺の震源として考慮する活断層を以下に示す。
- 孤立した長さの短い活断層については、同じ地震規模(M7.0)を考慮するため、敷地に最も近い「F-14断層による地震」で代表させる。
- なお、奥尻海盆北東縁断層、奥尻海盆東縁断層、及び西津軽海盆東縁断層は、日本海東縁部に位置しているが、内陸地殻内地震と日本海東縁部の地震は、いずれも活断層・褶曲帯との関連性があり、震源深さが浅く、また、独立行政法人 防災科学技術研究所(現 国立研究開発法人 防災科学技術研究所)が中心となって行われたひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)において震源特性の類似性が指摘されていることから、ここでは、日本海東縁部の地震を内陸地殻内地震として取り扱う。



敷地周辺の震源として考慮する活断層の諸元

No.	断層名	評価長さ (km)	地震規模 M	震央距離 ^{※3} (km)	備考 ^{※3}
①	根岸西方断層	38	7.5 ^{※1}	50	
②-1	函館平野西縁断層帯(海域南東延長部を含む)	31	7.3 ^{※1}	42	
②-2	函館平野西縁断層帯(海域南西延長部を含む)	33	7.4 ^{※1}	43	
③	奥尻海盆北東縁断層	31	7.3 ^{※1}	103	同時破壊を否定できないものとし、国交省ほか(2014)によるF18断層の位置で評価する。
④	奥尻海盆東縁断層	50	7.7 ^{※1}	86	(評価長さ137km)(震央距離 92km)
⑤	西津軽海盆東縁断層	43	7.6 ^{※1}	96	
⑥	恵山岬東方冲断層	47	7.6 ^{※1}	73	
⑦	清水山南方断層	11	7.0 ^{※2}	28	
⑧	F-14断層	3.4	7.0 ^{※2}	12	
⑨	敷地西方冲断層	7.2	7.0 ^{※2}	20	
⑩	F-5断層	2.9	7.0 ^{※2}	35	
⑪	F-8断層	11	7.0 ^{※2}	37	
⑫	F-9断層	6.6	7.0 ^{※2}	32	
⑬	F-28断層~F-31断層	13.1	7.0 ^{※2}	44	
⑭	F-33断層	7.3	7.0 ^{※2}	50	

グレー部分は、孤立した短い活断層を示し、赤字は、検討用地震の選定候補の活断層を示す。

※1 : 評価長さから松田(1975)により算定。
 ※2 : 地震モーメント $M_0 = 7.5 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$ を設定し、武村(1990)により算定。
 ※3 : 震央距離は、断層評価点の midpoint から敷地までの距離。

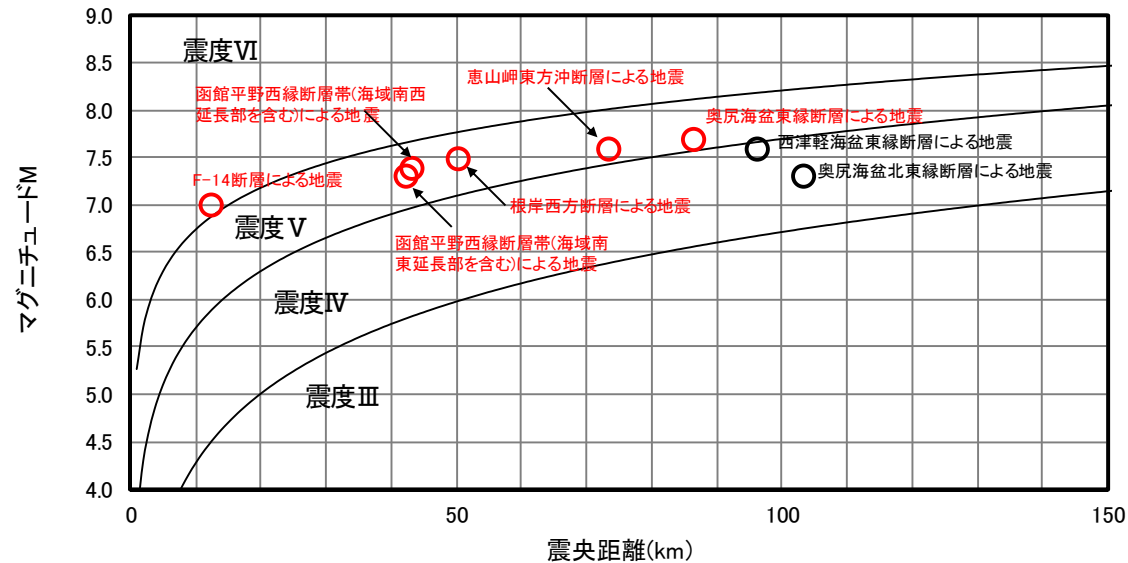
敷地周辺の震源として考慮する活断層の分布



敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる活断層による地震の選定(M-Δ図による選定)

第983回審査会合
資料2-2 P.41 一部修正

- 村松(1969)及び勝又・徳永(1971)による地震規模及び震央距離と震度の関係(M-Δ図)から、敷地における震度を推定。
- 気象庁震度階級関連解説表によると、地震により建物等に被害が生じるのは震度5弱(1996年以前は震度V)程度以上であることから、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる地震として、敷地における揺れが震度5弱(震度V)程度以上のものを選定。
- 以上より、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる活断層による地震は、以下の6地震が挙げられる。
 - 根岸西方断層による地震
 - 函館平野西縁断層帯(海域南東延長部を含む)
 - 函館平野西縁断層帯(海域南西延長部を含む)
 - 奥尻海盆東縁断層による地震
 - 恵山岬東方沖断層による地震
 - F-14断層による地震



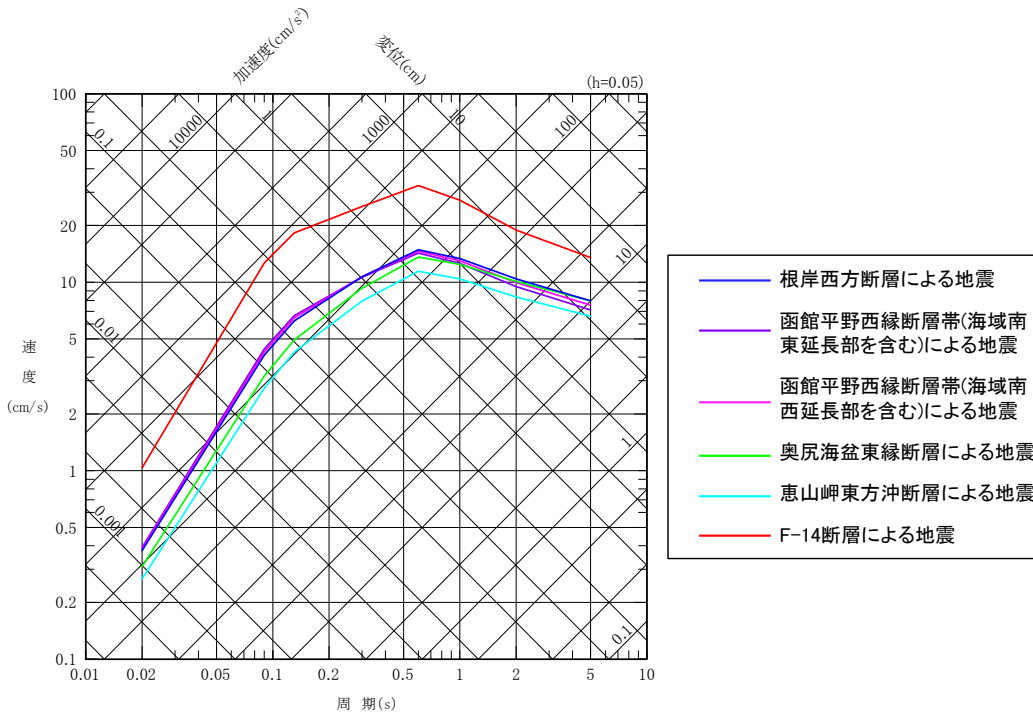
M-Δ図による評価
(赤は、敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる活断層による地震を表す。)



第983回審査会合
資料2-2 P.42 一部修正

Noda et al.(2002)の方法による検討用地震の選定

- P.16で選定した検討用地震の候補となる6地震について, Noda et al.(2002)の方法により, 応答スペクトルの比較を行った。
- 敷地に及ぼす影響が最も大きいと考えられる活断層による地震としてF-14断層による地震を検討用地震に選定する。



水平成分

Noda et al.(2002)による検討用地震の候補となる地震による地震動の
応答スペクトルの比較(地震基盤, 内陸補正なし)

検討用地震の選定に用いた活断層の諸元

断層名	地震規模 M	等価震源距離※ (km)
根岸西方断層	7.5	54
函館平野西縁断層帯(海域南東延長部を含む)	7.3	44
函館平野西縁断層帯(海域南西延長部を含む)	7.4	48
奥尻海盆東縁断層	7.7	77
恵山岬東方冲断層	7.6	78
F-14断層	7.0	16

※ : 等価震源距離は, 均質な一様断層を想定し算定。

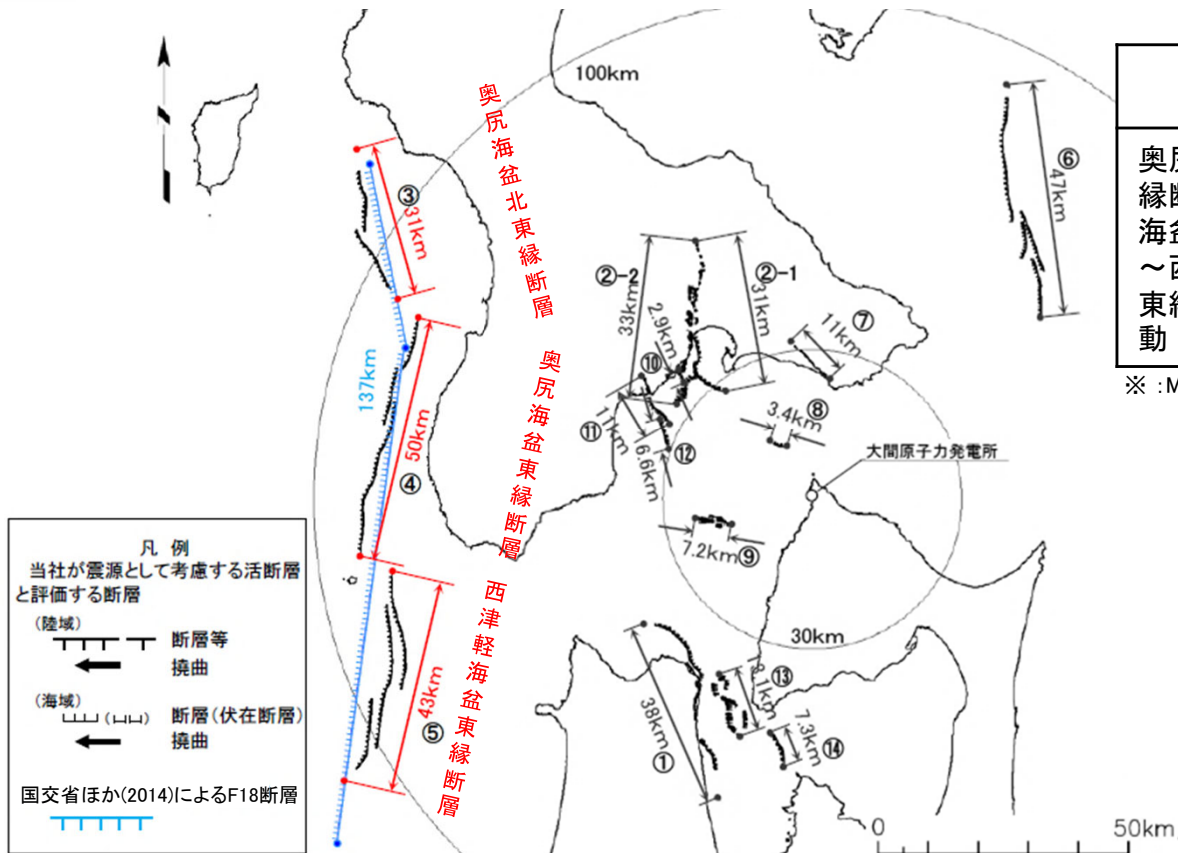
連動を考慮した長大な活断層

- 第817回の敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造の審査会合(2019年12月20日)を踏まえ、奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動(同時破壊)を考慮した長大な活断層による地震(以下「奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震」という。)を想定する。
- 当該断層は松田(1975), 武村(1990)のデータセットの範囲外となり, 適切にMを評価できないため, M-Δ図, 及びNoda et al.(2002)の方法による敷地に及ぼす影響の比較ができないが, 連動を考慮した長大な断層であり, 敷地に及ぼす影響が大きいと考えられるため検討用地震に選定する。

連動を考慮した長大な活断層の諸元

断層名	評価長さ (km)	地震規模	震央距離 (km)	備考
奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動	137	Mw7.8※	92	同時破壊を否定できないものとし, 国交省ほか(2014)によるF18断層の位置で評価する。

※ : Mwは, Kanamori(1977)に基づき算定。



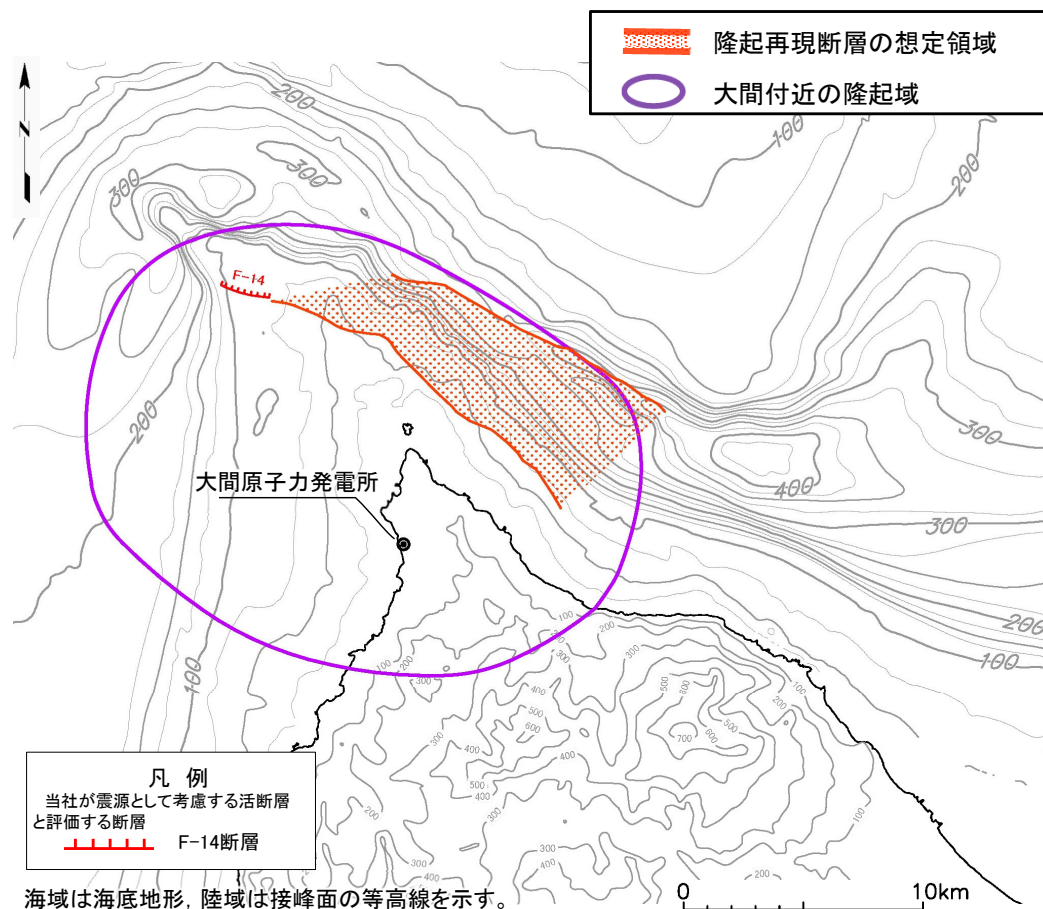
敷地周辺の震源として考慮する活断層のうち, 連動を考慮した長大な活断層の位置
(活断層の番号は, P.15の表を参照)

隆起再現断層

- 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造の調査により評価した「大間付近の隆起域」※1には、海上音波探査や重力異常等の調査では陸域の隆起をもたらすような活断層は認められない。
- しかし、相対的に隆起速度の速い領域※2が敷地に近いため、耐震設計上の保守性の観点から、「大間付近の隆起域」を説明しうる仮想的な活断層を「隆起再現断層の想定領域」※1に設定し、隆起再現断層による地震として検討用地震に選定する。

※1：詳細は、P.101を参照。

※2：詳細は、第983回審査会合資料2-4-1 P.8-23を参照。



隆起再現断層の想定領域及び大間付近の隆起域

(第983回審査会合 資料2-4-1 P.9-4を参照。)

2.3 検討用地震の選定のまとめ

内陸地殻内地震の検討用地震として、以下の地震を選定する。

敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震

- 敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる地震として、以下の地震を選定する。
 - F-14断層による地震
 - 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震

大間付近の隆起域を説明しうる仮想的な活断層から想定される地震

- 耐震設計上の保守性の観点から、「大間付近の隆起域」を設定し、その隆起域を説明しうる仮想的な活断層から想定される地震として、以下の地震を選定する。
 - 隆起再現断層による地震

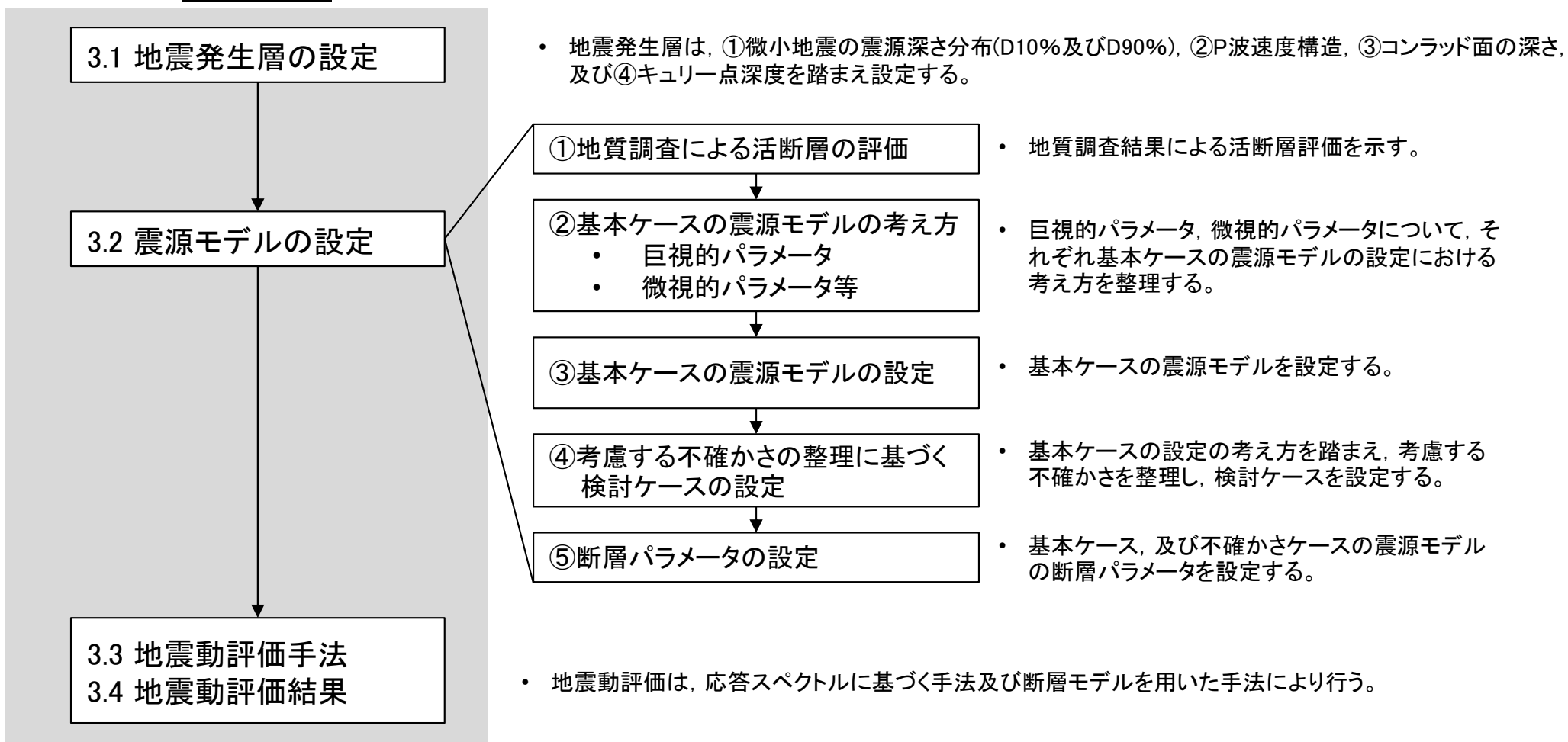
1. 敷地周辺の地震発生状況
2. 検討用地震の選定
 - 2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震
 - 2.2 大間付近の隆起域を説明する仮想的な活断層から想定される地震
 - 2.3 検討用地震の選定のまとめ
3. F-14断層による地震の地震動評価
 - 3.1 地震発生層の設定
 - 3.2 震源モデルの設定
 - 3.3 地震動評価手法
 - 3.4 地震動評価結果
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価
 - 4.1 地震発生層の設定
 - 4.2 震源モデルの設定
 - 4.3 地震動評価手法
 - 4.4 地震動評価結果
5. 隆起再現断層による地震の地震動評価
 - 5.1 隆起再現断層の想定領域の設定
 - 5.2 地震発生層の設定
 - 5.3 地形発達過程の再現性に基づく隆起再現断層の選定
 - 5.4 地震動評価の震源モデルの設定
 - 5.5 地震動評価手法
 - 5.6 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

3. F-14断層による地震の地震動評価

F-14断層による地震の地震動評価の実施手順

- 以下の実施手順により、F-14断層による地震の地震動を評価する。

実施手順



3. F-14断層による地震の地震動評価

3.1 地震発生層の設定(1/8)

基本方針

F-14断層による地震の地震発生層は、①微小地震の震源深さ分布(D10%及びD90%)、②P波速度構造、③コンラッド面の深さ、及び④キュリー一点深度を踏まえ設定する。

敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイドの記載

4.4.震源断層の評価 4.4.1 震源断層の評価における共通事項

地震発生層の浅さ限界・深さ限界は、敷地周辺で発生した地震の震源分布、キュリー一点深度、速度構造データ等を参考に設定されていることを確認する。



地震発生層に関する主な既往の知見

【震源深さ分布に関する知見】

- ・ 伊藤(2002)によると、地震発生層には上限及び下限が存在し、D10%※1を上限、D90%※2を下限の目安として用いることができるとされている。

【P波速度構造に関する知見】

- ・ 入倉・三宅(2001)によると、微小地震の浅さ限界は、P波速度5.8km/s～5.9km/sの層の上限と良い関係があるとされている。
- ・ 吉井・伊藤(2001)によると、地震発生層の上限は、速度構造が6km/sとなるところにおおむね一致しているとされている。
- ・ 廣瀬・伊藤(2006)によると、浅い地殻内で発生する微小地震は、P波速度が5.8km/s～6.4km/sの層に集中しているとされている。

【コンラッド面の深さに関する知見】

- ・ 木下・大竹(2000)によると、地殻内の地震は、コンラッド面より浅い上部地殻で発生し、下部地殻では流動性に富み、地震を発生させるほどの歪みエネルギーを蓄積することができないとされている。

【キュリー一点深度に関する知見】

- ・ 田中(2009)によると、地殻内で発生する地震の下限と温度構造には密接な関係があるとされている。温度構造の概要をとらえる方法として、磁性岩体がキュリー一点深度に達するとその磁性を失うという性質を地下の熱的異常に結び付け、磁性体の下面深度(キュリー一点深度に相当)を求める方法を挙げている。Tanaka and Ishikawa(2005)によると、キュリー一点深度に相当する磁化層下限値と微小地震のD90%の値との間には良い相関があることが示されている。



※1：その値より震源深さが浅い地震数が全体の10%になるときの震源深さ。地震発生層上限に対応する。
 ※2：その値より震源深さが浅い地震数が全体の90%になるときの震源深さ。地震発生層下限に対応する。

地震発生層の設定

以上から、①～④を踏まえ、地震発生層を設定する。

- ①微小地震の震源深さ分布(D10%及びD90%)、②P波速度構造、③コンラッド面の深さ、④キュリー一点深度

3.1 地震発生層の設定(2/8)

①-1 微小地震の震源深さ分布:原子力安全基盤機構(2004)による評価

- 原子力安全基盤機構(2004)では、気象庁の一元化震源(1997年10月~2001年9月)に基づき、全国の15の地域ごとに地震発生層上下限に関する評価をしている。
- 原子力安全基盤機構(2004)による評価結果に基づき、敷地周辺のD10%、D90%を確認する。



- 大間原子力発電所の位置する「東北東部」において、D10%は6.2km、及びD90%は13.8kmと評価されている。



原子力安全基盤機構(2004)による地震域の区分

原子力安全基盤機構(2004)に加筆

原子力安全基盤機構(2004)による東北東部の地震発生層上下限深さに関する評価

地震域	M区分	最浅 (km)	D10% (km)	D50% (km)	D90% (km)	最深 (km)	データ数	D90%-D10% (km)	震源域 上端深さ 最浅値 (飯田式)
東北東部	2.0 ≤ M < 2.5	0.0	5.8	10.4	13.7	29.6	288	7.9	-0.7
	2.5 ≤ M < 3.0	0.0	6.4	11.3	15.9	29.7	97	9.5	-1.3
	3.0 ≤ M < 3.5	0.0	7.3	11.0	13.1	29.3	44	5.8	-1.4
	3.5 ≤ M < 4.0	8.7	9.8	12.2	15.7	29.5	20	5.9	5.9
	4.0 ≤ M	3.2	7.6	9.1	13.2	14.7	11	5.6	-10.5
全データ		0.0	6.2	10.7	13.8	29.7	460	7.6	-10.5

原子力安全基盤機構(2004)に加筆

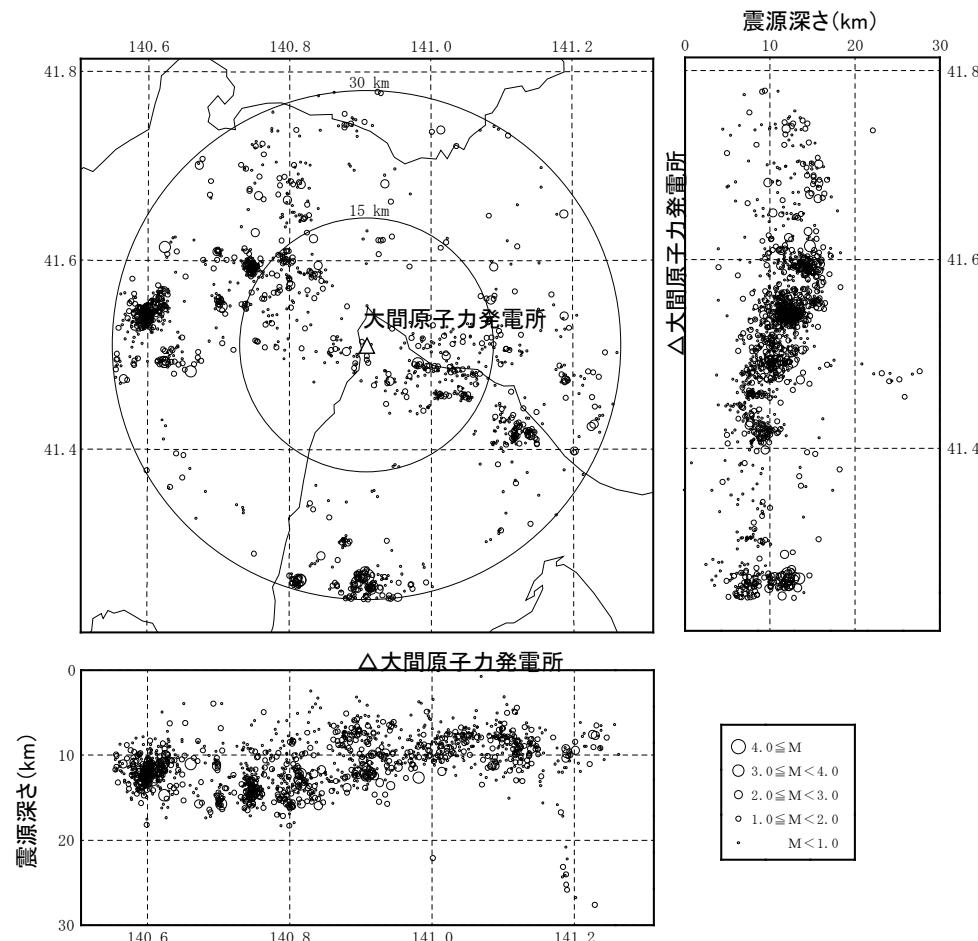
3.1 地震発生層の設定(3/8)

①-2 微小地震の震源深さ分布: 気象庁の一元化震源に基づく評価

- 気象庁の一元化震源(1997年10月~2019年2月)に基づき、敷地周辺(敷地から半径30kmの範囲)で発生した地震のD10%, D90%を評価する。

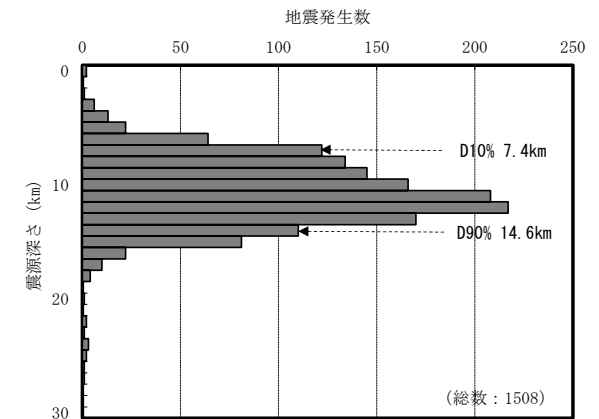


- 気象庁の一元化震源によると、D10%は7.4km, D90%は14.6kmと評価される。

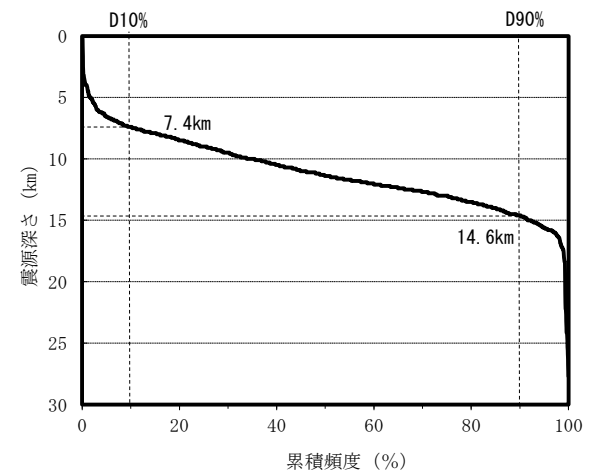


(1) 敷地周辺の震源深さ分布

(気象庁の一元化震源, 1997年10月~2019年2月, 低周波地震は除く)



(2) 地震発生数の深さ方向分布



(3) 地震発生数の累積頻度分布

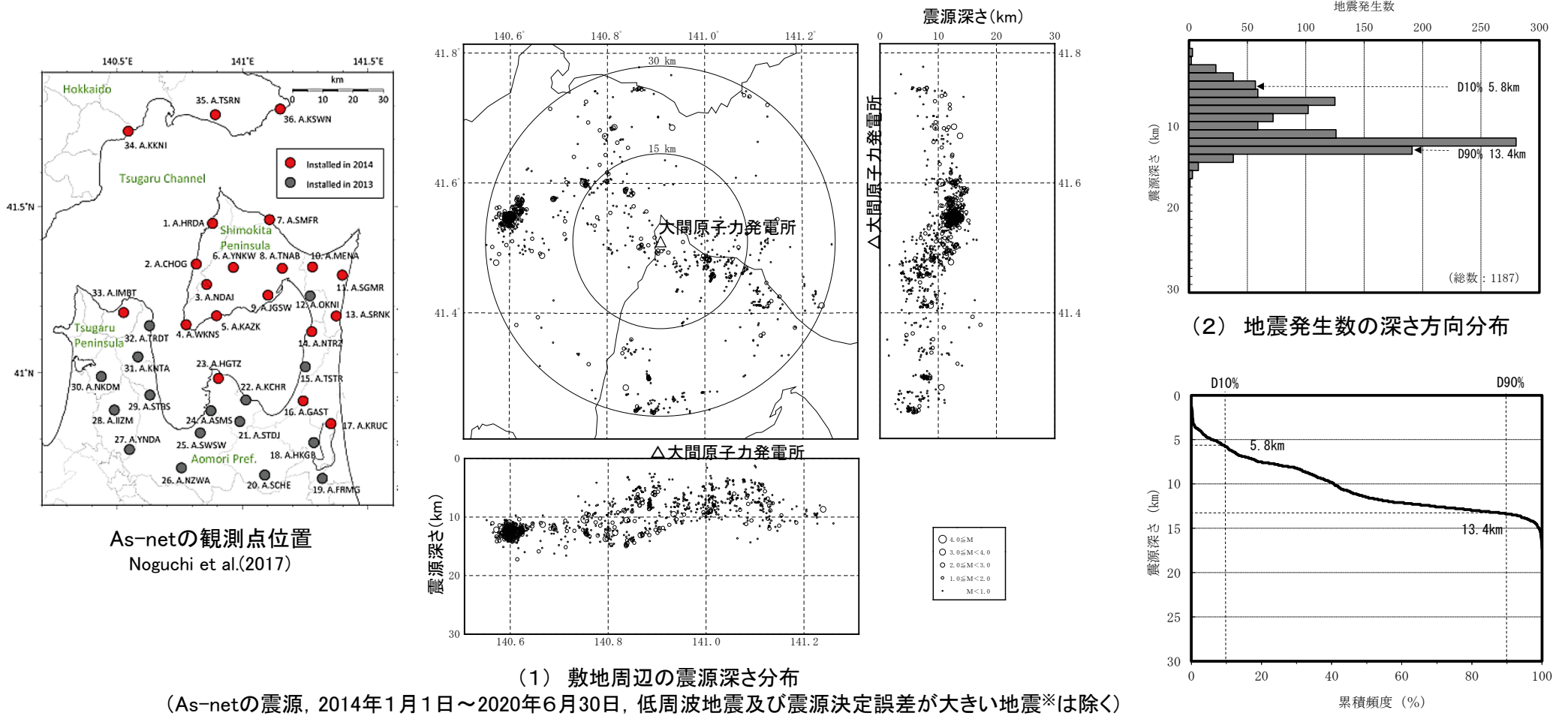
3.1 地震発生層の設定(4/8)

①-3 微小地震の震源深さ分布: As-netの震源に基づく評価

- 公益財団法人 地震予知総合研究振興会では、青森県を中心に高密度地震観測網(As-net)を展開している。
- As-netの震源(2014年1月1日~2020年6月30日)に基づき、敷地周辺(敷地から半径30kmの範囲)で発生した地震のD10%, D90%を評価する。



- As-netの震源によると、D10%は5.8km、D90%は13.4kmとなり、気象庁の一元化震源(1997年10月~2019年2月)に基づく評価より浅い。一般的に、高密度の地震観測網で決定された震源深さは浅く決定される傾向があり、評価結果はこれと整合する。



(1) 敷地周辺の震源深さ分布

(As-netの震源, 2014年1月1日~2020年6月30日, 低周波地震及び震源決定誤差が大きい地震※は除く)

※ : 震源決定誤差が水平1.0km以上, または鉛直2.0km以上の地震

(2) 地震発生数の深さ方向分布

(3) 地震発生数の累積頻度分布

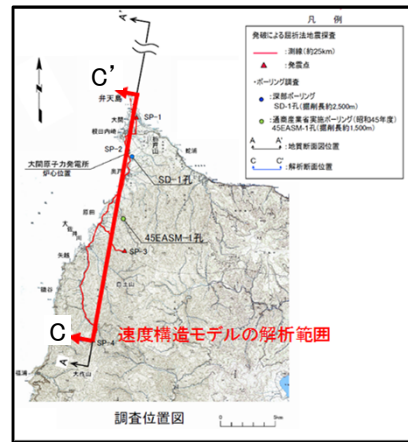
②P波速度構造

- 地質調査結果等に基づき、地震発生層上限と対応するP波速度5.8~6.0km/sの層の深さ分布を確認する。
- 三次元地下構造モデル※1は、地震基盤までの深さの速度構造に着目して作成している。
- ここでは、地震基盤よりも深部の速度構造を把握するため、屈折法探査結果の深部からの反射波の波形情報を解析対象にできるフルウェーブインバージョン解析※2によるP波速度構造により、地震発生層上限と対応するP波速度5.8km/s以上の層の深さ分布を示す。
- また、「理論的手法に用いる深部地下構造モデル※3」による速度構造も併せて示す。

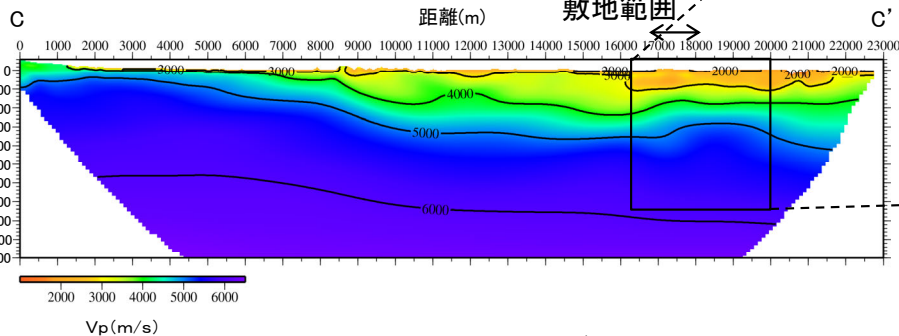
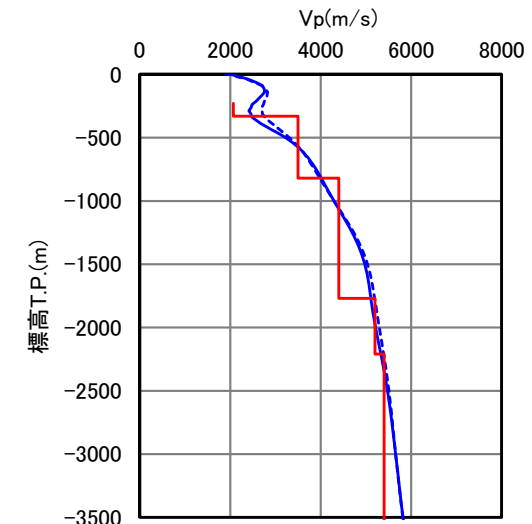
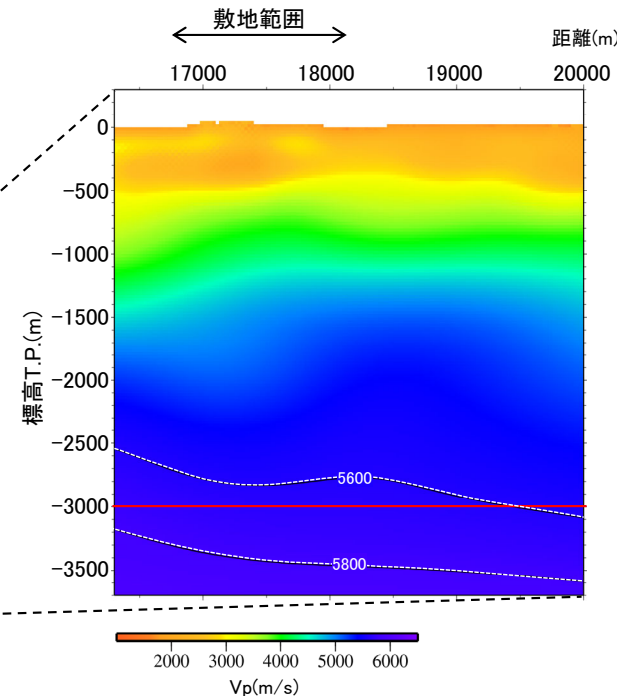
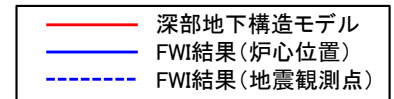
※1：第932回審査会合(2020年12月18日)資料1-1 P.2-60を参照。 ※2：フルウェーブインバージョン解析の概要は、補足説明資料1章を参照。 ※3：第932回審査会合(2020年12月18日)資料1-1 P.5-40を参照。



- フルウェーブインバージョン解析結果のP波速度構造によると、敷地範囲及びその周辺の深さ3kmのP波速度は5.6km/s程度であり、地震発生層上限と対応するP波速度5.8km/s以上の層は敷地範囲及びその周辺で少なくとも3kmよりも深い。
- 「理論的手法に用いる深部地下構造モデル」によると、深さ3kmのP波速度は、5.4km/sである。
- フルウェーブインバージョン解析結果のP波速度構造は、「理論的手法に用いる深部地下構造モデル」のP波速度構造とよく対応している。



断面位置図(赤線)



フルウェーブインバージョン解析結果のP波速度構造

フルウェーブインバージョン解析(FWI)結果と「理論的手法に用いる深部地下構造モデル」の比較

3.1 地震発生層の設定(6/8)

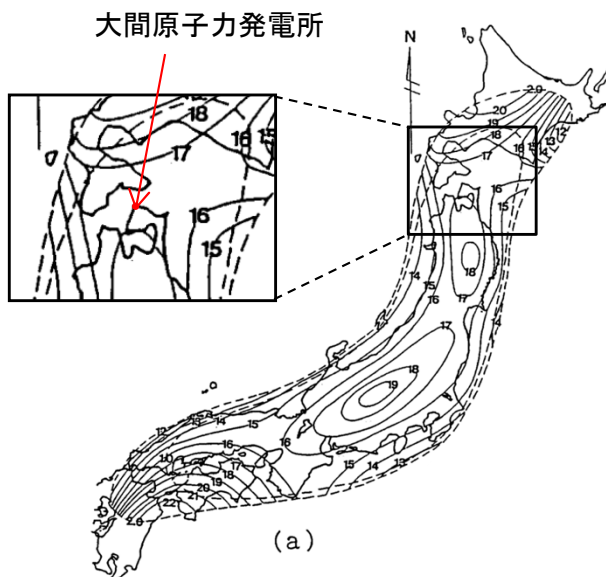


③コンラッド面の深さ

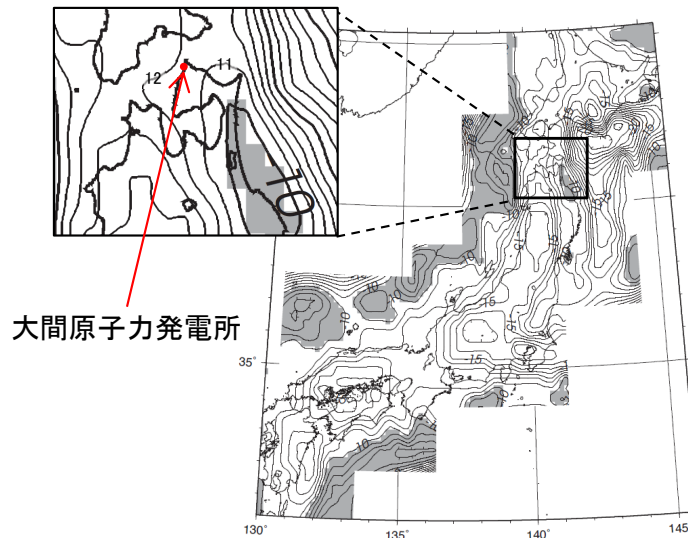
- 国立研究開発法人 産業技術総合研究所によれば、コンラッド面は、地殻の上部と下部を分ける不連続面のことで、日本列島の陸域ではおおむね15km程度の深さに分布している。
- Zhao et al.(1994), 河野ほか(2009), 及びKatsumata(2010)では、それぞれ以下のとおり全国のコンラッド面の深さを示しており、敷地周辺のコンラッド面の深さを確認する。
 - Zhao et al.(1994)は、国内の大学の地震観測網による地震記録を用いたインバージョン解析により、全国のコンラッド面の深さを示している。
 - 河野ほか(2009)は、重力異常データを用いて日本列島の三次元地下構造を推定し、全国のコンラッド面の深さを示している。
 - Katsumata(2010)は、国内の大学や自治体等の地震観測網による地震記録を用いたトモグラフィ解析により、全国のコンラッド面の深さを示している。



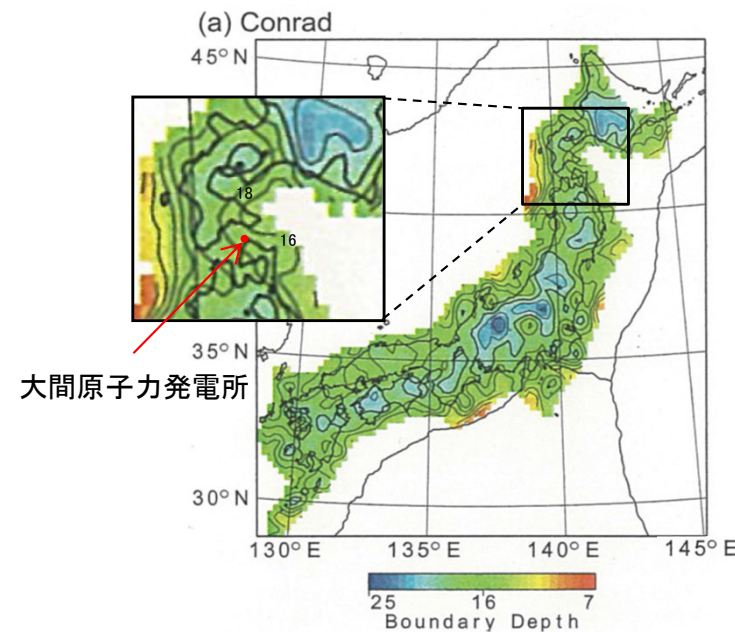
- Zhao et al.(1994)によると、敷地周辺におけるコンラッド面の深さは、16km程度である。
- 河野ほか(2009)によると、敷地周辺におけるコンラッド面の深さは、12km程度である。
- Katsumata(2010)によると、敷地周辺におけるコンラッド面の深さは、16km程度である。
- 以上より、敷地周辺におけるコンラッド面の深さに基づく地震発生層下限深さは、12~16km程度と推定され、敷地周辺の微小地震の発生状況から推定されるD90%の値(気象庁の一元化震源によるD90%は14.6km, As-netの震源によるD90%は13.4km)と整合している。



コンラッド面の深さ(km)
Zhao et al.(1994)に加筆



コンラッド面の深さ(km)
河野ほか(2009)に加筆



コンラッド面の深さ(km)
Katsumata(2010)に加筆

3.1 地震発生層の設定(7/8)

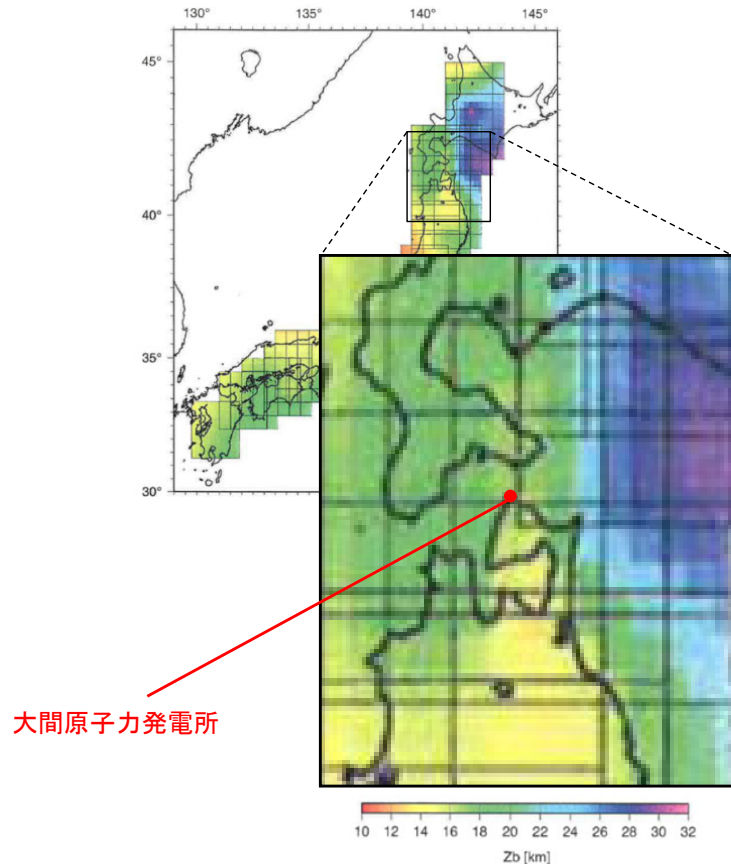


④キュリー一点深度

- Tanaka and Ishikawa (2005)では、キュリー一点深度に相当する磁化層下限値と微小地震のD90%との間にはよい相関があることが示されている。
- 敷地周辺における磁化層下限値を読み取り、D90%との関係を確認する。



- Tanaka and Ishikawa (2005)によると、敷地周辺の磁化層下限値は約14~17km程度となっており、敷地周辺の微小地震の発生状況から推定されるD90%の値(気象庁の一元化震源によるD90%は14.6km, As-netの震源によるD90%は13.4km)と整合している。



磁化層下限値の分布図

Tanaka and Ishikawa (2005)による磁化層下限値の分布図、及び磁化層下限値とD90%の関係

Tanaka and Ishikawa (2005)に加筆

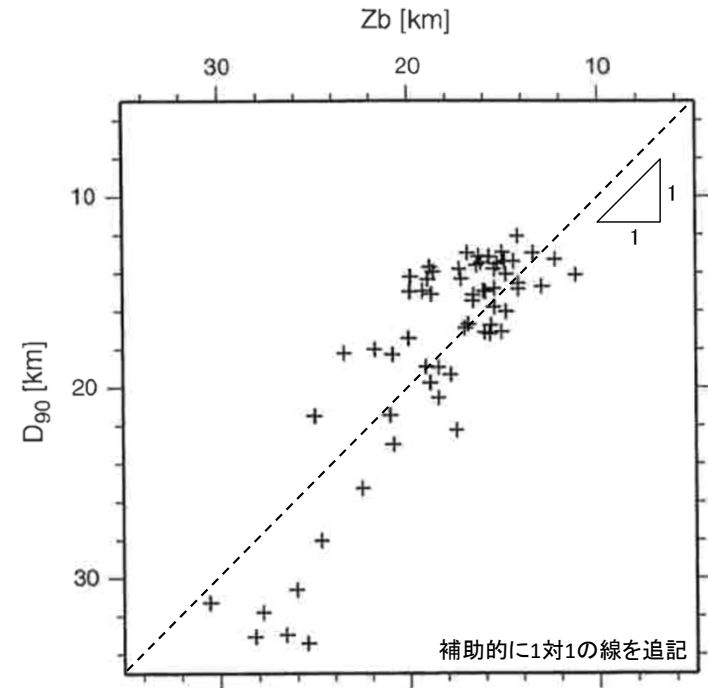


Fig. 8. Plot of the depth to the basal depth of magnetic sources (Z_b) against the seismicogenic layer thickness (D_{90}) beneath the Japanese islands.

磁化層下限値(Z_b)とD90%の関係

3.1 地震発生層の設定(8/8)



まとめ

- F-14による地震の地震発生層の上限及び下限深さは、以下のとおり設定する。

地震動評価で考慮する地震発生層上限深さ

微小地震分布に基づけば、地震発生層上限深さは5km程度と考えられるが、敷地周辺のP波速度分布を踏まえ、保守的に深さ3kmの位置に設定。

地震動評価で考慮する地震発生層下限深さ

微小地震分布に基づけば、地震発生層下限深さは15km程度よりも浅いと考えられるが、コンラッド面の深さ、及びキュリ一点深度の評価に幅があることを踏まえ、保守的に深さ17kmの位置に設定。

地震発生層の設定の検討項目、及び評価の一覧

検討項目		地震発生層上限に関する評価	地震発生層下限に関する評価
①	1 微小地震の震源深さ分布:原子力安全基盤機構(2004)による評価	D10%:6.2km	D90%:13.8km
	2 微小地震の震源深さ分布:気象庁の一元化震源に基づく評価	D10%:7.4km	D90%:14.6km
	3 微小地震の震源深さ分布に:As-netの震源に基づく評価	D10%:5.8km	D90%:13.4km
②	P波速度構造	P波速度5.8km/s以上の層は、敷地範囲及びその周辺で少なくとも3kmよりも深い。	—
③	コンラッド面の深さ	—	12~16km程度
④	キュリ一点深度	—	14~17km程度



地震発生層上限深さは、3kmに設定



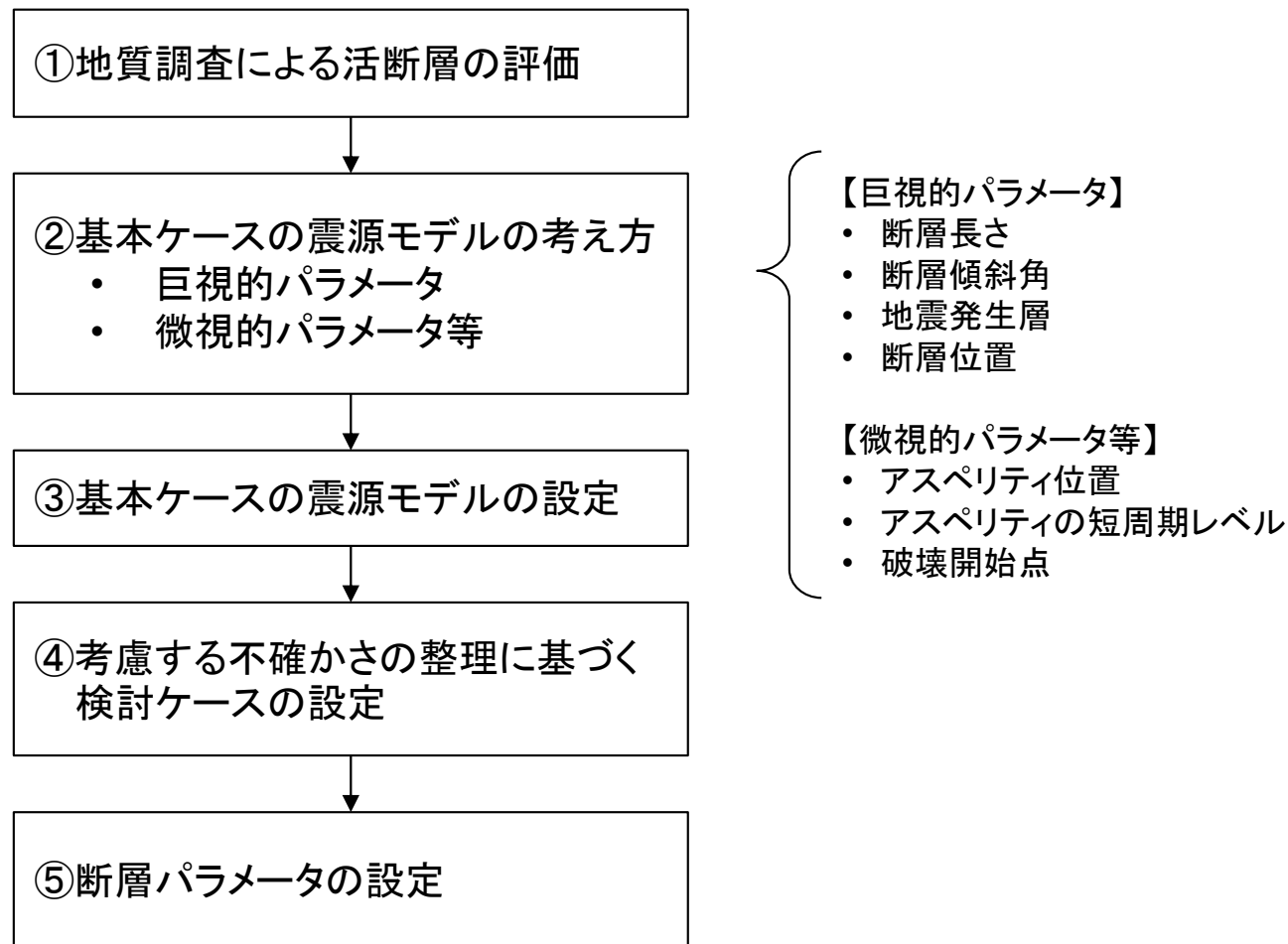
地震発生層下限深さは、17kmに設定

3.2 震源モデルの設定(1/12)



震源モデルの設定フロー

- F-14断層による地震の地震動評価にあたり、震源モデルの設定フローを示す。

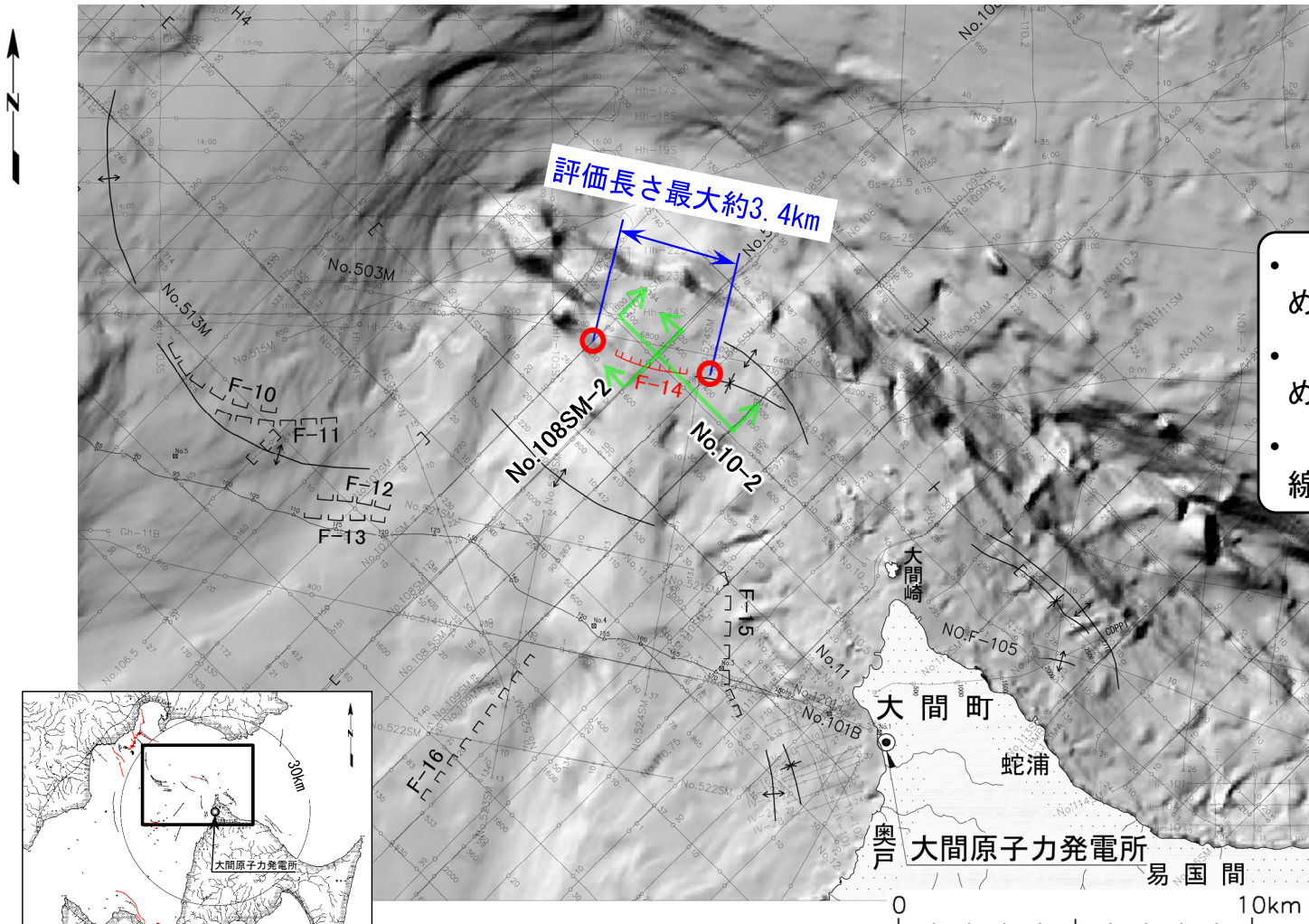


震源モデルの設定フロー

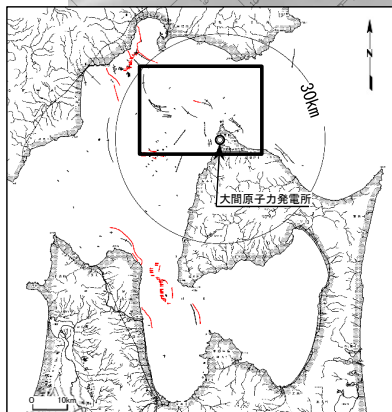
3.2 震源モデルの設定(2/12)



①地質調査による活断層の評価(1/2)



- F-14断層は、敷地の北西方約12kmに認められる短い断層である。
- 後期中新世以降の地層が欠如しているため、震源として考慮する活断層と評価する。
- 評価長さは、E層に断層が認められない測線までの約3.4kmとする。



海域の断層

F-2 (U) 活動が後期更新世に及んでいるものと評価する断層(伏在断層)及び断層番号

F-7 (U) 断層(伏在断層)及び断層番号

断層 } 連続性のない断層

伏在断層 }

↕ 背斜構造

↔ 向斜構造

↕ 音波探査記録の添付範囲 (P. 33参照)

○ F-14断層の東端及び西端

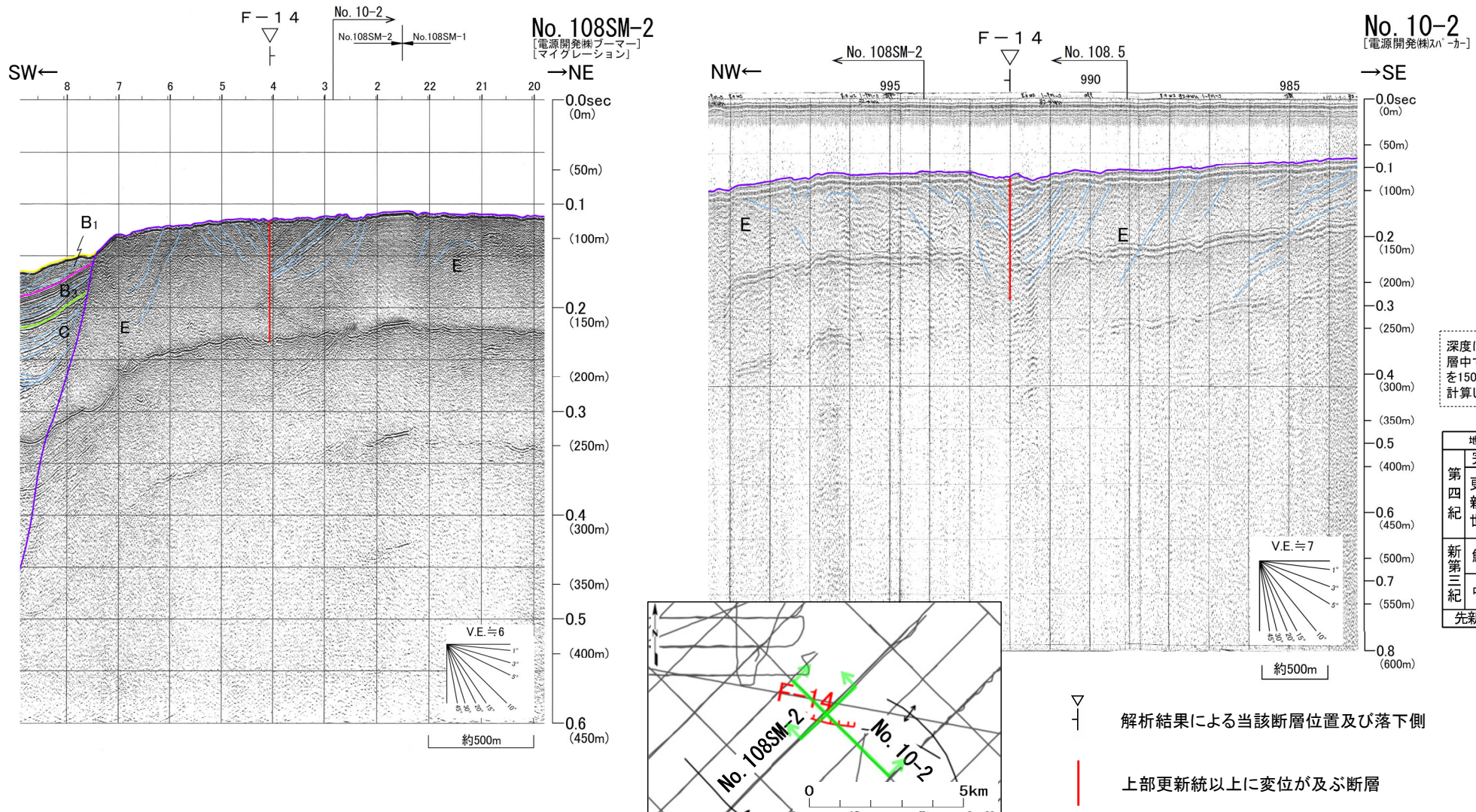
3.2 震源モデルの設定 (3/12)



①地質調査による活断層の評価 (2/2)

コメントNo.S1-3

- F-14断層は、音波探査断面図において深度200m程度まで確認される。
- 走向はWNW-ESEで、傾斜は、確認される範囲では鉛直または高角北傾斜の断層である。



3.2 震源モデルの設定(4/12)

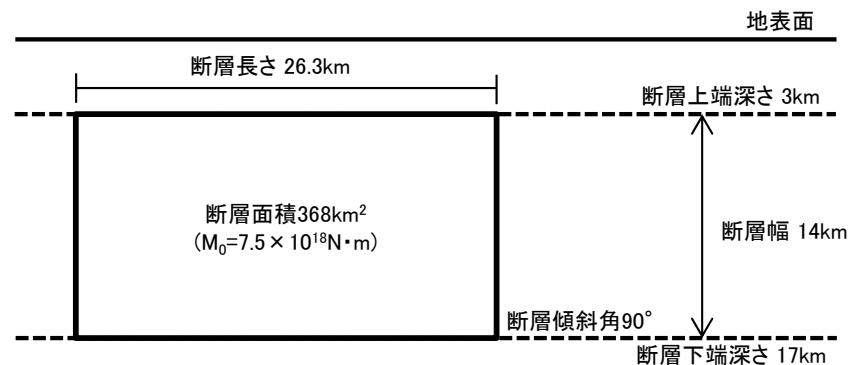


②基本ケースの震源モデルの考え方:巨視的パラメータ(1/2)

- F-14断層による地震の基本ケースの震源モデルの巨視的パラメータの設定に関する考え方を以下に示す。

基本ケースの震源モデルの巨視的パラメータの考え方

パラメータ		調査等に基づく震源パラメータの評価		基本ケースの震源モデルの考え方
		設定根拠	調査等に基づく評価	
巨視的 パラメータ	断層長さ	地質調査結果	敷地の北西方約12kmに認められる短い活断層であり、地質調査結果に基づく評価長さは、約3.4kmである。	保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、断層面が地震発生層を飽和する規模である $M_0=7.5 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$ 相当の断層面を考慮し、断層長さ26.3kmを設定する。
	断層位置	地質調査結果		断層長さ26.3kmの断層面を、保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、敷地に近づくように設定。(詳細はP.35参照。)
	断層傾斜角	地質調査結果	地質調査結果に基づく断層傾斜角は、北傾斜の高角ないしは鉛直である。	保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、地質調査結果の範囲で、断層面が最も敷地に近い鉛直(90°)を設定する。
	地震発生層	微小地震分布、速度構造データ等	微小地震分布、速度構造データ等に基づく地震発生層は、上限深さ3km、下限深さ17kmである。	断層面は、上端深さ3km、下端深さ17kmに設定する。

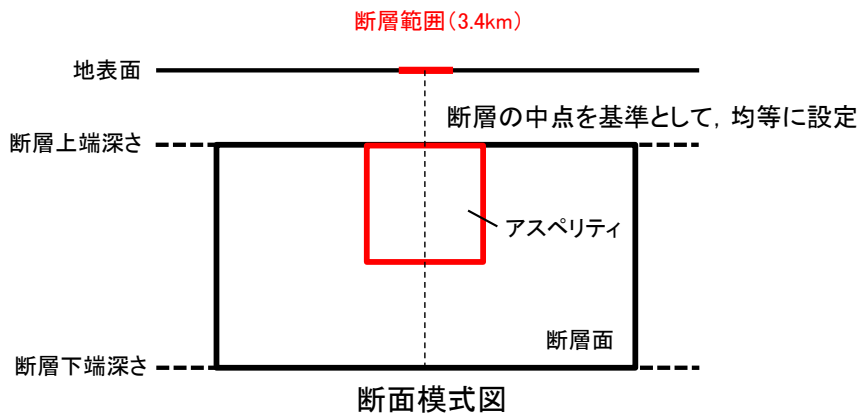
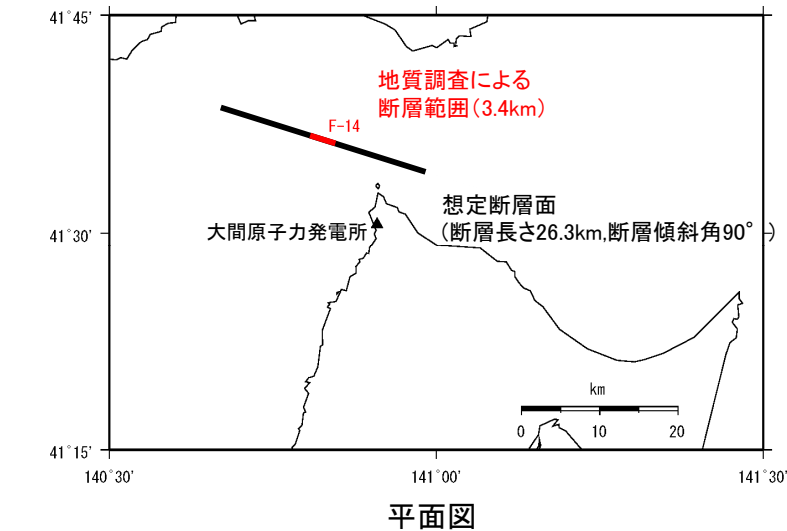


F-14断層の断層長さの設定

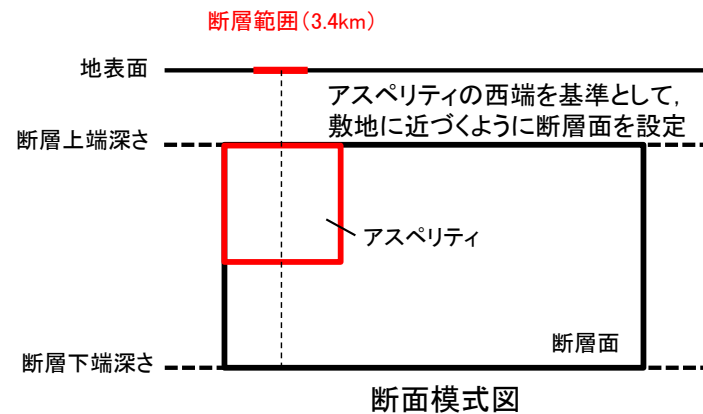
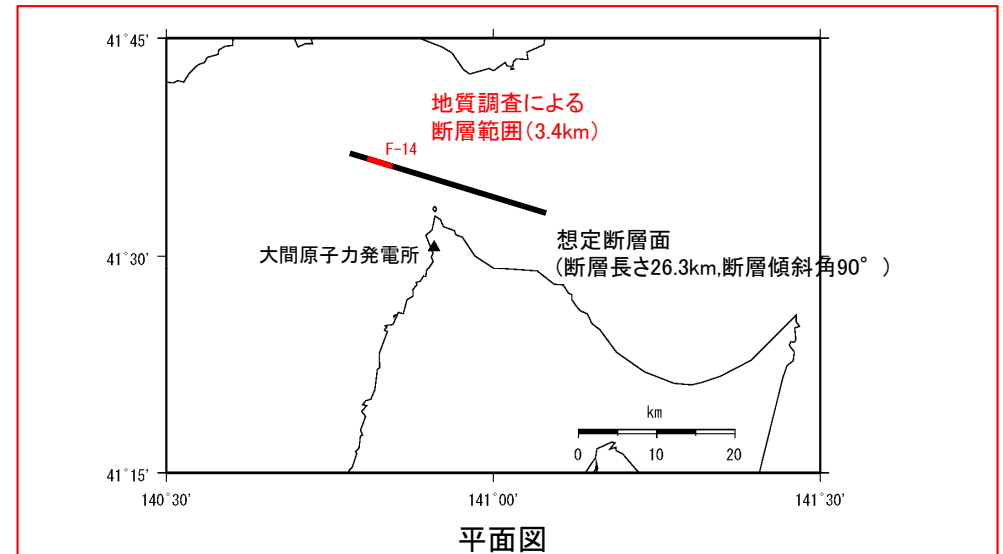
3.2 震源モデルの設定 (5/12)

②基本ケースの震源モデルの考え方:巨視的パラメータ(2/2)

- 断層面の位置は、地質調査により得られている断層範囲に対して、その中点を基準とし均等配置が考えられる。(下図(a))
- 基本ケースの震源モデルは、保守的にあらかじめ断層位置の不確かさを織り込み、アスペリティの西端を基準として断層面が敷地に近づくように設定する。(下図(b))



(a)地質調査に基づく断層面の設定



(b)地震動評価のための断層面の設定

3.2 震源モデルの設定(6/12)



②基本ケースの震源モデルの考え方:微視的パラメータ等

- F-14断層による地震の基本ケースの震源モデルの微視的パラメータ等の設定に関する考え方を以下に示す。

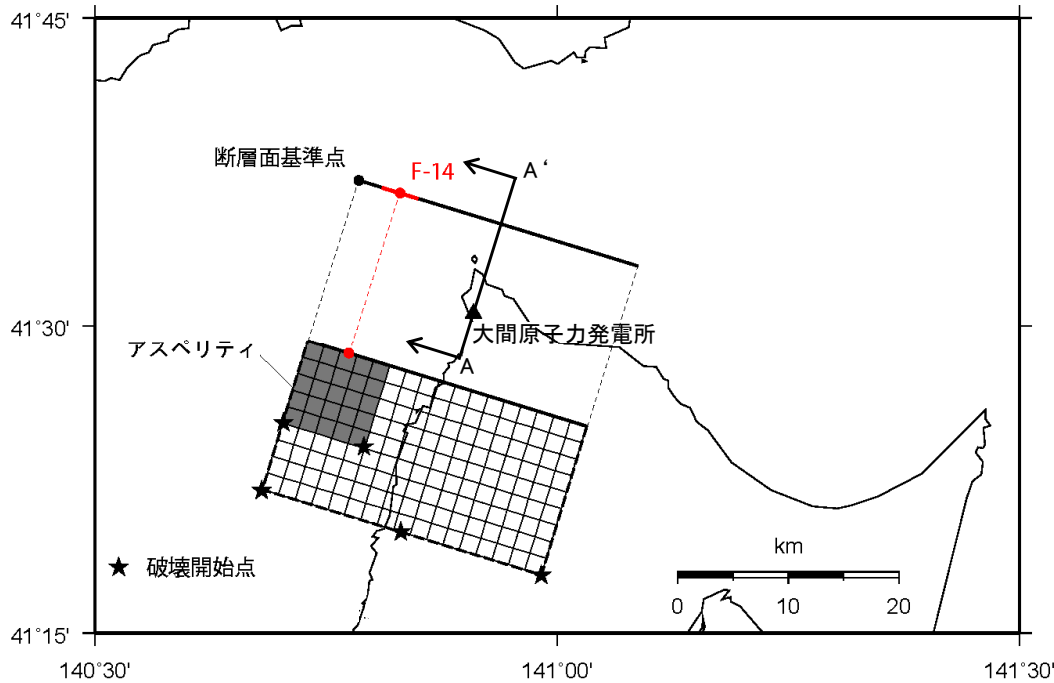
基本ケースの震源モデルの微視的パラメータ等の考え方

パラメータ		調査等に基づく震源パラメータの評価		基本ケースの震源モデルの考え方
		設定根拠	調査等に基づく評価	
微視的 パラメータ	アスペリティ	位置	地質調査結果	調査で得られている断層直下にすべりの大きいアスペリティが存在すると考え、設定。 アスペリティの深さは、敷地に対する影響が大きくなるように、断層上端に配置。
		短周期レベル (応力降下量)	強震動予測レシピ	敷地周辺の内陸地殻内地震の短周期レベル(応力降下量)に関する知見は得られていない。 経験的に求められた平均的な値である強震動予測レシピに基づき設定。
その他の パラメータ	破壊開始点	—	敷地周辺の内陸地殻内地震の破壊開始点に関する知見は得られていない。	敷地に対して影響が大きくなるように、敷地に破壊が向かう破壊開始点を複数設定。

3.2 震源モデルの設定(7/12)

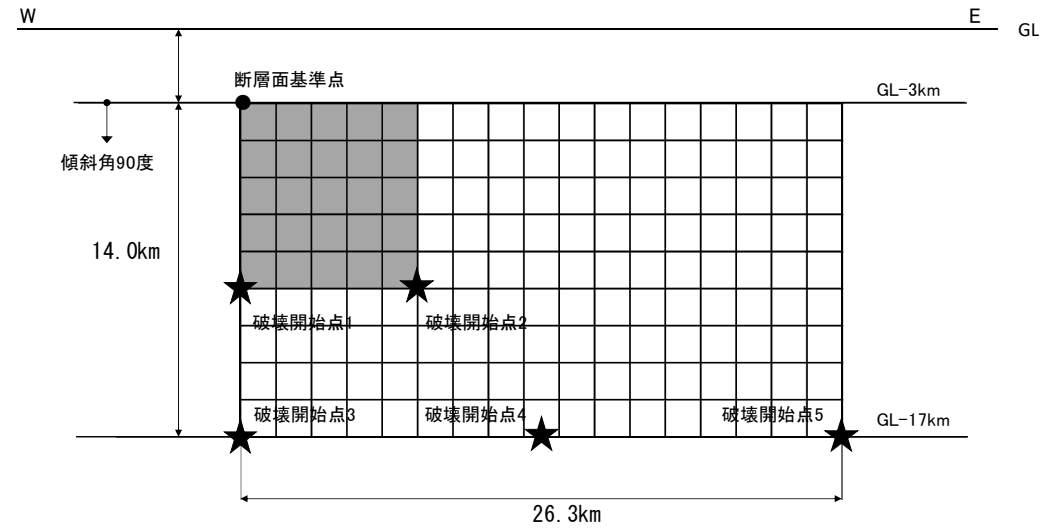
③基本ケースの震源モデルの設定

- F-14断層による地震の基本ケースの震源モデルを以下に示す。

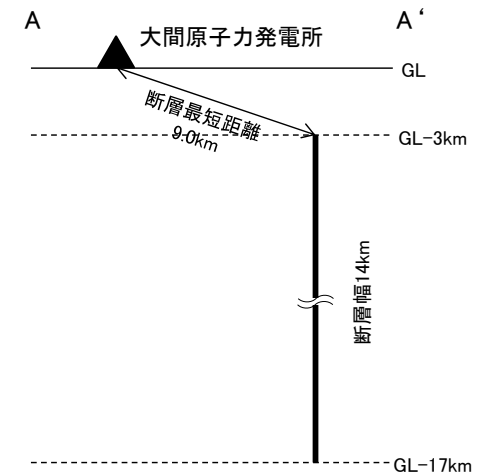


(a) 地表面投影図(断層傾斜角90°を水平に展開)

地震規模	等価震源距離	断層最短距離
M7.0	14.3km	9.0km



(b) 展開図



(c) A-A' 断面模式図

3.2 震源モデルの設定(8/12)

④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(1/2)


- F-14断層による地震について、考慮する不確かさを示す。
- 基本ケースに対して、認識論的不確かさとして短周期レベルの不確かさを考慮する。

不確かさの重畳について、考え方は以下のとおり。

- 「認識論的不確かさ」については、それぞれ独立で不確かさを考慮する。
- 「偶然的不確かさ」については、事前の把握が困難であるため、「認識論的不確かさ」と重畳させて考慮する。

基本ケースの震源モデルに対する不確かさの整理

不確かさの種類	パラメータ	基本ケースの震源モデルの考え方	不確かさの考慮
認識論的不確かさ	断層位置	保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、断層面が敷地に近づくように設定。	基本ケースの震源モデルは、保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、断層面が敷地に近づくように設定しているため、更なる不確かさは考慮しない。
	地震規模	保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、断層面が地震発生層を飽和する規模である $M_0=7.5 \times 10^{18} \text{N}\cdot\text{m}$ 相当を考慮。(断層長さ26.3km)	基本ケースの震源モデルは、保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、断層面が地震発生層を飽和する規模を考慮して設定しているため、更なる不確かさは考慮しない。
	断層傾斜角	保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、地質調査結果の範囲で、断層面が最も敷地に近い鉛直(90°)を設定。	基本ケースの震源モデルは、保守的にあらかじめ不確かさを織り込み、調査結果の範囲で、敷地に近づくように設定しているため、更なる不確かさは考慮しない。
	アスペリティの短周期レベル(応力降下量)	強震動予測レシピに基づき設定。	新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、強震動予測レシピの1.5倍を考慮する。
偶然的不確かさ	アスペリティ位置	深さ方向については、敷地に及ぼす影響が大きくなるように、断層上端に配置。	同左
	破壊開始点	破壊が敷地に向かうように、複数の破壊開始点を設定。	同左

 : 認識論的不確かさとして考慮するパラメータ

3.2 震源モデルの設定(9/12)



④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(2/2)

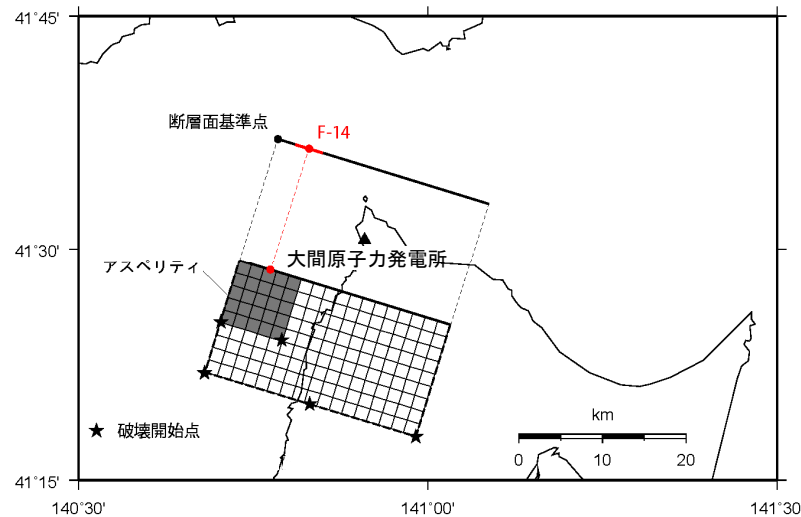
- F-14断層による地震の検討ケースを以下に示す。

F-14断層による地震の検討ケース一覧

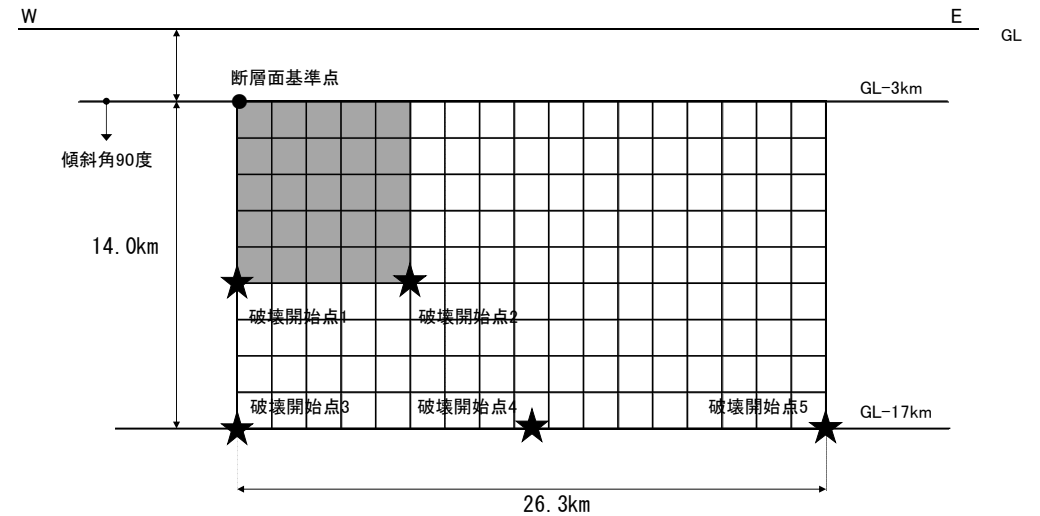
検討ケース	断層位置	地震規模	断層傾斜角(°)	アスペリティの短周期レベル(応力降下量)	アスペリティ位置	破壊開始点
基本ケース	断層面が敷地に近づくように設定	M7.0	90	強震動予測レシピ	敷地に対する影響が大きくなるように、断層上端に配置	複数設定
短周期レベルの不確かさケース	断層面が敷地に近づくように設定	M7.0	90	強震動予測レシピ × 1.5	敷地に対する影響が大きくなるように、断層上端に配置	複数設定

: 認識論的不確かさとして考慮するパラメータ

: 偶然的な不確かさとして考慮するパラメータ



(a) 地表面投影図(傾斜角90° を水平に展開)



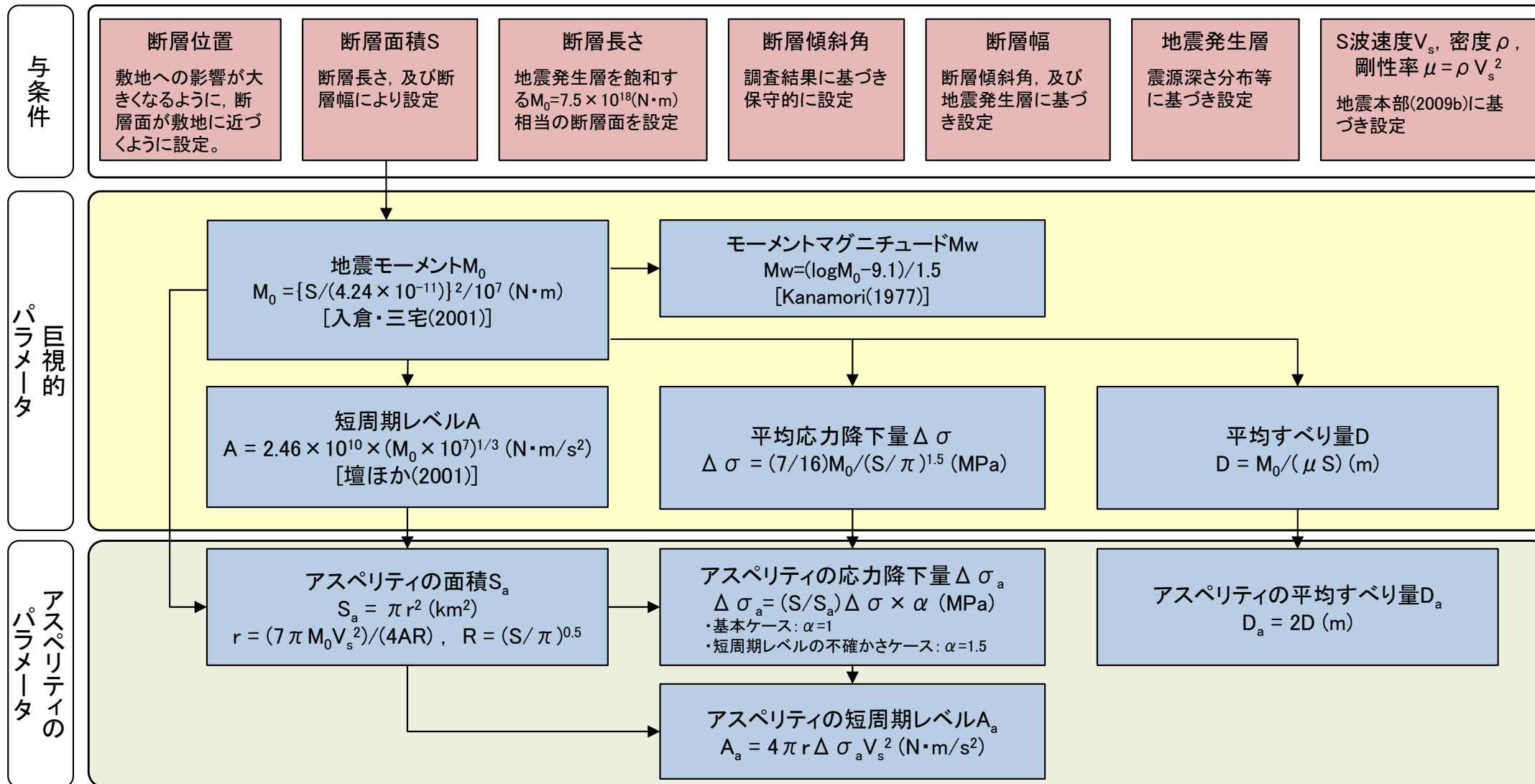
(b) 展開図

震源モデル(基本ケース, 短周期レベルの不確かさケース)

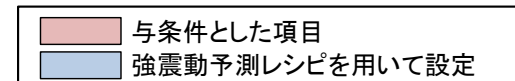
3.2 震源モデルの設定 (10/12)

⑤断層パラメータの設定 (1/3) : 断層パラメータの設定フロー

- 断層パラメータは、強震動予測レシピに基づき設定する。



断層パラメータの設定フロー



3.2 震源モデルの設定(11/12)



⑤断層パラメータの設定(2/3):基本ケース

F-14断層による地震 基本ケースの断層パラメータ

		項目	記号(単位)	設定値	設定根拠
巨視的パラメータ	断層全体	走向	$\theta(^{\circ})$	107	地質調査結果による
		傾斜角	$\delta(^{\circ})$	90	同上
		上端深さ	$h(\text{km})$	3	地震発生層の検討結果による
		下端深さ	$b(\text{km})$	17	同上
		長さ	$L(\text{km})$	26.3	地震規模を踏まえ設定
		幅	$W(\text{km})$	14.0	$W=(b-h)/\sin \delta$
		断層面積	$S(\text{km}^2)$	368	$S=L \times W$
		地震モーメント	$M_0(\text{N}\cdot\text{m})$	$7.5\text{E}+18$	$M_0=(S/(4.24 \times 10^{-11}))^2/10^7$ (入倉・三宅(2001))
		モーメントマグニチュード	M_w	6.5	$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))
		S波速度	$V_s(\text{km/s})$	3.4	地震本部(2009b)
		剛性率	$\mu(\text{N/m}^2)$	$3.12\text{E}+10$	$\mu=\rho V_s^2, \rho=2.7\text{t/m}^3$
		平均すべり量	$D(\text{m})$	0.7	$D=M_0/(\mu S)$
		平均応力降下量	$\Delta \sigma(\text{MPa})$	2.60	$\Delta \sigma=(7/16)M_0/(S/\pi)^{1.5}$
		短周期レベル	$A(\text{N}\cdot\text{m/s}^2)$	$1.04\text{E}+19$	$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (壇ほか(2001))
		破壊伝播速度	$V_r(\text{km/s})$	2.4	$V_r=0.72V_s$ (Geller(1976))
高周波遮断振動数	$f_{\text{max}}(\text{Hz})$	8.3	香川ほか(2003)		
微視的パラメータ	アスペリティ	面積	$S_a(\text{km}^2)$	57	$S_a=\pi r^2, r=(7\pi M_0 V_s^2)/(4AR), R=(S/\pi)^{0.5}$
		地震モーメント	$M_{0a}(\text{N}\cdot\text{m})$	$2.3\text{E}+18$	$M_{0a}=\mu S_a D_a$
		平均すべり量	$D_a(\text{m})$	1.3	$D_a=2 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a(\text{MPa})$	16.8	$\Delta \sigma_a=(S/S_a) \times \Delta \sigma$
		短周期レベル	$A_a(\text{N}\cdot\text{m/s}^2)$	$1.04\text{E}+19$	$A_a=4\pi r \Delta \sigma_a V_s^2$
	背景領域	面積	$S_b(\text{km}^2)$	311	$S_b=S-S_a$
		地震モーメント	$M_{0b}(\text{N}\cdot\text{m})$	$5.2\text{E}+18$	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		平均すべり量	$D_b(\text{m})$	0.5	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b(\text{MPa})$	3.7	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a) \Delta \sigma_a, W_b=W, W_a=S_a^{0.5}$
		Q値	—	$100f^{1.0}$	Kakehi and Irikura (1997)

第983回審査会合 資料2-1
誤り④:断層全体の
応力降下量の誤り

第983回審査会合 資料2-1
誤り⑤:アスペリティの
応力降下量の誤り

3.2 震源モデルの設定(12/12)



⑤断層パラメータの設定(3/3):短周期レベルの不確かさケース

F-14断層による地震 短周期レベルの不確かさケースの断層パラメータ

項目		記号(単位)	設定値	設定根拠	
巨視的パラメータ	断層全体	走向	$\theta(^{\circ})$	107	地質調査結果による
		傾斜角	$\delta(^{\circ})$	90	同上
		上端深さ	h(km)	3	地震発生層の検討結果による
		下端深さ	b(km)	17	同上
		長さ	L(km)	26.3	地震規模を踏まえ設定
		幅	W(km)	14.0	$W=(b-h)/\sin \delta$
		断層面積	S(km ²)	368	$S=L \times W$
		地震モーメント	M ₀ (N・m)	7.5E+18	$M_0=(S/(4.24 \times 10^{-11}))^2/10^7$ (入倉・三宅(2001))
		モーメントマグニチュード	Mw	6.5	$Mw=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))
		S波速度	V _s (km/s)	3.4	地震本部(2009b)
		剛性率	μ (N/m ²)	3.12E+10	$\mu=\rho V_s^2, \rho=2.7t/m^3$
		平均すべり量	D(m)	0.7	$D=M_0/(\mu S)$
		平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	2.60	$\Delta \sigma=(7/16)M_0/(S/\pi)^{1.5}$
		短周期レベル	A(N・m/s ²)	1.04E+19	$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (壇ほか(2001))
		破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.4	$V_r=0.72V_s$ (Geller(1976))
高周波遮断振動数	fmax(Hz)	8.3	香川ほか(2003)		
微視的パラメータ	アスペリティ	面積	S _a (km ²)	57	$S_a=\pi r^2, r=(7\pi M_0 V_s^2)/(4AR), R=(S/\pi)^{0.5}$
		地震モーメント	M _{0a} (N・m)	2.3E+18	$M_{0a}=\mu S_a D_a$
		平均すべり量	D _a (m)	1.3	$D_a=2 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$ (MPa)	25.2	$\Delta \sigma_a=(S/S_a) \times \Delta \sigma \times 1.5$
		短周期レベル	A _a (N・m/s ²)	1.56E+19	$A_a=4\pi r \Delta \sigma_a V_s^2$
	背景領域	面積	S _b (km ²)	311	$S_b=S-S_a$
		地震モーメント	M _{0b} (N・m)	5.2E+18	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		平均すべり量	D _b (m)	0.5	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	σ_b (MPa)	5.5	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a) \Delta \sigma_a, W_b=W, W_a=S_a^{0.5}$
		Q値	—	100f ^{1.0}	Takehi and Irikura (1997)

第983回審査会合 資料2-1
誤り④:断層全体の
応力降下量の誤り

第983回審査会合 資料2-1
誤り⑤:アスペリティの
応力降下量の誤り

3.3 地震動評価手法(1/4)



地震動評価の方針

■ 応答スペクトルに基づく地震動評価

- 解放基盤表面における水平動及び鉛直動を予測することが可能なNoda et al.(2002)による方法の地震動評価^{※1}を行う。ただし、保守的な評価となるようにNoda et al.(2002)に基づく内陸地震に対する補正は考慮しない。
- 観測記録による補正は、想定震源周辺に適切な地震が発生していないことから行わない。

■ 断層モデルを用いた手法による地震動評価

- 敷地において要素地震に適した観測記録^{※2}が得られていないことから、統計的グリーン関数法及び理論的手法によるハイブリッド合成法^{※3}による地震動評価を行う。

※1 : Noda et al.(2002)による方法とそれ以外の距離減衰式による方法の地震動評価の比較を参考として、P.162～165に示す。

※2 : 想定した断層面付近で発生した、規模の差がM2程度以内の、地震のタイプ・メカニズムが想定地震と類似している地震の観測記録。

※3 : ハイブリッド合成法については、補足説明資料2章を参照。

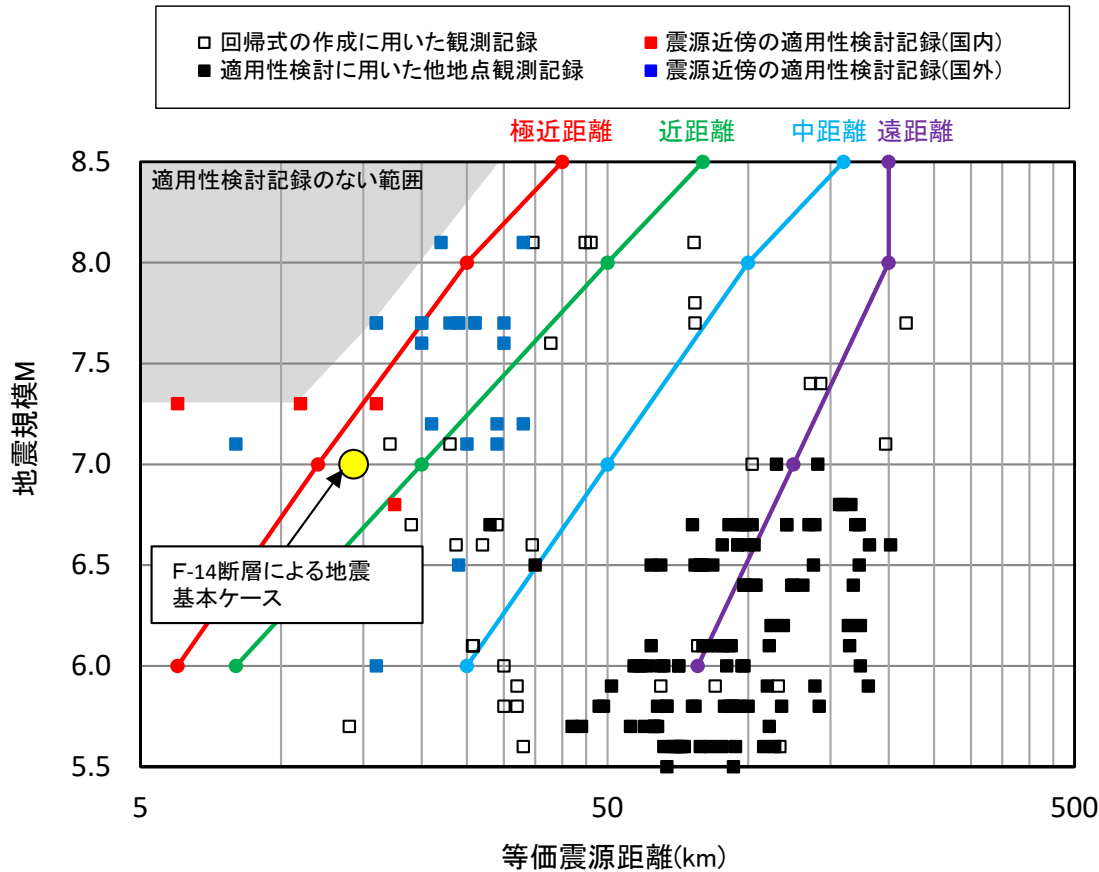
3. F-14断層による地震の地震動評価

3.3 地震動評価手法(2/4)

応答スペクトルに基づく地震動評価

Noda et al.(2002)のデータ範囲とF-14断層による地震の関係

・ 応答スペクトルに基づく地震動評価は、Noda et al.(2002)による方法が適用可能であることを確認した。



F-14断層による地震の諸元

ケース	地震規模	等価震源距離
基本ケース	M7.0	14.3km

Noda et al.(2002)の適用性の確認

3.3 地震動評価手法(3/4)

断層モデルを用いた手法による地震動評価(1/2)

統計的グリーン関数法に用いる深部地下構造モデル

- 統計的グリーン関数法による地震動評価に用いる深部地下構造モデルを示す。

統計的グリーン関数法に用いる深部地下構造モデル

	層No.	下端標高 T.P. (m)	層厚 (m)	ρ (t/m ³)	Vs (m/s)	Qs	Vp (m/s)	Qp
▼ 基盤の地震動を 評価する位置※	1	-330	100	1.6	860	50	2070	60
	2	-820	490	2.3	1700	80	3500	60
	3	-1770	950	2.5	2200	290	4400	150
	4	-2210	440	2.7	2700		5200	
▼ 地震基盤	5	-	-	2.7	3200	550	5400	210

※：鉛直アレイ地震観測地点において解放基盤表面の地震動を適切に評価できる位置として、T.P.-230m位置を基盤の地震動を評価する位置に設定している。

3.3 地震動評価手法(4/4)

断層モデルを用いた手法による地震動評価(2/2)

理論的手法に用いる深部地下構造モデル

- 理論的手法による地震動評価に用いる深部地下構造モデルを示す。

理論的手法に用いる深部地下構造モデル

▼ 基盤の地震動を 評価する位置	層No.	下端標高 T.P. (m)	層厚 (m)	ρ (t/m ³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Q
▼ 地震基盤	1	-330	100	1.6	860	2070	50
	2	-820	490	2.3	1700	3500	80
	3	-1770	950	2.5	2200	4400	290
	4	-2210	440	2.7	2700	5200	
	5	-5720	3510	2.7	3200	5400	550
	6	-8720	3000	2.7	3410	5900	
	7	-12520	3800	2.7	3520	6100	
	8	-20020	7500	2.7	3710	6420	550
	9	-32020	12000	2.8	3850	6660	550
	10	-65020	33000	3.2	4360	7550	550
	11	-98020	33000	3.2	4380	7590	550
	12	-131020	33000	3.2	4490	7780	550
	13	-	-	3.2	4490	7780	550

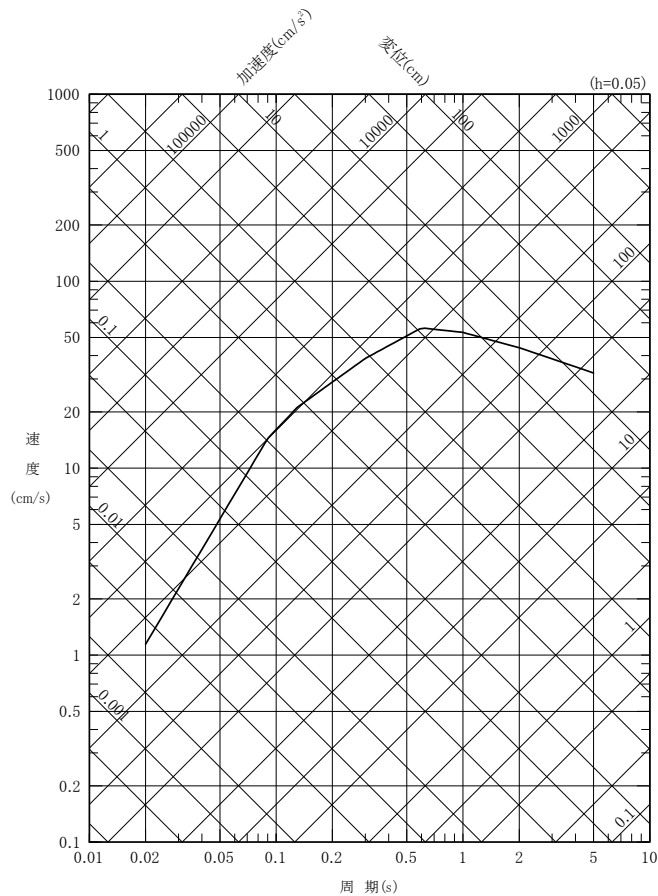
3.4 地震動評価結果(1/8)



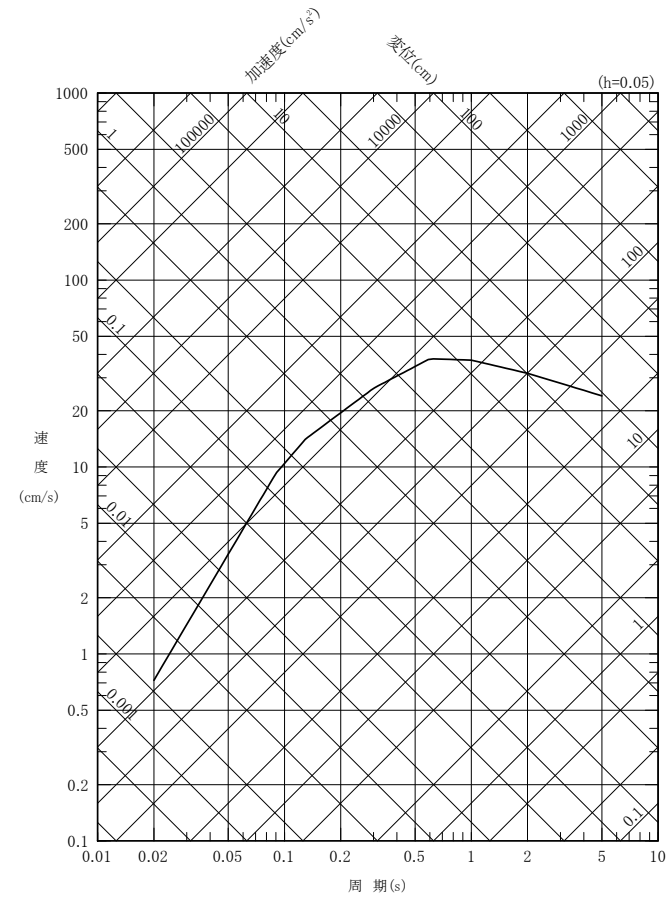
応答スペクトルに基づく地震動評価結果

- 応答スペクトルに基づく地震動評価結果を示す。
- 応答スペクトルに基づく地震動評価手法として, Noda et al.(2002)による方法(内陸補正なし)を用いた。

—— 基本ケース(M7.0, Xeq=14.3km)



水平成分

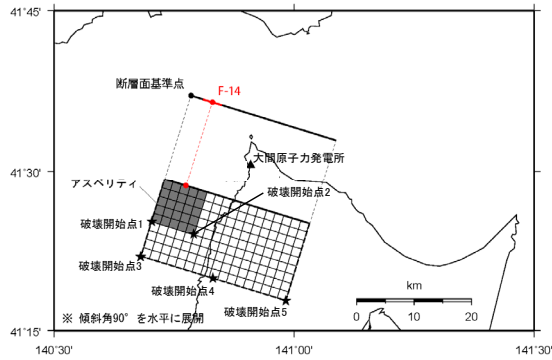


鉛直成分

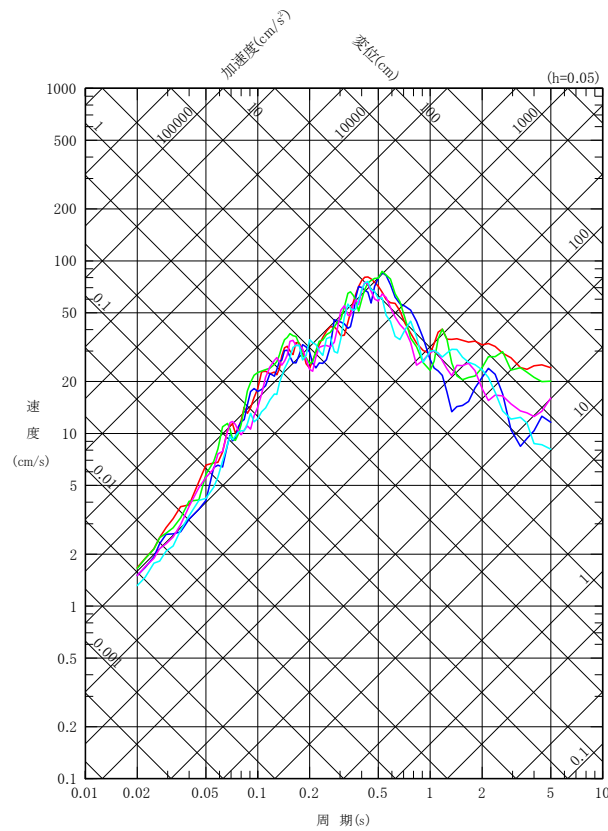
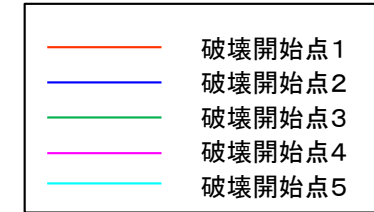
3.4 地震動評価結果(2/8)



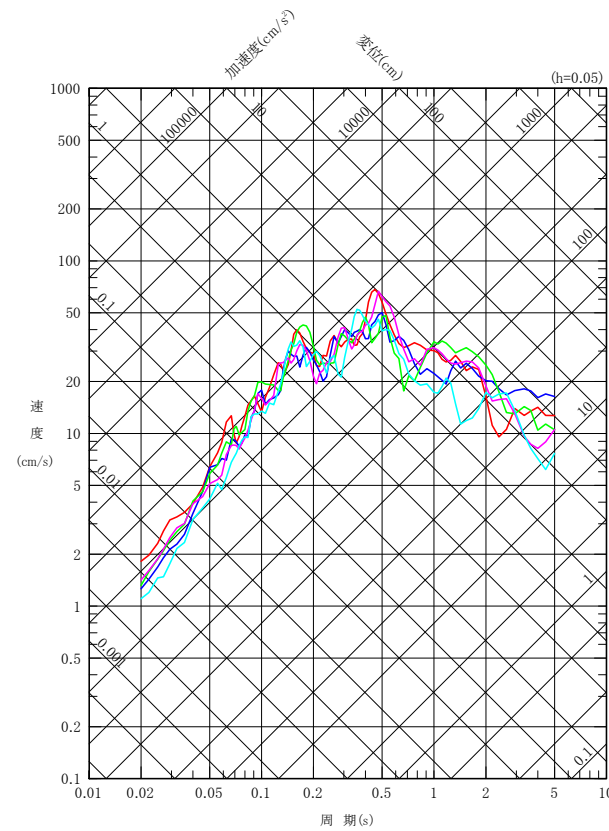
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【基本ケース 応答スペクトル】



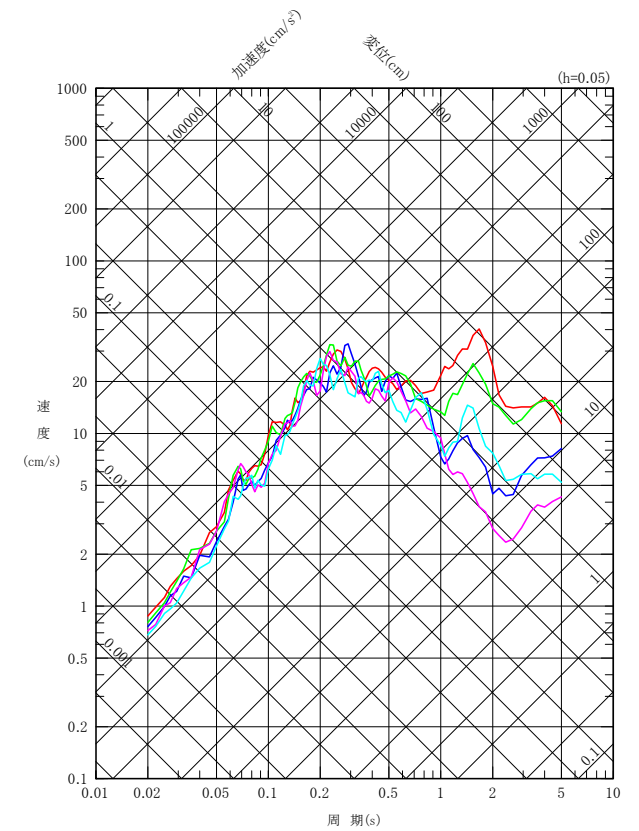
基本ケース



NS成分



EW成分

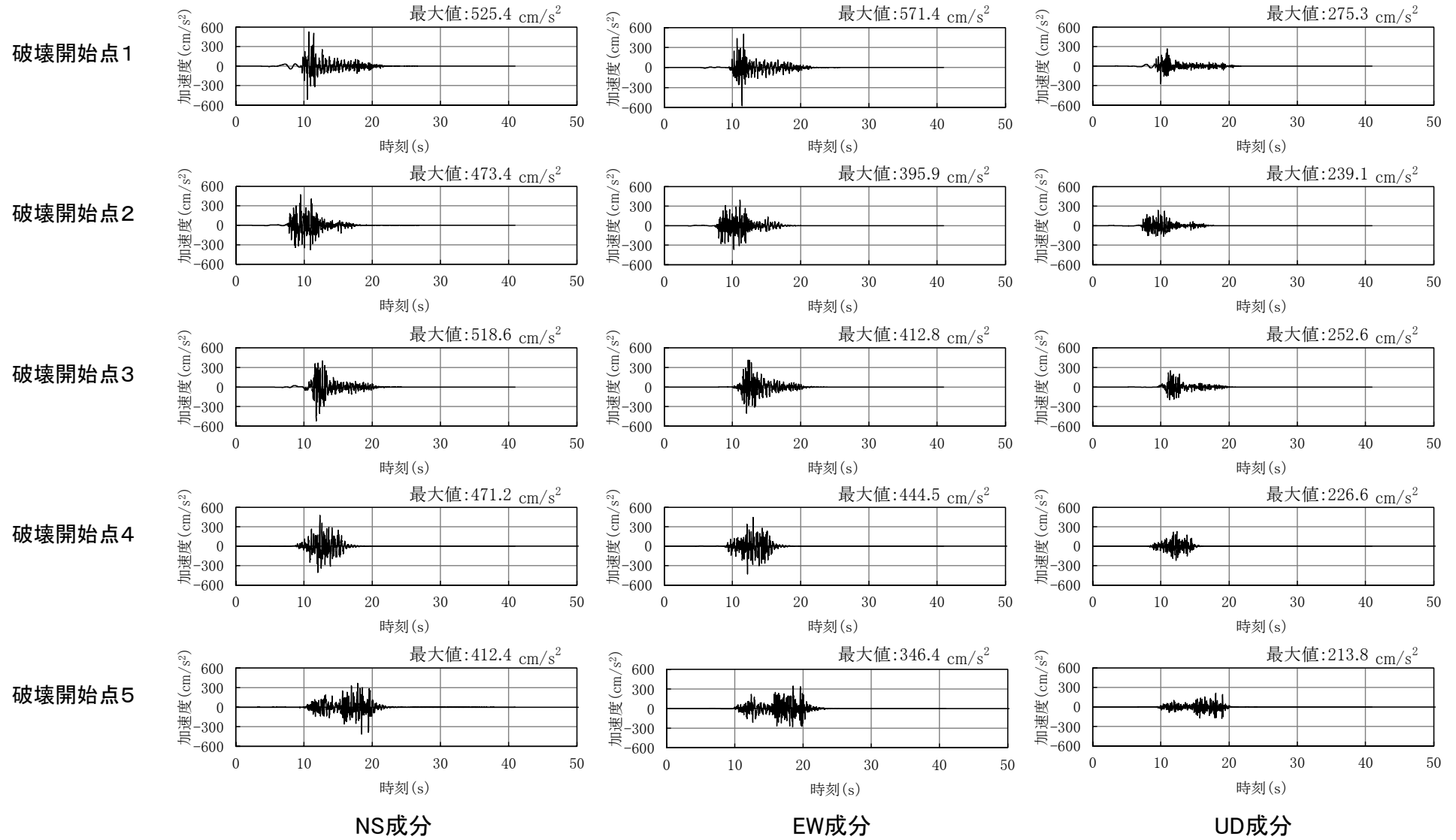


UD成分

3.4 地震動評価結果(3/8)

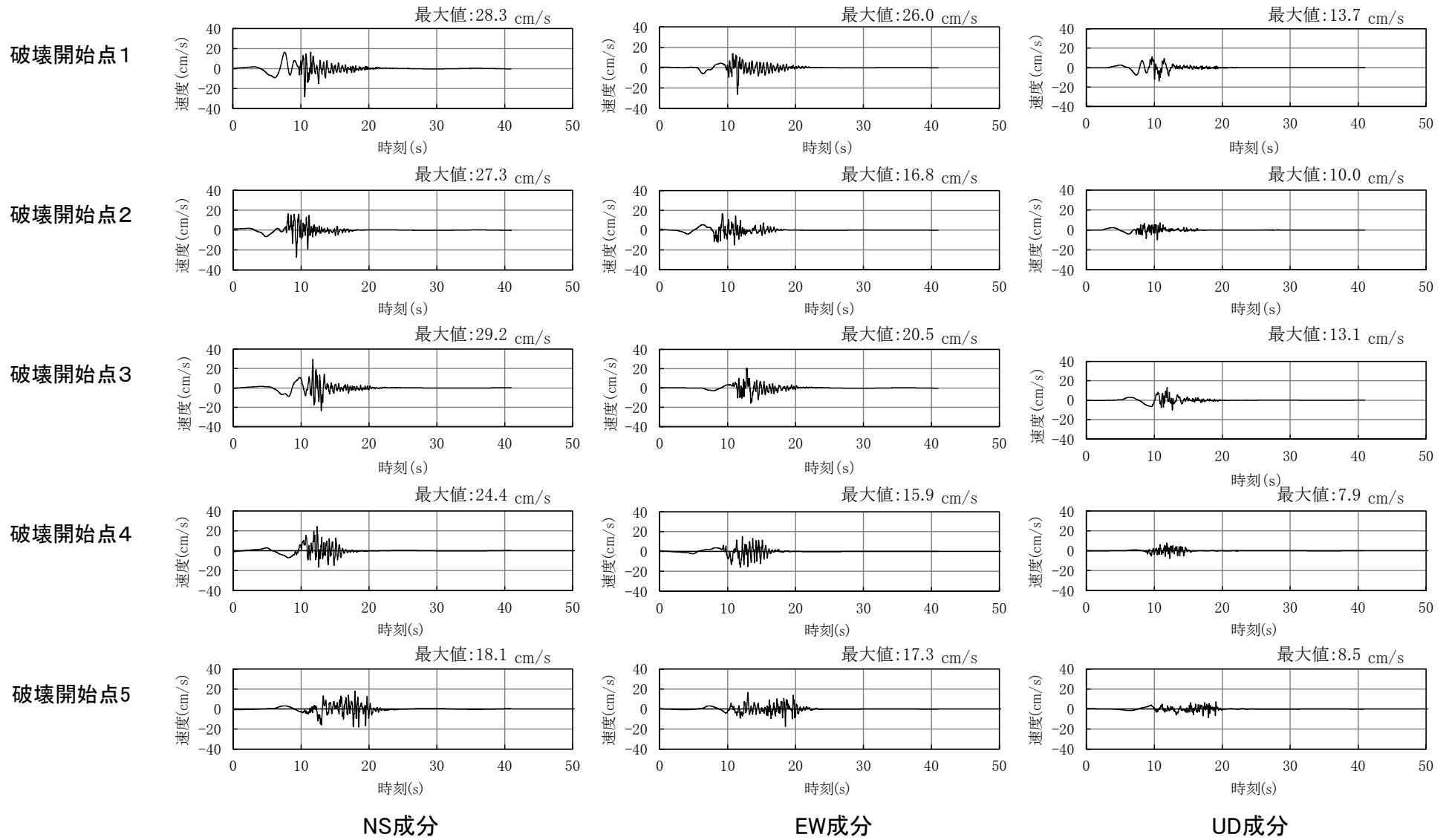


断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【基本ケース 加速度時刻歴波形】

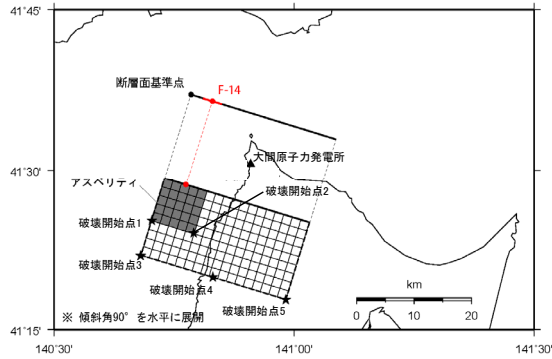




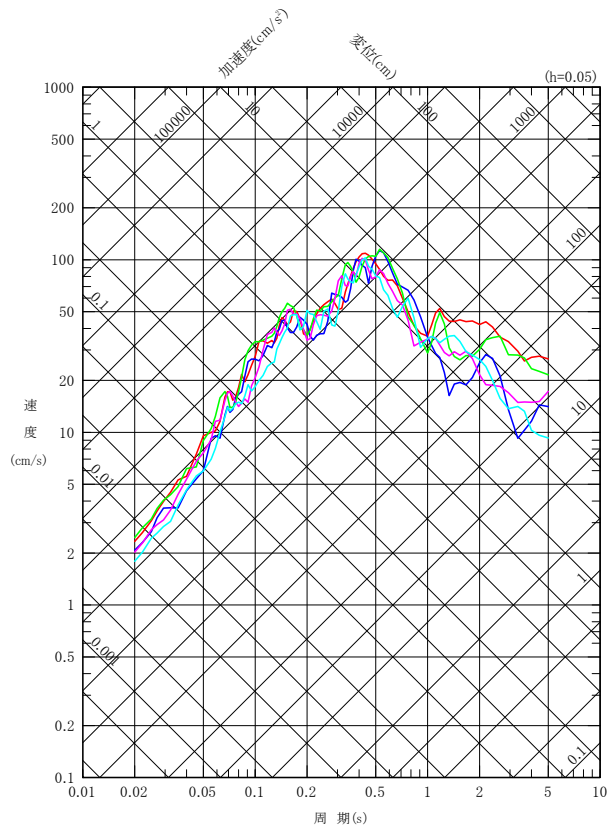
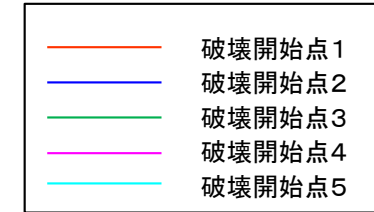
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【基本ケース 速度時刻歴波形】



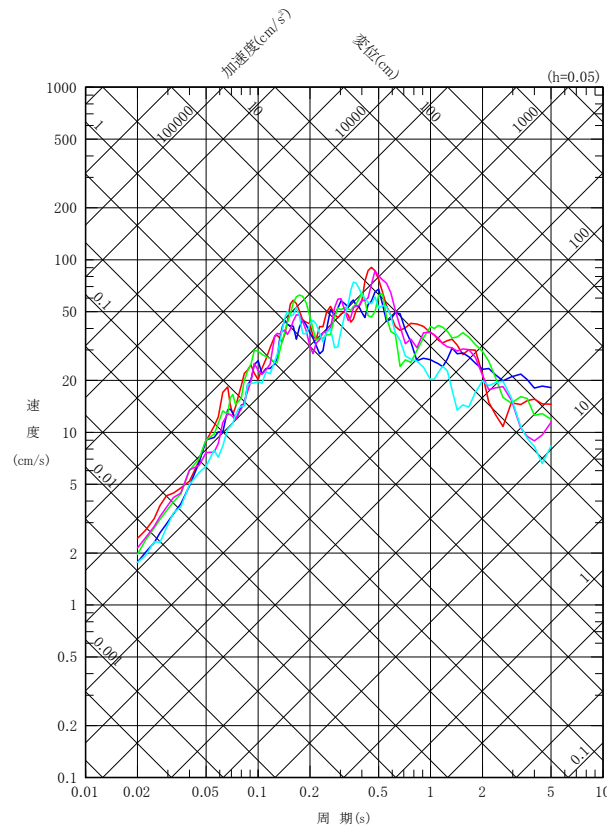
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 【短周期レベルの不確かさケース 応答スペクトル】



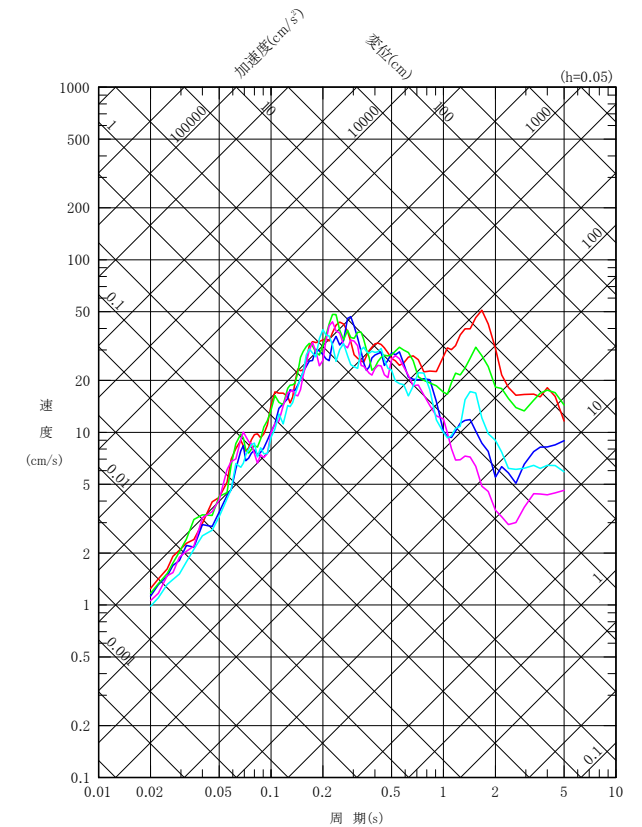
短周期レベルの不確かさケース



NS成分



EW成分

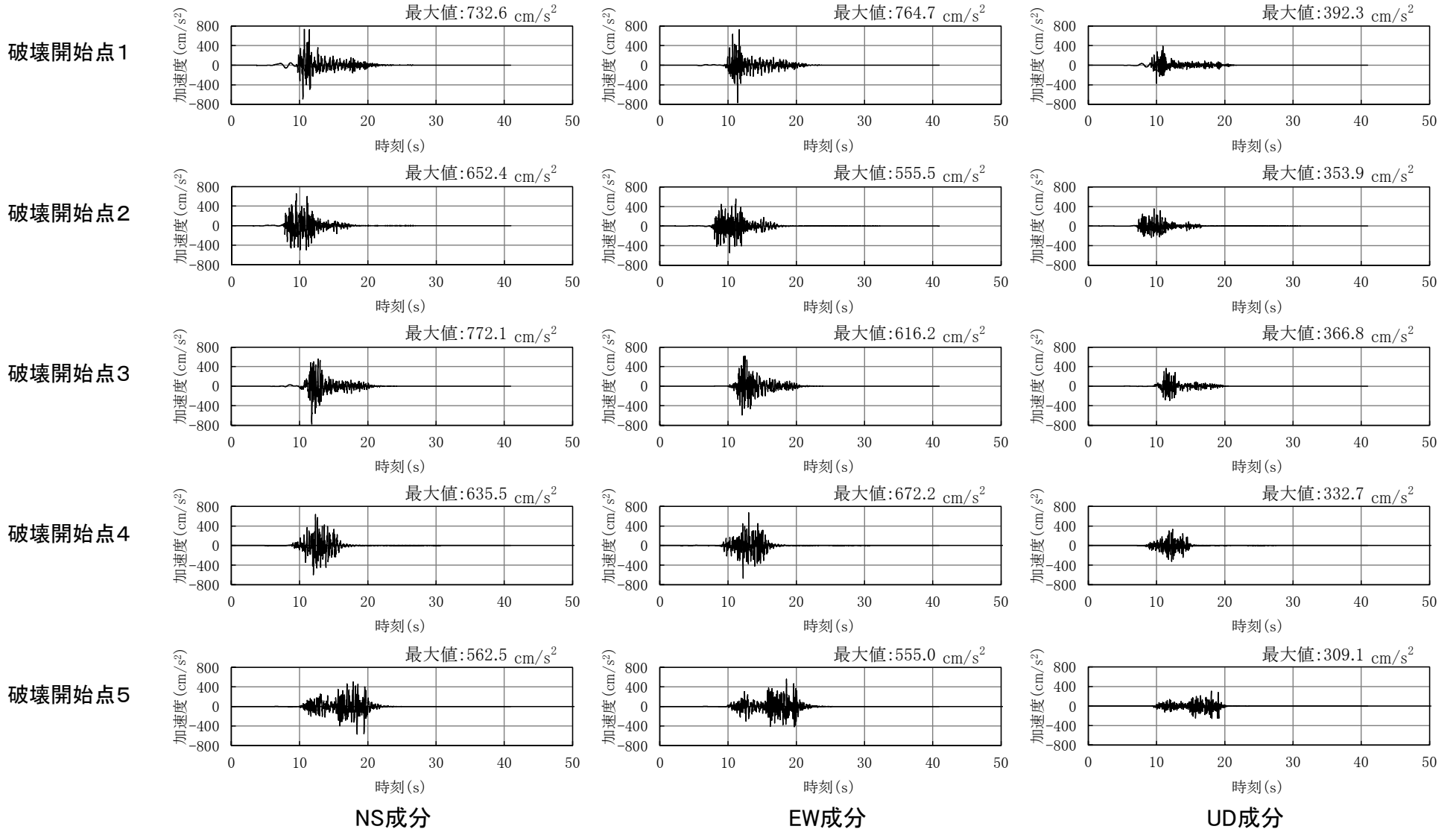


UD成分

3. F-14断層による地震の地震動評価

3.4 地震動評価結果(6/8)

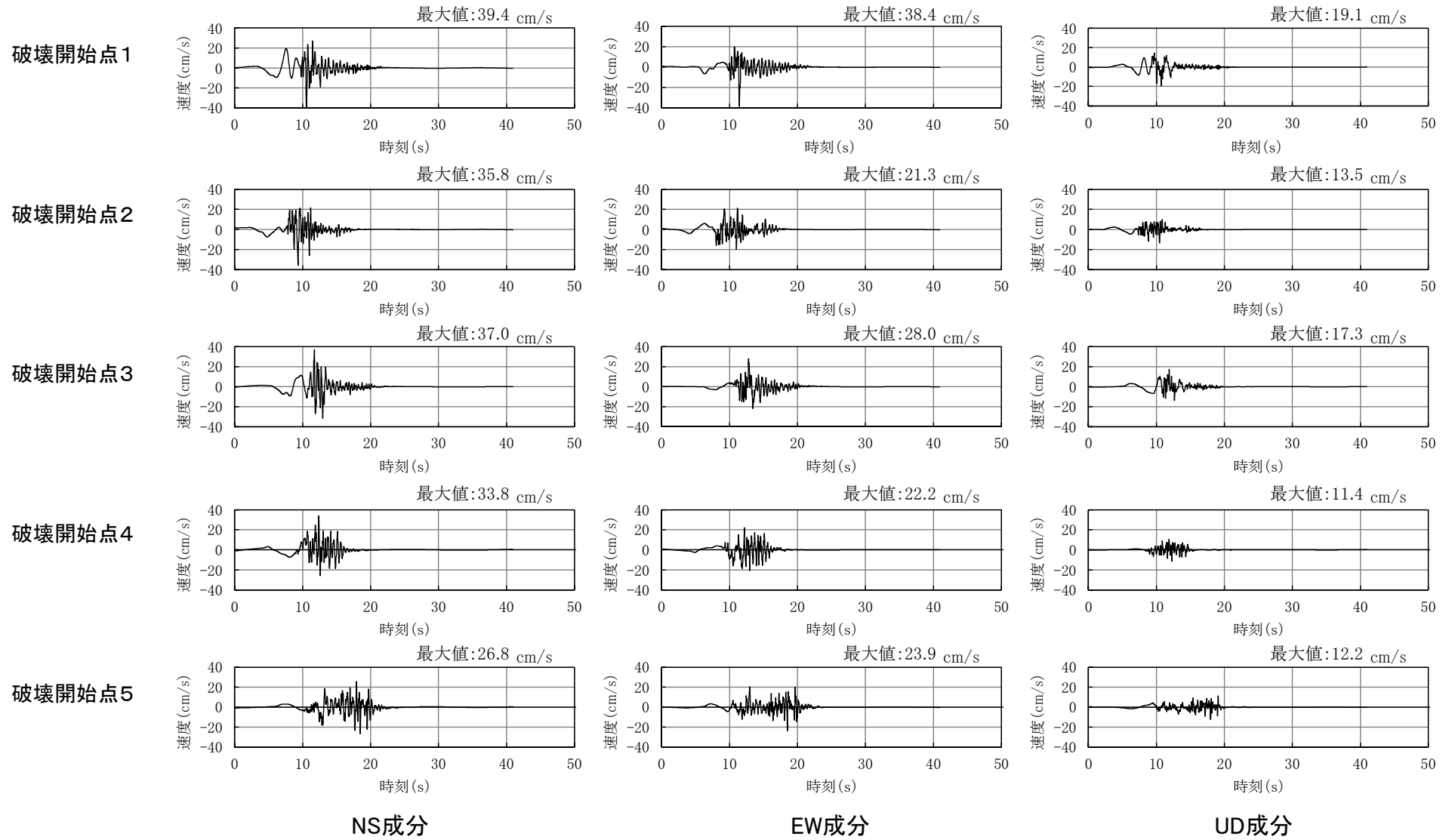
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 【短周期レベルの不確かさケース 加速度時刻歴波形】



3.4 地震動評価結果(7/8)



断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【短周期レベルの不確かさケース 速度時刻歴波形】

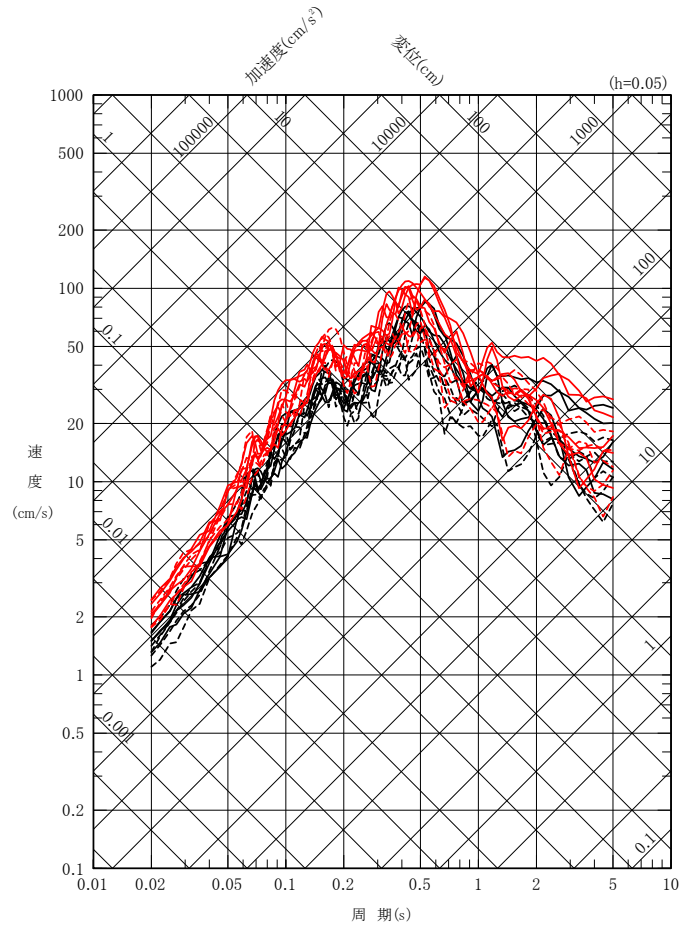
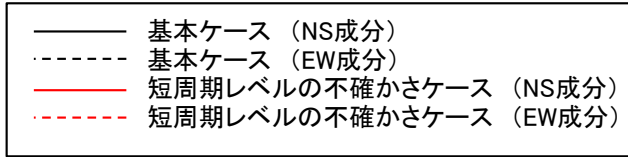


3.4 地震動評価結果(8/8)

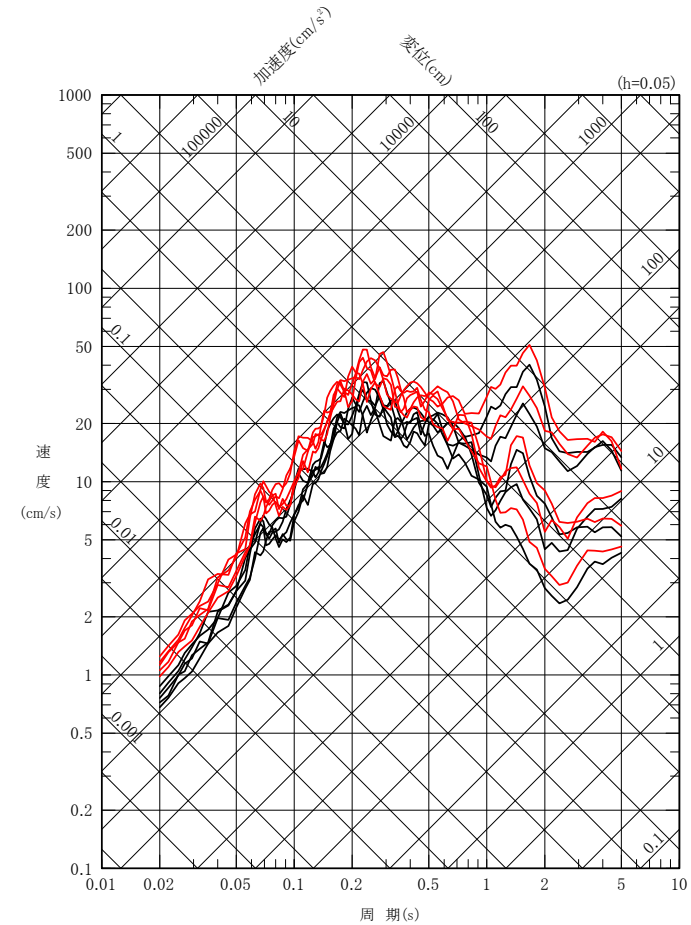
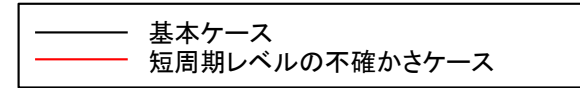


断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のまとめ

- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を示す。



水平成分



鉛直成分

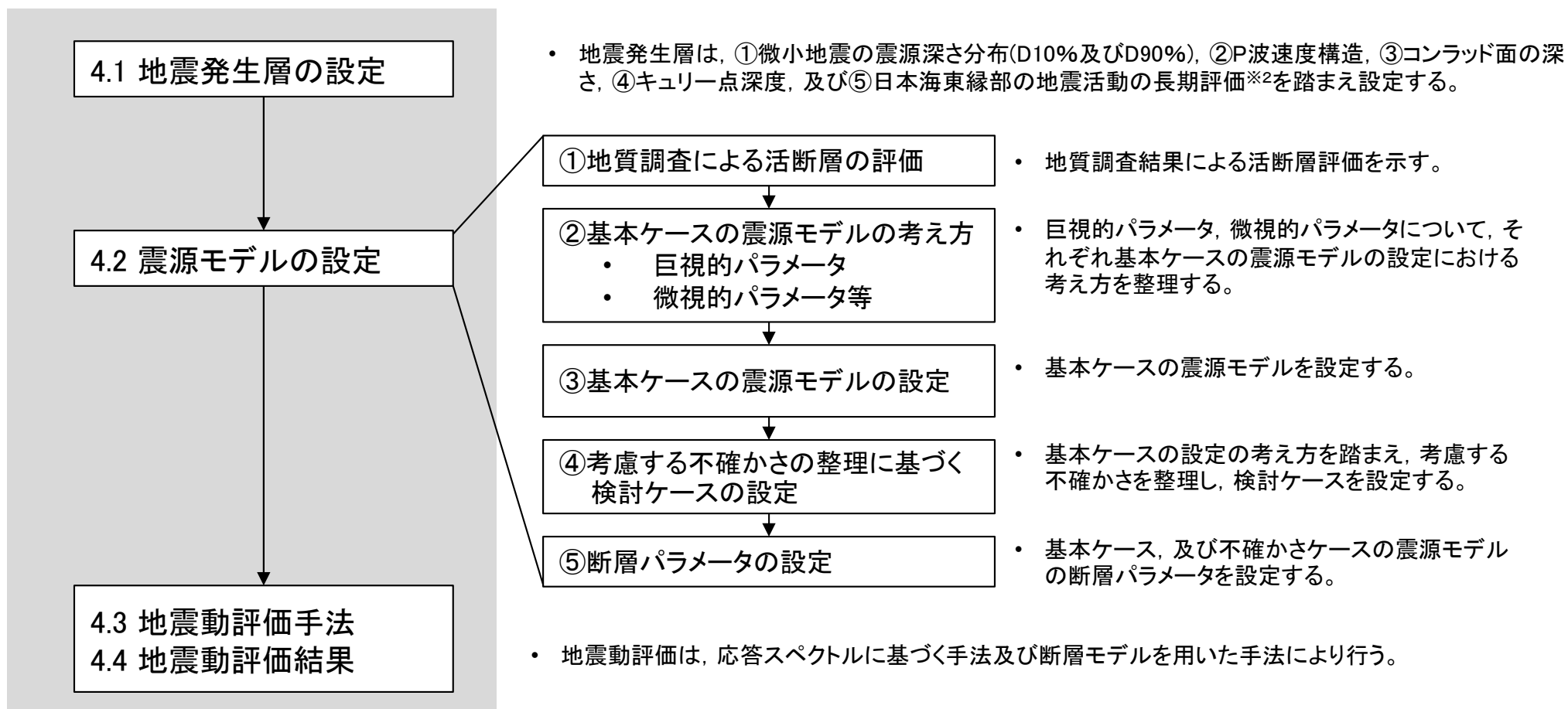
1. 敷地周辺の地震発生状況
2. 検討用地震の選定
 - 2.1 敷地周辺の震源として考慮する活断層による地震から選定される地震
 - 2.2 大間付近の隆起域を説明する仮想的な活断層から想定される地震
 - 2.3 検討用地震の選定のまとめ
3. F-14断層による地震の地震動評価
 - 3.1 地震発生層の設定
 - 3.2 震源モデルの設定
 - 3.3 地震動評価手法
 - 3.4 地震動評価結果
4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価
 - 4.1 地震発生層の設定
 - 4.2 震源モデルの設定
 - 4.3 地震動評価手法
 - 4.4 地震動評価結果
5. 隆起再現断層による地震の地震動評価
 - 5.1 隆起再現断層の想定領域の設定
 - 5.2 地震発生層の設定
 - 5.3 地形発達過程の再現性に基づく隆起再現断層の選定
 - 5.4 地震動評価の震源モデルの設定
 - 5.5 地震動評価手法
 - 5.6 地震動評価結果
6. 地震動評価のまとめ

4. 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価

奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震^{※1}の地震動評価の実施手順

- 以下の実施手順により、奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動を評価する。

実施手順



※1：奥尻海盆北東縁断層、奥尻海盆東縁断層、及び西津軽海盆東縁断層は、敷地周辺の震源として考慮する主な活断層(P.15参照)の海域活断層に該当し、日本海東縁部の歪み集中帯に位置する。

※2：日本海東縁部の地震活動の長期評価は、想定震源(P.77参照)より西側の海域を対象としているが、保守性の観点から参照する。(P.64及び補足説明資料3章参照)

4.1 地震発生層の設定(1/9)

基本方針

奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震発生層は、①微小地震の震源深さ分布(D10%及びD90%)、②P波速度構造、③コンラッド面の深さ、④キュリー一点深度、及び⑤日本海東縁部の地震活動の長期評価に関する知見を踏まえ設定する。

敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイドの記載

4.4.震源断層の評価 4.4.1 震源断層の評価における共通事項

地震発生層の浅さ限界・深さ限界は、敷地周辺で発生した地震の震源分布、キュリー一点深度、速度構造データ等を参考に設定されていることを確認する。

想定震源周辺の地殻構造の確認

ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)による知見、日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)による知見によれば、想定震源(P.77参照)周辺が大陸性地殻(島弧地殻)に位置することから、内陸地殻内地震と同様に地震発生層を整理する。

地震発生層に関する主な既往の知見

【震源深さ分布に関する知見】

- ・ 伊藤(2002)によると、地震発生層には上限及び下限が存在し、D10%※1を上限、D90%※2を下限の目安として用いることができるとされている。

【P波速度構造に関する知見】

- ・ 入倉・三宅(2001)によると、微小地震の浅さ限界は、P波速度5.8km/s～5.9km/sの層の上限と良い関係があるとされている。
- ・ 吉井・伊藤(2001)によると、地震発生層の上限は、速度構造が6km/sとなるところにおおむね一致しているとされている。
- ・ 廣瀬・伊藤(2006)によると、浅い地殻内で発生する微小地震は、P波速度が5.8km/s～6.4km/sの層に集中しているとされている。

【コンラッド面の深さに関する知見】

- ・ 木下・大竹(2000)によると、地殻内の地震は、コンラッド面より浅い上部地殻で発生し、下部地殻では流動性に富み、地震を発生させるほどの歪みエネルギーを蓄積することができないとされている。

【キュリー一点深度に関する知見】

- ・ 田中(2009)によると、地殻内で発生する地震の下限と温度構造には密接な関係があるとされている。温度構造の概要をとらえる方法として、磁性岩体がキュリー一点深度に達するとその磁性を失うという性質を地下の熱的異常に結び付け、磁性体の下面深度(キュリー一点深度に相当)を求める方法を挙げている。Tanaka and Ishikawa(2005)では、キュリー一点深度に相当する磁化層下限値と微小地震のD90%との間には良い相関があることが示されている。

【日本海東縁部の地震活動の長期評価】

- ・ 地震本部(2003)による日本海東縁部の地震活動の長期評価では、1983年日本海中部地震や1993年北海道南西沖地震の知見を踏まえ、地震の深さは20km程度以浅に設定されている。

地震発生層の検討

以上から、①～⑤を踏まえ、地震発生層を設定する。

①微小地震の震源深さ分布(D10%及びD90%)、②P波速度構造、③コンラッド面の深さ、④キュリー一点深度及び⑤日本海東縁部の地震活動の長期評価

※1 : その値より震源深さが浅い地震数が全体の10%になるときの震源深さ。地震発生層上限に対応する。
 ※2 : その値より震源深さが浅い地震数が全体の90%になるときの震源深さ。地震発生層下限に対応する。

4.1 地震発生層の設定(2/9)

想定震源周辺の地殻構造の確認

日本海東縁部の地殻構造に関する知見

【ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)による知見】

- ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)では、能登半島沖から西津軽沖にかけて海域地殻構造調査を実施し、日本海東縁の地殻構造を島弧地殻※1、遷移地殻※2、海洋地殻に分類している。
- この分類によると想定震源(P.77参照)は、島弧地殻※1に位置する。

【日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)による知見】

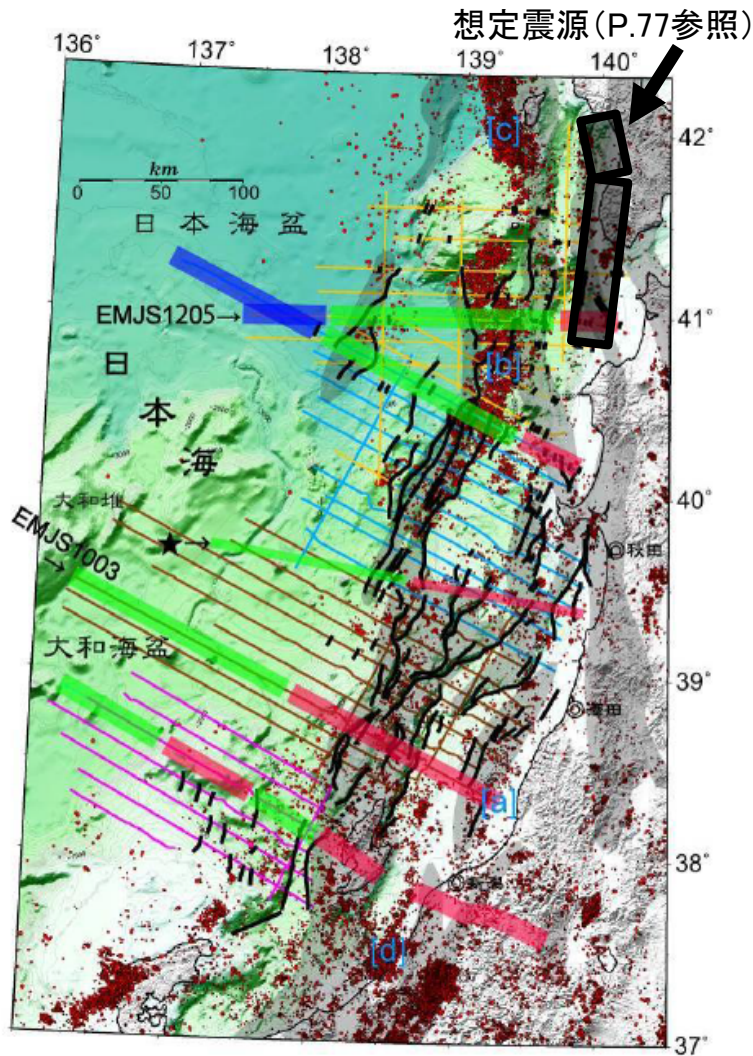
- 日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)では、北海道南西沖において、海域構造調査を実施している。
- 日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)によると想定震源(P.77参照)の位置する松前海台北端から陸側の領域(奥尻海嶺、奥尻海盆、渡島半島)では、大陸性地殻※1の特徴を持っているとされている。

想定震源の位置する地殻構造の評価

- 以上から、奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震は、大陸性地殻(島弧地殻)※1に位置すると考えられる。

地震発生層の設定方法

- 想定震源(P.77参照)周辺の地震発生層は、一般的な内陸地殻内地震と同様に、①微小地震の震源深さ分布(D10%及びD90%)、②P波速度構造、③コンラッド面の深さ、④キュリー点深度を踏まえ、さらに⑤日本海東縁部の地震活動の長期評価も踏まえ設定する。



ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)による地殻の分類
ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)に加算

■ : 島弧地殻※1 ■ : 遷移地殻※2 ■ : 海洋地殻

※1 : ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)では島弧地殻、日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)では大陸性地殻と呼称しているが、両者は同じ文献(Cho et al.(2006), Iwasaki et al.(2001))に基づき区分していることから、ここでは島弧地殻を大陸性地殻として考える。

※2 : 海洋性と大陸性の中間的な特徴をもつ地殻。なお、No et al.(2014)においては、遷移地殻周辺をThick Oceanic crust(厚い海洋地殻)と区分している。

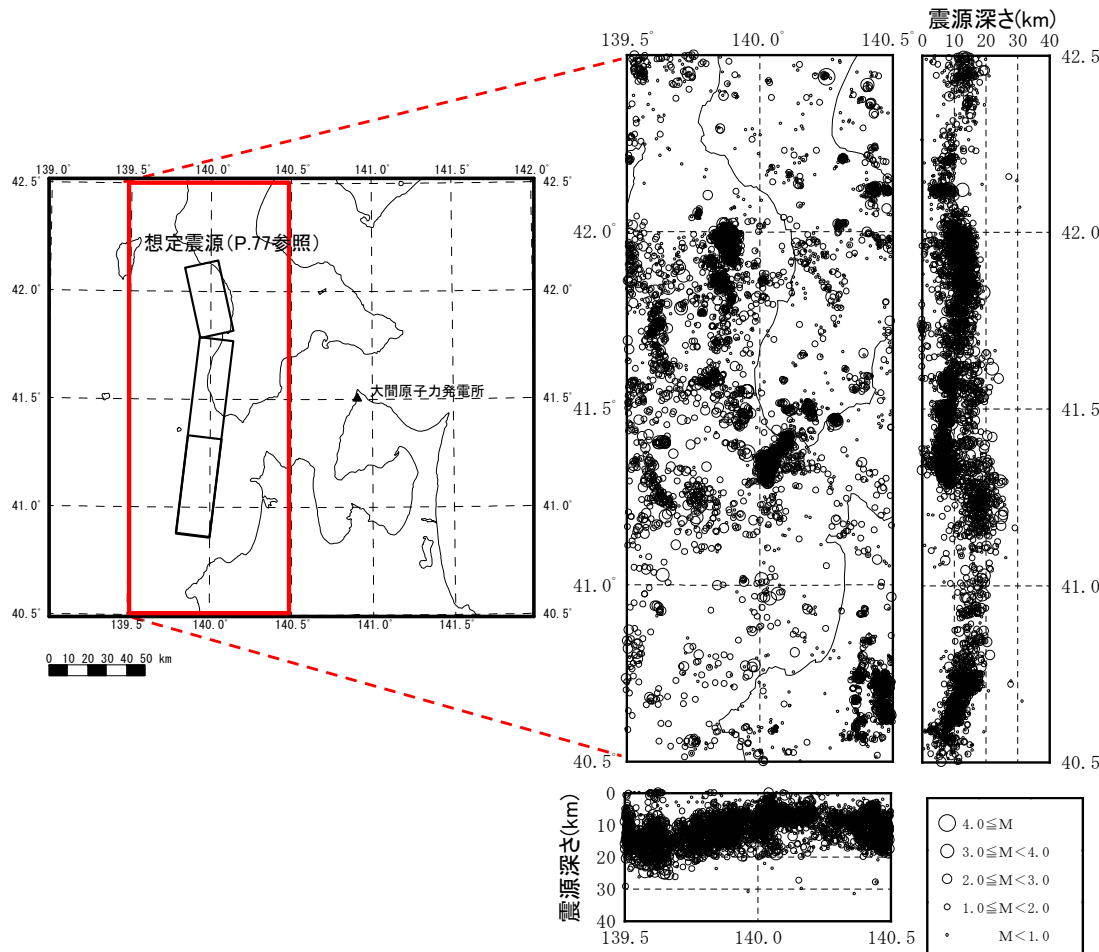
4.1 地震発生層の設定(3/9)

① 微小地震の震源深さ分布: 気象庁の一元化震源に基づく評価

- 気象庁の一元化震源(1997年10月～2019年2月)に基づき, 想定震源(P.77参照)周辺で発生した地震のD10%, D90%を評価する。

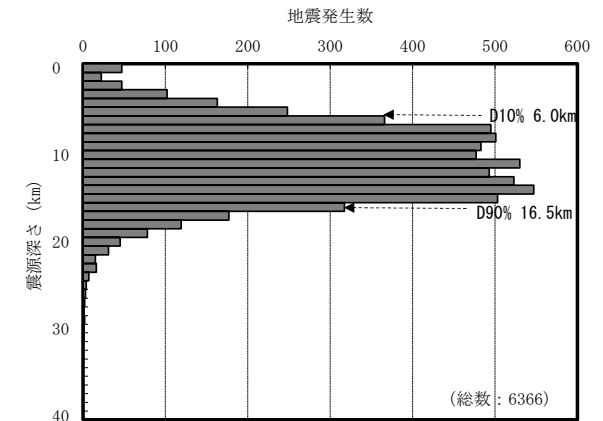


- 気象庁の一元化震源によると, D10%は6.0km, D90%は16.5kmと評価される。

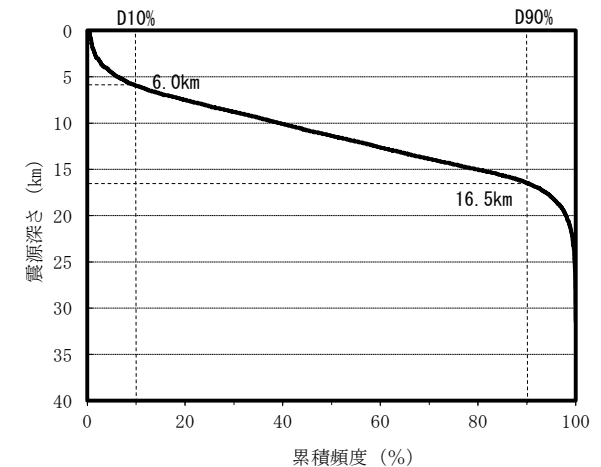


(1) 想定震源(P.77参照)周辺の震源深さ分布

(気象庁の一元化震源, 1997年10月～2019年2月, 低周波地震は除く)



(2) 地震発生数の深さ方向分布



(3) 地震発生数の累積頻度分布

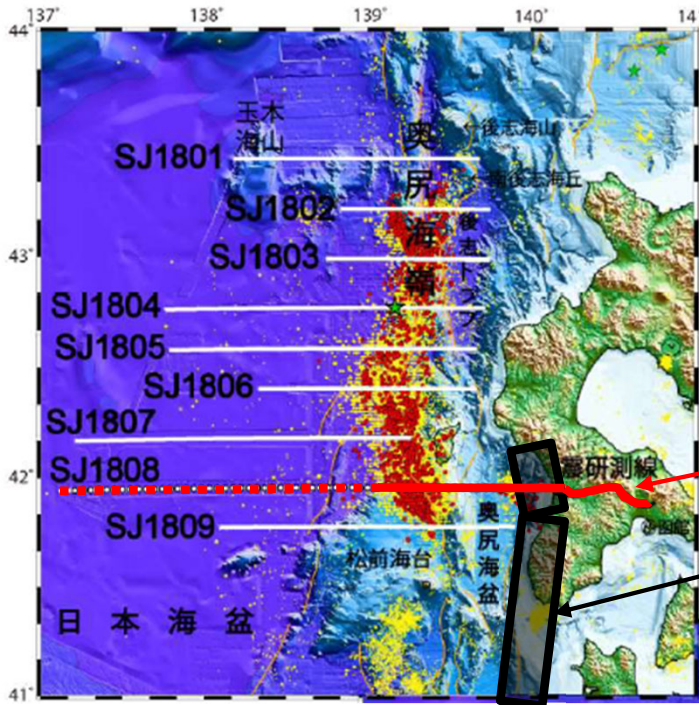
4.1 地震発生層の設定(4/9)

②-1 P波速度構造: 日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)

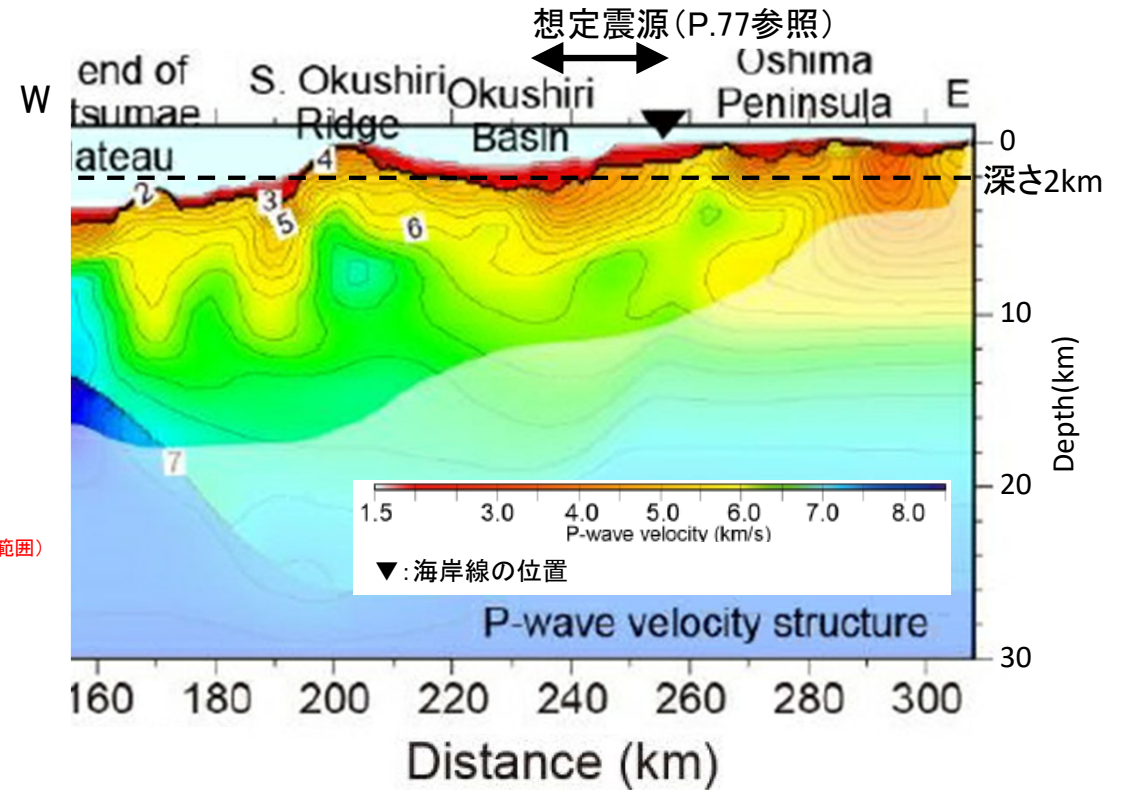
- 日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)では沖合構造調査を実施し、北海道南西沖におけるP波速度構造を示している。
- 上記知見に基づき、想定震源(P.77参照)において、地震発生層上限に対応するP波速度5.8～6.0km/sの層の深さ分布を確認する。



- 想定震源(P.77参照)付近における深さ2kmのP波速度は、5.0km/s程度であり、地震発生層上限と対応するP波速度5.8～6.0km/sの層は少なくとも2kmよりも深い。



測線位置図



北海道南西沖におけるP波速度構造
(左図の赤実線の範囲)

4.1 地震発生層の設定(5/9)

②-2 P波速度構造:ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)

- ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)ではマルチチャンネル等による海域地殻構造調査を実施し、西津軽沖におけるP波速度構造を示している。
- 上記知見に基づき、想定震源(P.77参照)において、地震発生層上限に対応するP波速度5.8～6.0km/sの層の深さ分布を確認する。



- 想定震源(P.77参照)付近における深さ2kmのP波速度は、5.0km/s程度であり、地震発生層上限と対応するP波速度5.8～6.0km/sの層は少なくとも2kmよりも深い。

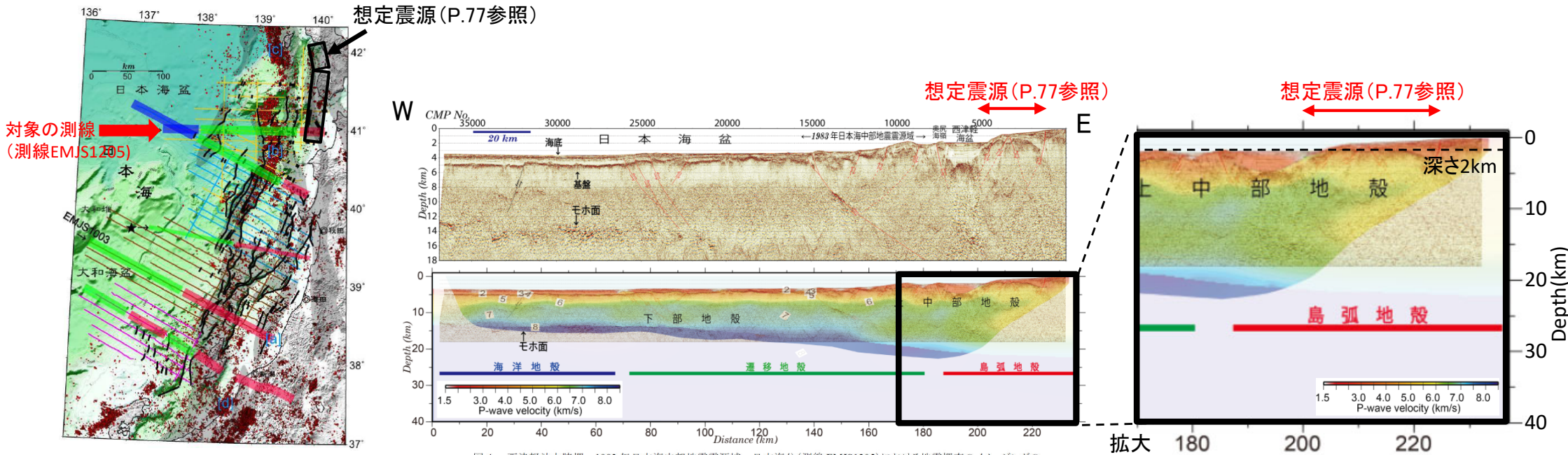


図4 西津軽沖大陸棚～1983年日本海中部地震震源域～日本海盆(測線EMJS1205)における地震探査のイメージングの結果。(上)反射法地震探査イメージングの結果。(下)海底地震計による地震波速度構造。

測線位置図

西津軽沖におけるP波速度構造(測線EMJS1205)

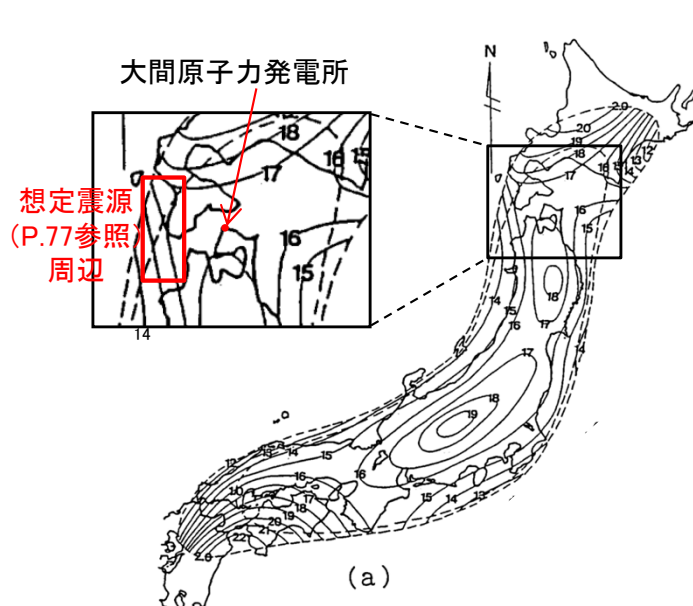
4.1 地震発生層の設定(6/9)

③コンラッド面の深さ

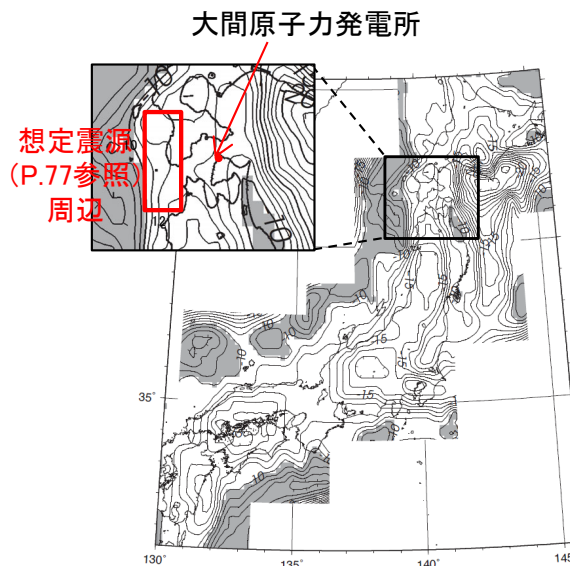
- 国立研究開発法人 産業技術総合研究所によれば、コンラッド面は、地殻の上部と下部を分ける不連続面のことで、日本列島の陸域ではおおむね15km程度の深さに分布している。
- Zhao et al.(1994), 河野ほか(2009), 及びKatsumata(2010)では、それぞれ以下のとおり全国のコンラッド面の深さを示しており、想定震源(P.77参照)周辺のコンラッド面の深さを確認する。
 - Zhao et al.(1994)は、国内の大学の地震観測網による地震記録を用いたインバージョン解析により、全国のコンラッド面の深さを示している。
 - 河野ほか(2009)は、重力異常データを用いて日本列島の三次元地下構造を推定し、全国のコンラッド面の深さを示している。
 - Katsumata(2010)は、国内の大学や自治体等の地震観測網による地震記録を用いたトモグラフィ解析により、全国のコンラッド面の深さを示している。



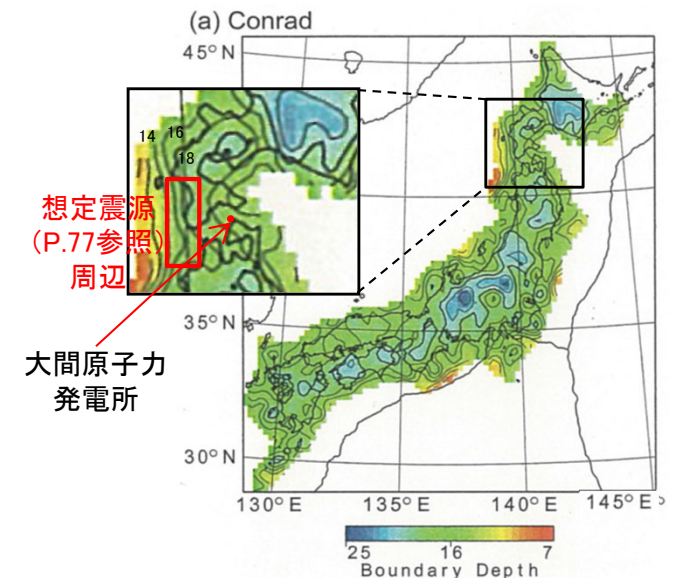
- Zhao et al.(1994)によると、想定震源(P.77参照)周辺におけるコンラッド面の深さは、14～16km程度である。
- 河野ほか(2009)によると、想定震源(P.77参照)周辺におけるコンラッド面の深さは、10～12km程度である。
- Katsumata(2010)によると、想定震源(P.77参照)周辺におけるコンラッド面の深さは、14～18km程度である。
- 以上より、想定震源(P.77参照)周辺におけるコンラッド面の深さに基づく地震発生層下限深さは、10～18km程度と推定され、微小地震の発生状況から推定されるD90%の値(気象庁の一元化震源によるD90%は16.5km)と整合している。



コンラッド面の深さ(km)
Zhao et al.(1994)に加筆



コンラッド面の深さ(km)
河野ほか(2009)に加筆



コンラッド面の深さ(km)
Katsumata(2010)に加筆

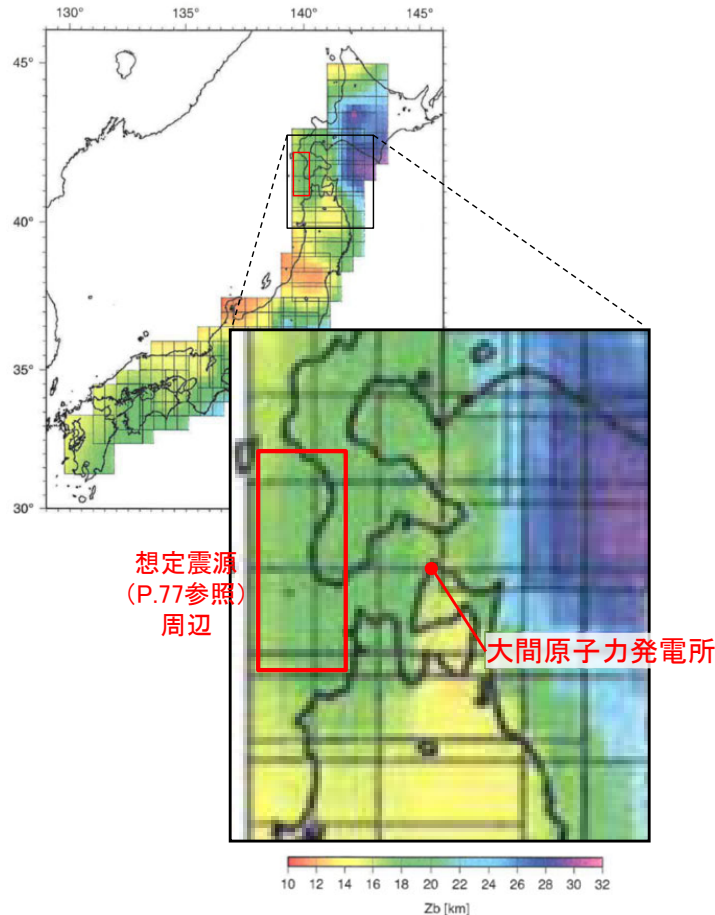
4.1 地震発生層の設定(7/9)

④キュリー一点深度

- Tanaka and Ishikawa(2005)では、キュリー一点深度に相当する磁化層下限値と微小地震のD90%との間にはよい相関があることが示されている。
- 想定震源(P.77参照)周辺における磁化層下限値を読み取り、D90%との関係を確認する。



- Tanaka and Ishikawa(2005)による、想定震源(P.77参照)周辺のキュリー一点深度は16～18km程度となっており、想定震源(P.77参照)周辺の微小地震の発生状況から推定されるD90%の値(16.5km)と整合している。



磁化層下限値の分布図

Tanaka and Ishikawa(2005)による磁化層下限値の分布図, 及び磁化層下限値とD90%の関係

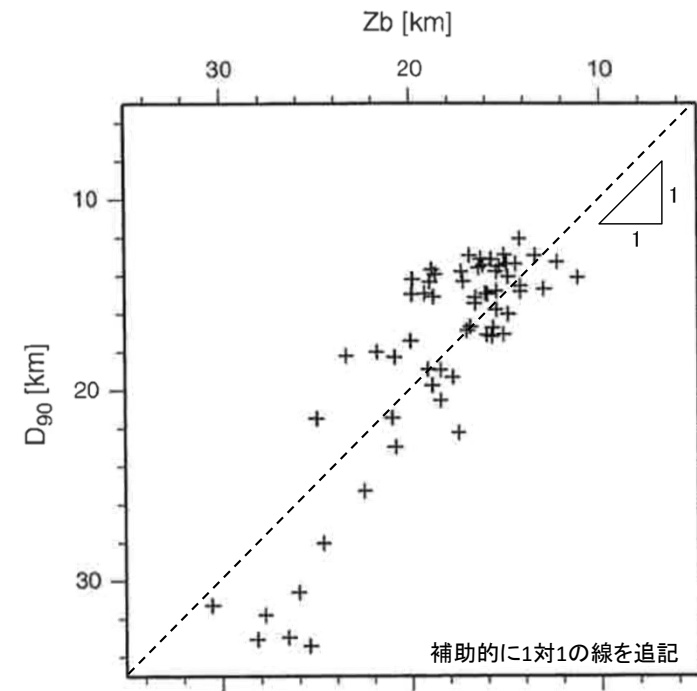


Fig. 8. Plot of the depth to the basal depth of magnetic sources (Z_b) against the seismicogenic layer thickness (D_{90}) beneath the Japanese islands.

Tanaka and Ishikawa(2005)に加筆

磁化層下限値(Z_b)とD90%の関係

4.1 地震発生層の設定(8/9)

⑤日本海東縁部の地震活動の長期評価



日本海東縁部の地震活動の長期評価による設定

- 地震本部(2003)による日本海東縁部の地震活動の長期評価では、日本海東縁部のうち、北海道北西沖、北海道西方沖、北海道南西沖、青森県西方沖、秋田県沖、山形県沖、新潟県北部沖、および佐渡島北方沖を評価対象^{※1}とし、1983年日本海中部地震、1993年北海道南西沖地震の知見を踏まえ、地震の深さは20km程度以浅に設定されている。



1983年日本海中部地震、1993年北海道南西沖地震の断層面の深さ

- 1983年日本海中部地震の断層面**
 - ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)によると、1983年日本海中部地震の震源断層は、遷移地殻^{※2}と島弧地殻との地殻構造の境界付近に形成されたことが示唆されており、断層面の下限深さは20km程度となっている。
- 1993年北海道南西沖地震の断層面**
 - 長谷川(2002)によると、1993年北海道南西沖地震は、海洋地殻から大陸性地殻へと地殻の厚さが急変する場所で発生したとされており、断層面の下限深さは20km程度となっている。

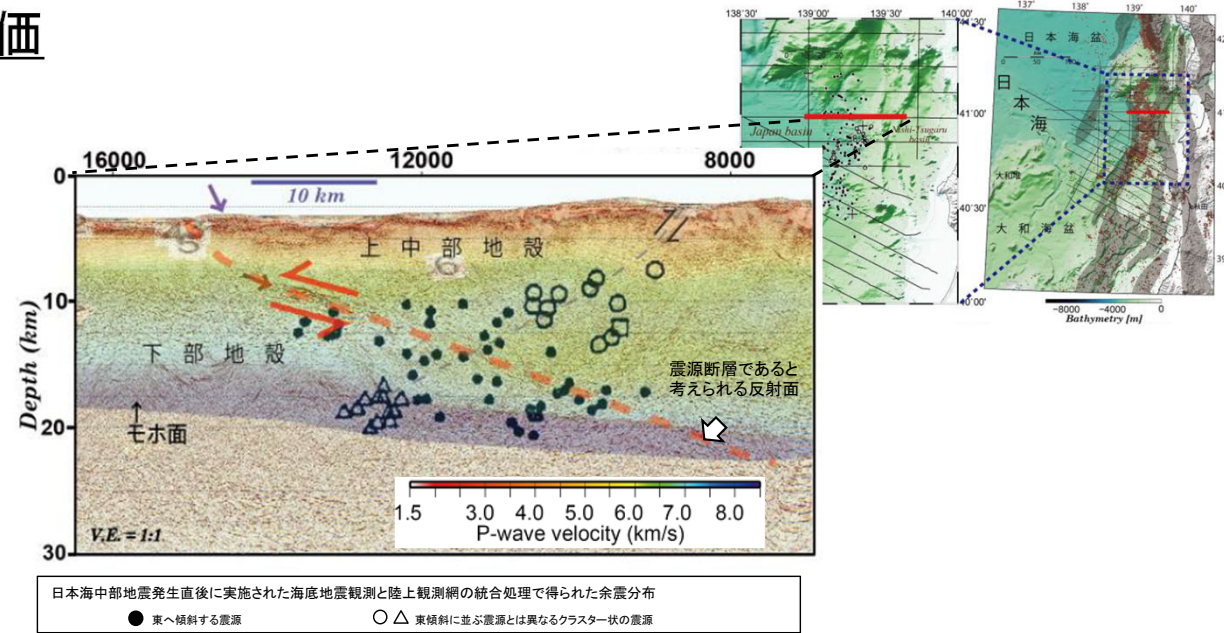


地震発生層の設定に対する参照

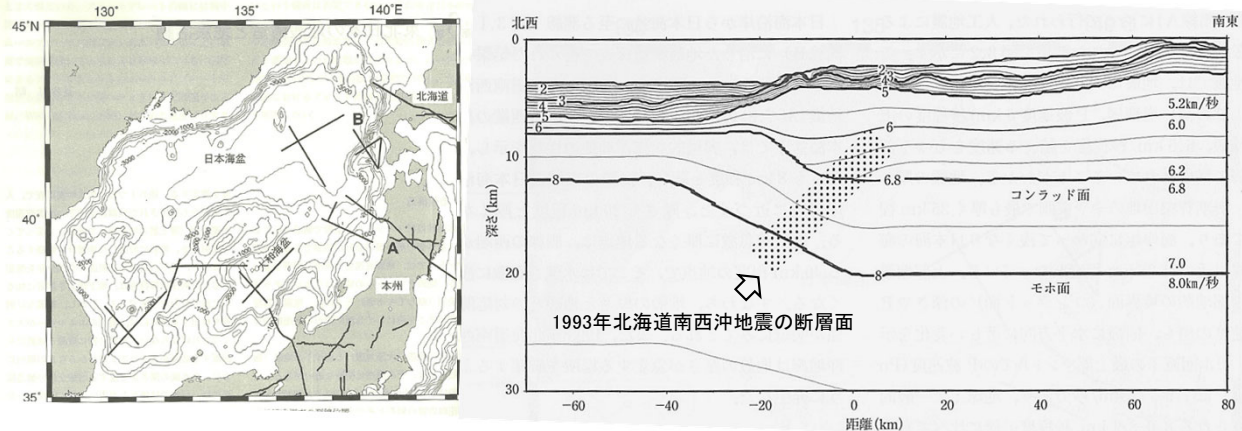
- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の想定震源(P.77参照)は、大陸性地殻に位置し、地震本部(2003)による評価対象領域^{※1}とは異なる。
- 地震発生層の設定には、保守性の観点から、地震の深さを20km程度以浅とする知見を参照する。

※1 : 地震本部(2003)による日本海東縁部の地震活動の長期評価の評価対象領域を補足説明資料3章に示す。

※2 : 海洋性と大陸性の中間的な特徴をもつ地殻。なお、No et al.(2014)においては、遷移地殻周辺をThick Oceanic crust(厚い海洋地殻)と区分している。



1983年日本海中部地震の震源域付近の反射法探査のイメージング結果
ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)に加筆



測線位置図
(測線Bが右図の測線位置)

北海道南西沖のP波速度構造、
及び1993年北海道南西沖地震の断層面

長谷川(2002)に加筆

4.1 地震発生層の設定(9/9)

まとめ

- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震発生層の上限及び下限深さは、以下のとおり設定する。

地震動評価で考慮する地震発生層上限深さ

微小地震分布に基づけば、地震発生層上限深さは6km程度と考えられるが、想定震源周辺のP波速度構造を踏まえ、保守的に深さ2kmの位置に設定。

地震動評価で考慮する地震発生層下限深さ

微小地震分布に基づけば、地震発生層下限深さは17km程度よりも浅いと考えられるが、コンラッド面の深さ、及びキュリー点深度に加え、日本海東縁部の地震活動の長期評価を踏まえ、保守的に深さ20kmの位置に設定。

	検討項目	地震発生層上限に関する評価	地震発生層下限に関する評価
①	微小地震の震源深さ分布: 気象庁の一元化震源に基づく評価	D10: 6.0km	D90%: 16.5km
②	1 P波速度構造: 日本海地震・津波調査プロジェクト(2019)	速度構造調査によれば、P波速度5.8～6.0km/sの層は、想定震源北部で少なくとも2kmよりも深い。	—
	2 P波速度構造: ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(2013)	速度構造調査によれば、P波速度5.8～6.0km/sの層は、想定震源南部で少なくとも2kmよりも深い。	—
③	コンラッド面の深さ	—	10～18km程度
④	キュリー点深度	—	16km～18km程度
⑤	日本海東縁部の地震活動の長期評価	—	20km程度以浅



地震発生層上限深さは、2kmに設定

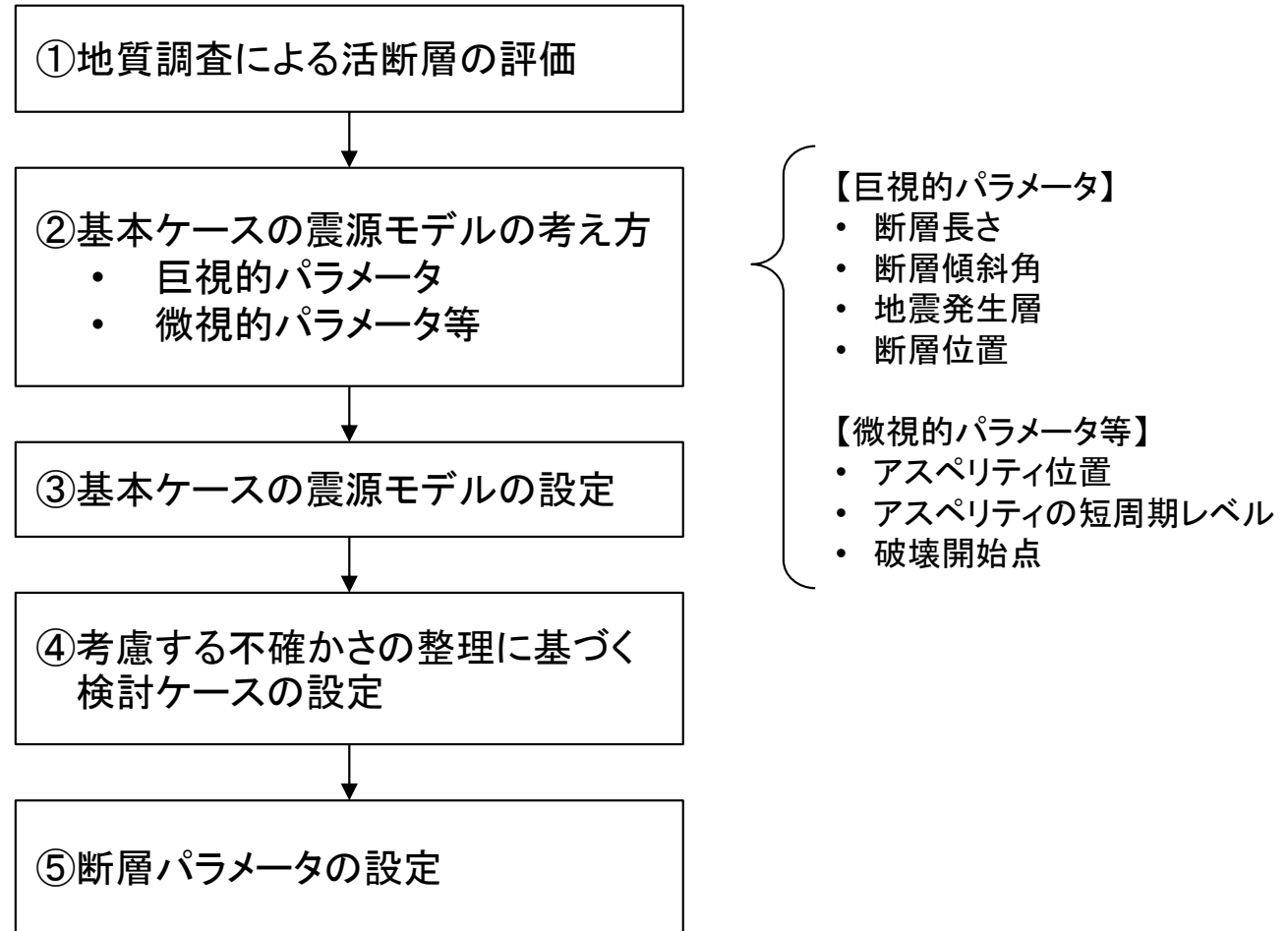


地震発生層下限深さは、20kmに設定

4.2 震源モデルの設定(1/19)

震源モデルの設定フロー

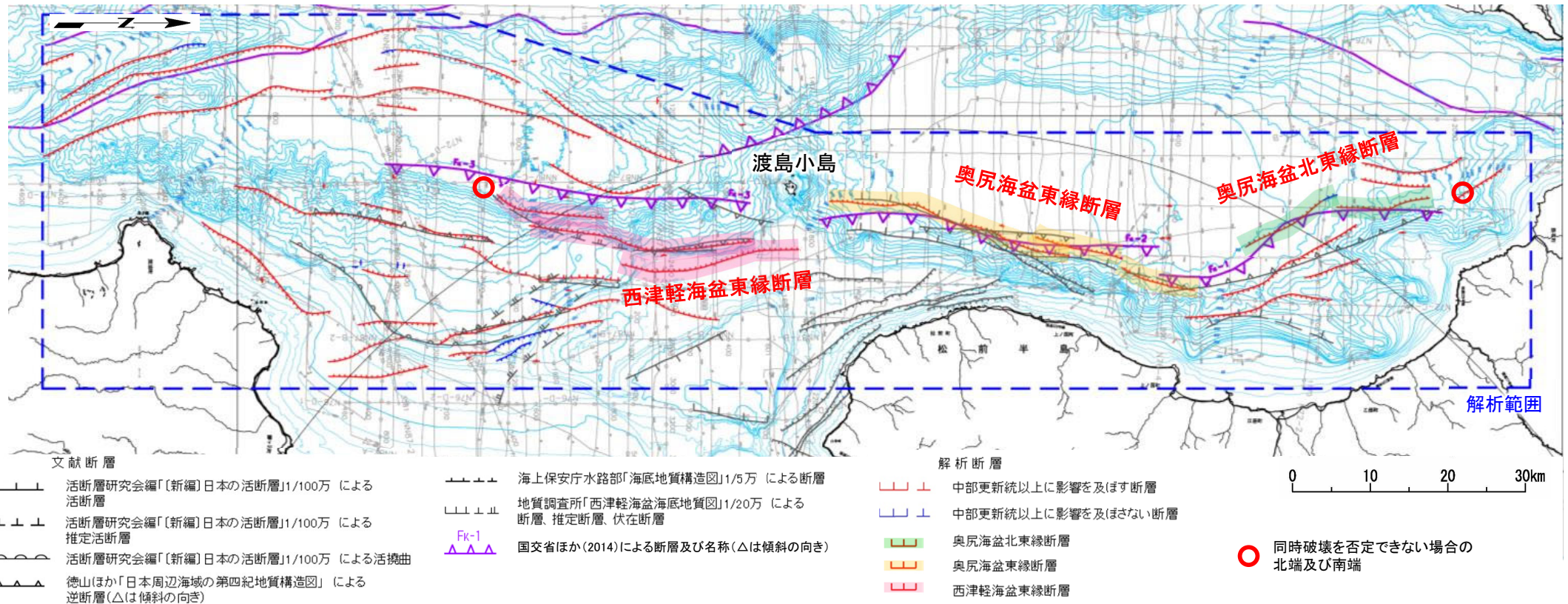
- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震動評価にあたり、震源モデルの設定のフローを示す。



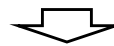
震源モデルの設定フロー

4.2 震源モデルの設定(2/19)

①地質調査による活断層の評価(1/3)



- 奥尻海盆北東縁断層と奥尻海盆東縁断層とは、落下センスは同じであるものの、延長上になく、走向が異なり、5km以上離れており、地質構造が連続しないことから、個別の断層と判断される。
- 奥尻海盆東縁断層と西津軽海盆東縁断層とは、落下センスは同じであるものの、延長上になく、5km以上離れており、火山島により分断され、地質構造及び重力構造が連続しないことから、個別の断層と判断される。



- 奥尻海盆北東縁断層、奥尻海盆東縁断層、西津軽海盆東縁断層は、それぞれ個別の断層と判断される。
- しかしながら、これら3つの断層は、落下センスが同じであり、走向が大局的には類似していることを踏まえ、保守的に同時破壊の不確かさを織り込み、連動する断層を設定する。

4.2 震源モデルの設定 (3/19)

第983回審査会合
資料2-4-1P.6-31一部修正



①地質調査による活断層の評価 (2/3)

コメントNo.S1-3

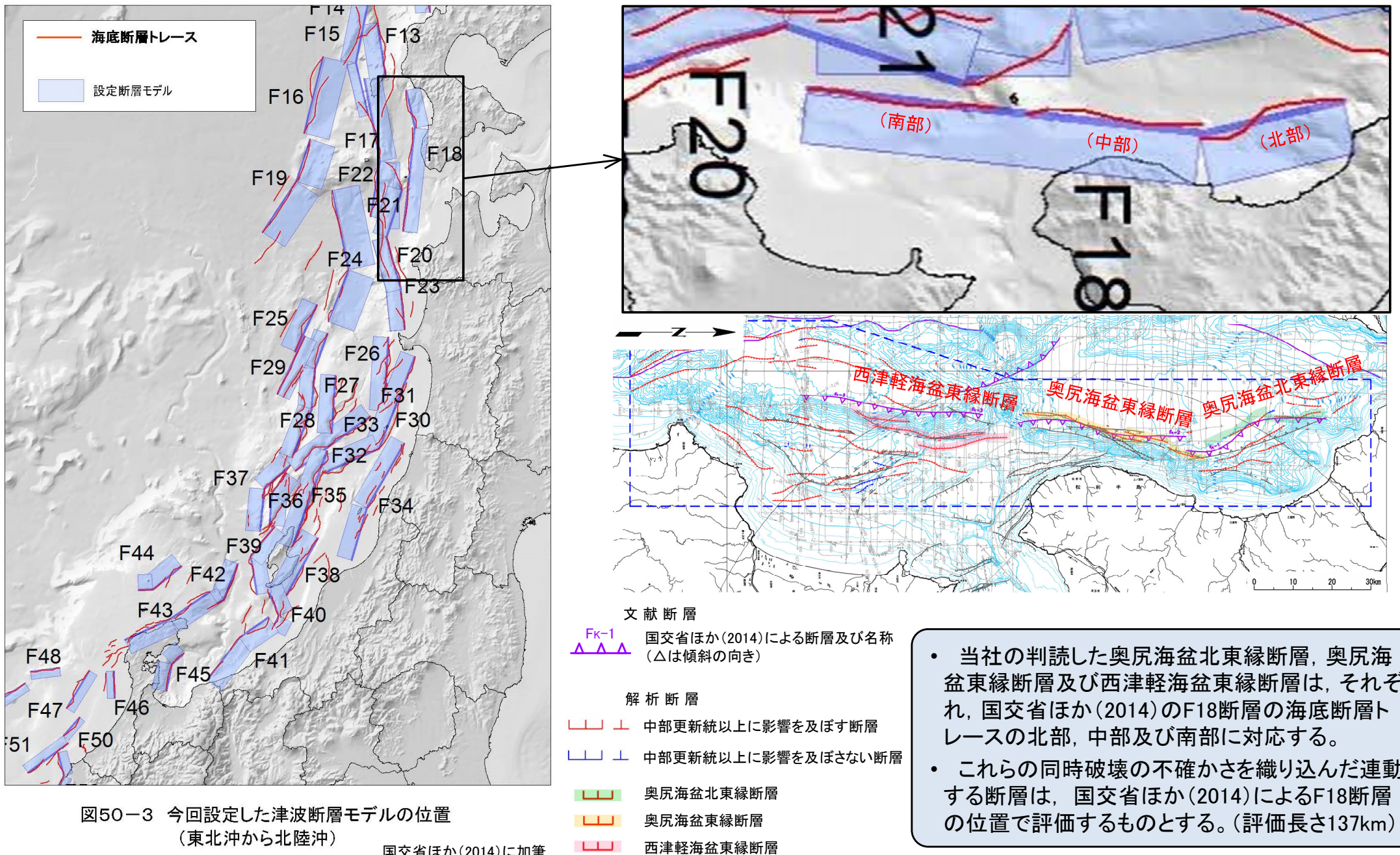


図50-3 今回設定した津波断層モデルの位置
(東北沖から北陸沖)

国交省ほか(2014)に加筆

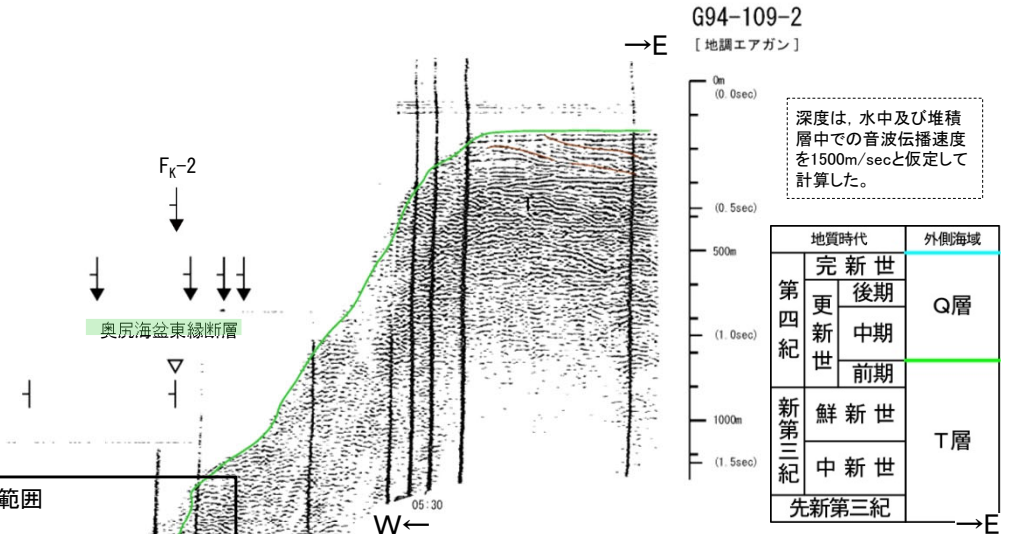
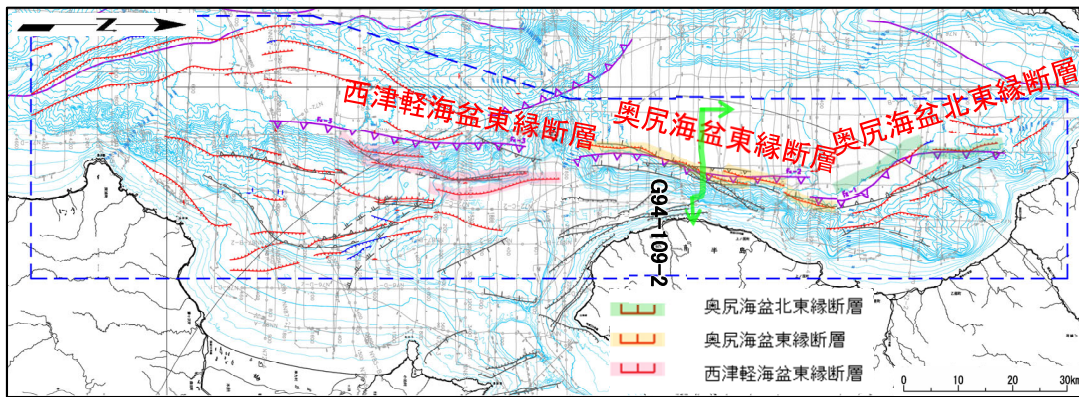
- 当社の判読した奥尻海盆北東縁断層, 奥尻海盆東縁断層及び西津軽海盆東縁断層は, それぞれ, 国交省ほか(2014)のF18断層の海底断層トレースの北部, 中部及び南部に対応する。
- これらの同時破壊の不確かさを織り込んだ連動する断層は, 国交省ほか(2014)によるF18断層の位置で評価するものとする。(評価長さ137km)

4.2 震源モデルの設定(4/19)

①地質調査による活断層の評価(3/3)

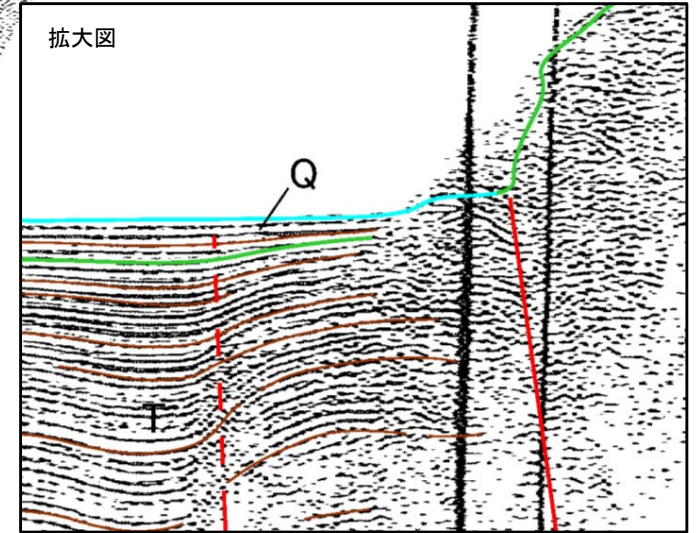
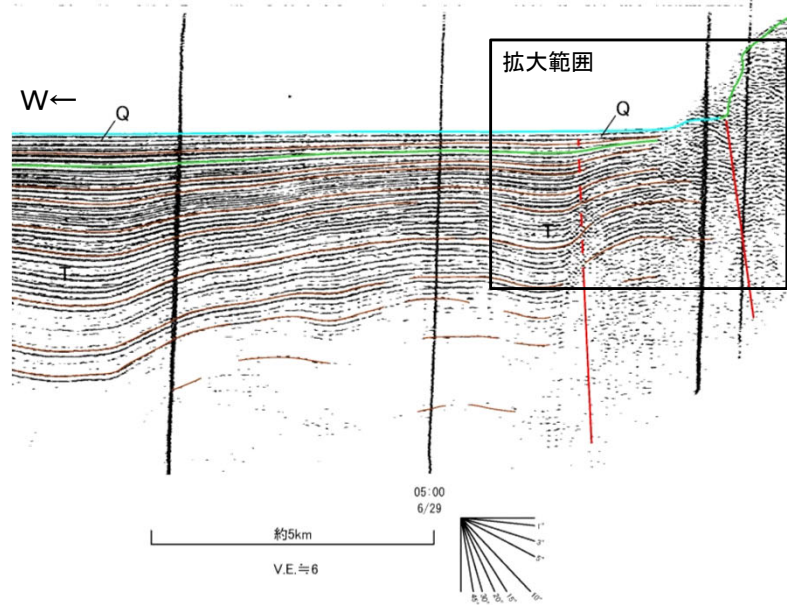
コメントNo.S1-3

- 奥尻海盆東縁断層による変位がT層及びQ層まで認められるため、断層運動は後期更新世以降に及ぶと評価する。
- N-S走向東傾斜の断層で、上盤側(東側)の地形が相対的に高いため、東傾斜の逆断層と評価する。



深度は、水中及び堆積層中の音波伝播速度を1500m/secと仮定して計算した。

地質時代		外側海域
第四紀	完新世	Q層
	更新世 後期	
	更新世 中期	
新第三紀	更新世 前期	T層
	鮮新世	
	中新世	
先新第三紀		

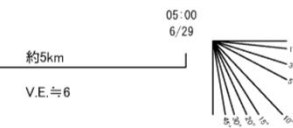


音波探査記録の添付範囲

解析結果による当該断層位置及び落下側 () は他の断層

文献による断層(撓曲)位置及び落下側

中部更新統以上にまで変位(変形)が及ぶ断層



4.2 震源モデルの設定(5/19)

②基本ケースの震源モデルの考え方(1/7):方針

- ・ 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の想定震源は、137kmの長大な活断層である。
- ・ 審査ガイドを踏まえ、地震規模(地震モーメント)は、複数の方法を比較し、保守的に設定する。
- ・ 強震動予測レシピを踏まえ、微視的パラメータは、複数の方法を比較し、保守的に設定する。

長大な活断層の震源モデルに係る審査ガイドの記載、強震動予測レシピの記載

審査ガイド

- ・ 長大な活断層については、断層の長さ、地震発生層の厚さ、断層傾斜角、1回の地震の断層変位、断層間相互作用(活断層の連動)等に関する最新の研究成果を十分考慮して、地震規模や震源断層モデルが設定されていることを確認する。

強震動予測レシピ

- ・ 震源断層の長さが震源断層の幅に比べて十分に大きい長大な断層に対して、円形破壊面を仮定することは必ずしも適当ではないことが指摘されている。…(中略)…長大な断層のアスペリティに関するスケーリング則については、そのデータも少ないことから、未解決の研究課題となっている。



長大な活断層の震源モデルの設定方法

○地震規模(地震モーメント)の設定

- ・ 地震モーメントは、①強震動予測レシピに加えて、②日本海東縁部の地震のすべり量に関する知見を踏まえた国交省ほか(2014)、及び③長大な逆断層の知見を踏まえた壇ほか(2015)による算定結果を比較し、保守的に設定する。
 - ① 強震動予測レシピによる方法
 - ② 国交省ほか(2014)による方法
 - ③ 壇ほか(2015)による方法

○微視的パラメータ(アスペリティの応力降下量、アスペリティの面積)の設定

- ・ アスペリティの応力降下量、アスペリティの面積は、①強震動予測レシピによる方法、②円形クラックを仮定した方法、及び③長大な逆断層の知見を踏まえた壇ほか(2015)の方法による算定結果を比較し、保守的に設定する。
 - ① 強震動予測レシピによる方法($\Delta\sigma=3.1\text{MPa}, Sa=0.22S$)
 - ② 円形クラックの式(Eshelby(1957))を用いた方法
 - ③ 壇ほか(2015)による方法

4.2 震源モデルの設定(6/19)



②基本ケースの震源モデルの考え方(2/7)：巨視的パラメータ

- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の基本ケースの震源モデルの巨視的パラメータの設定に関する考え方を以下に示す。

基本ケースの震源モデルの巨視的パラメータの考え方

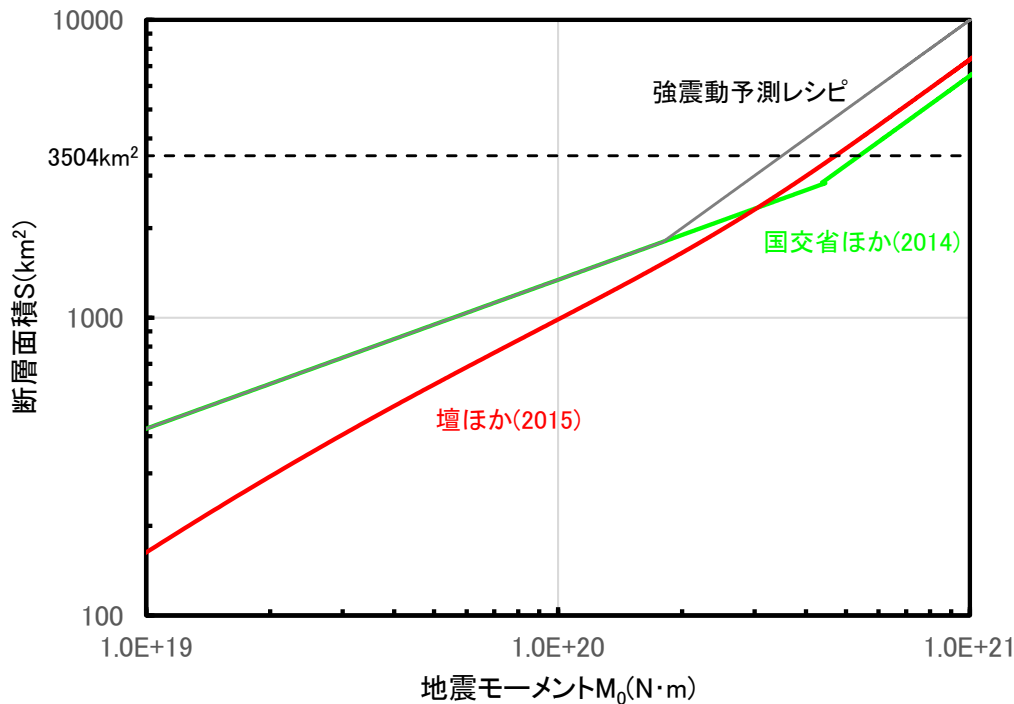
パラメータ		調査等に基づく震源パラメータの評価		基本ケースの震源モデルの考え方
		設定根拠	調査等に基づく評価	
巨視的 パラメータ	断層長さ	地質調査結果	地質調査結果に基づけば、奥尻海盆北東縁断層、奥尻海盆東縁断層、及び西津軽海盆東縁断層は個別の断層と判断される。国交省ほか(2014)では、同位置に断層長さ137kmの断層を想定している。	保守的にあらかじめ同時破壊の不確かさを織り込み、連動する断層として評価する。断層長さは、国交省ほか(2014)に基づき、137kmとする。
	断層傾斜角	地質調査結果	応力場と走向から東西圧縮の逆断層が考えられ、地質調査結果によると断層の上盤側の地形が相対的に高い(上がっている)ことから、東傾斜の逆断層と推定。	調査結果に基づき東傾斜の逆断層とし、強震動予測レシピに基づき、逆断層の断層傾斜角が明らかではない場合の傾斜角45°を設定する。
	地震発生層	微小地震分布、速度構造データ等	微小地震分布、速度構造データ等に基づく地震発生層は、上限深さ2km、下限深さ20kmである。	断層面は、上端深さ2km、下端深さ20kmに設定する。



4.2 震源モデルの設定(7/19)

②基本ケースの震源モデルの考え方(3/7):巨視的パラメータ(地震規模の検討)

- 地震モーメントは、「強震動予測レシピ」、日本海東縁の地震のすべり量に関する知見を踏まえた「国交省ほか(2014)による面積と地震モーメントのスケーリング」、及び長大な逆断層の知見を踏まえた「壇ほか(2015)によるスケーリング」による算定結果を比較し、保守的に設定する。
- 断層面積は、基本ケースの震源モデルの断層面積3504km²(P.82参照)として、各スケーリングによる地震モーメントを算定する。
- 比較の結果、最も保守的な国交省ほか(2014)によるスケーリングに基づき、地震モーメントを設定する。



断層面積と地震モーメントのスケーリングの比較

①強震動予測レシピによる断層面積 S (km²)と地震モーメント M_0 (N·m)のスケーリング

$$M_0 = (S/2.23 \times 10^{15})^{3/2} \times 10^{-7} \quad (M_0 < 7.5 \times 10^{18})$$

$$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7} \quad (7.5 \times 10^{18} \leq M_0 < 1.8 \times 10^{20})$$

$$M_0 = 1.00 \times S \times 10^{17} \quad (1.8 \times 10^{20} \leq M_0)$$

②国交省ほか(2014)による断層面積 S (km²)と地震モーメント M_0 (N·m)のスケーリング

$$M_0 = (S/2.23 \times 10^{15})^{3/2} \times 10^{-7} \quad (M_w < 6.5)$$

$$M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7} \quad (6.5 \leq M_w < 7.7)$$

$$M_0 = 1.54 \times S \times 10^{17} \quad (7.7 \leq M_w)$$

③壇ほか(2015)によるスケーリング

$$\Delta\sigma^\# = c \frac{M_0}{S_{seis} W_{seis}} \quad \Delta\sigma^\# = 24 \text{ bar}$$

$$c = 0.45 + 0.7 \exp[-L/W_{seis}]$$

$\Delta\sigma^\#$: 平均動的応力降下量

S_{seis} : 震源断層面積

W_{seis} : 震源断層の幅

L : 断層長さ

各スケーリングの算定式

基本震源モデルの地震規模の比較

	①強震動予測レシピによるスケーリング	②国交省ほか(2014)によるスケーリング	③壇ほか(2015)によるスケーリング
断層面積(km ²)	3504	3504	3504
地震モーメント(N·m)	3.5×10^{20} ($M_w 7.6$)	5.4×10^{20} ($M_w 7.8$)	4.7×10^{20} ($M_w 7.7$)

4.2 震源モデルの設定(8/19)

②基本ケースの震源モデルの考え方(4/7):微視的パラメータ等

- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の基本ケースの震源モデルの微視的パラメータ等の設定に関する考え方を以下に示す。

基本ケースの震源モデルの微視的パラメータ等の考え方

パラメータ			調査等に基づく震源パラメータの評価		基本ケースの震源モデルの考え方
			設定根拠	調査等に基づく評価	
微視的 パラメータ	アスペリティ	位置	地質調査結果	想定震源周辺の内陸地殻内地震のアスペリティ位置に関する知見は得られていない。	敷地に及ぼす影響が大きくなるよう、各セグメントにおいて、地質調査結果に基づく断層長さのうち、敷地に最も近づく位置にアスペリティを配置する。
		短周期レベル (応力降下量)	強震動予測レシピ	想定震源周辺の内陸地殻内地震の短周期レベル(応力降下量)に関する知見は得られていない。	長大断層に関する強震動予測レシピの記載を踏まえ、複数の知見を比較して設定。 (詳細は、P.74～P.76)
その他の パラメータ	破壊開始点		—	想定震源周辺の内陸地殻内地震の破壊開始点に関する知見は得られていない。	敷地に及ぼす影響が大きくなるよう、複数のセグメントからの波が同時に敷地に到達する破壊開始点を考慮する。

4.2 震源モデルの設定(9/19)



②基本ケースの震源モデルの考え方(5/7): 微視的パラメータ等(アスペリティの応力降下量, アスペリティの面積)(1/3)

- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震は、断層長さが137kmであり、強震動予測レシピでは、このような長大断層においては断層パラメータの設定に注意が必要であることが指摘されている。
- したがって、ここでは複数の方法で主要な断層パラメータを算定し、以下の観点からモデルの妥当性を確認したうえで、保守的な方法を用いて設定する。
 - アスペリティ面積比が、宮腰ほか(2001)の15%～27%を著しく逸脱しないこと。
 - アスペリティの応力降下量が、他の方法と比較して著しく低い値となっていないこと。
- 断層パラメータの設定方法は、下表に示す方法1～方法3の中から選定することとする。方法1～方法3では、断層面積と地震モーメントの関係式については最も保守的な国交省ほか(2014)を共通して適用し、平均応力降下量等の設定には下表の概要に示すようにそれぞれ個別の方法を適用する。

微視的パラメータ等の設定方法

方法	方法1	方法2	方法3
概要	強震動予測レシピによる方法 ($\Delta\sigma=3.1\text{MPa}$, $S_a=0.22S$)	円形クラックの式(Eshelby(1957)) を用いた方法	壇ほか(2015)による方法
備考	<ul style="list-style-type: none"> Fujii and Matsu'ura(2000)による長大な横ずれ断層を対象にいくつかの条件下で導出された値$\Delta\sigma=3.1\text{MPa}$を用いた結果であるため、縦ずれ断層である当該断層には適さないと考えられるが、参考として比較対象とする。 	—	<ul style="list-style-type: none"> 長大な逆断層による内陸地殻内地震の断層パラメータ算定手順に基づき、各パラメータを算定。

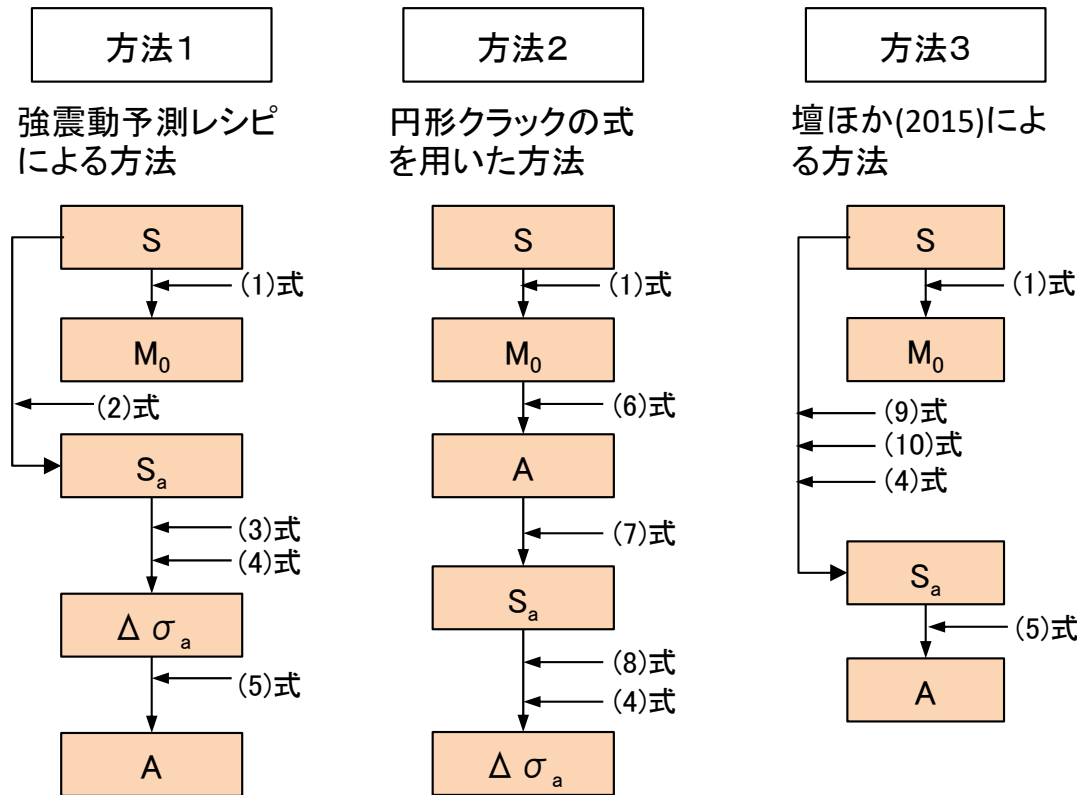
4.2 震源モデルの設定(10/19)

②基本ケースの震源モデルの考え方(6/7): 微視的パラメータ等(アスペリティの応力降下量, アスペリティの面積)(2/3)

- 以下のパラメータを算定し、その妥当性について検討する。
短周期レベルA, 断層全体の応力降下量 $\Delta\sigma$, アスペリティの面積 S_a , アスペリティの応力降下量 $\Delta\sigma_a$
- 方法1, 方法2, 方法3によるパラメータの算定フローを以下に示す*。

*: 方法1と方法3では断層幅とともにすべり量も飽和して一定となる第3ステージのスケールング関係とみなしているため、応力降下量は地震モーメントによらず一定となる。

用いる関係式は以下のとおり。



(1)式	国交省ほか(2014)	$M_0=1.54 \times S \times 10^{17}$
(2)式	Somerville et al.(1999)	$S_a=0.22S$
(3)式	Fujii and Matsu'ura(2000)	$\Delta\sigma=3.1\text{MPa}$
(4)式	Madariaga(1979)	$\Delta\sigma_a=(S/S_a)\Delta\sigma$
(5)式	壇ほか(2001)	$A=4\pi(S_a/\pi)^{0.5}\Delta\sigma_a V_s^2$
(6)式	壇ほか(2001)	$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$
(7)式		$r=(7\pi/4) \cdot [M_0/(A \cdot R)] \cdot V_s^2$ $S_a=\pi r^2$
(8)式	Eshelby(1957)(円形クラックの式)	$\Delta\sigma=(7/16) \times M_0/(S/\pi)^{1.5}$
(9)式	壇ほか(2015)	$\Delta\sigma^\#=24\text{bar}(=2.4\text{MPa})$
(10)式	壇ほか(2015)	$\Delta\sigma_{\text{asp}}^\#=187\text{bar}(=18.7\text{MPa})$

V_s : S波速度(3.4km/s), R: 断層全体の等価半径, r: アスペリティの等価半径, $\Delta\sigma^\#$: 平均動的応力降下量(断層全体の平均応力降下量に該当), $\Delta\sigma_{\text{asp}}^\#$: アスペリティの動的応力降下量(アスペリティの応力降下量に該当)

4.2 震源モデルの設定(11/19)

②基本ケースの震源モデルの考え方(7/7): 微視的パラメータ等(アスペリティの応力降下量, アスペリティの面積)(3/3)

- それぞれの方法で算定したパラメータを下表に示す。
- 方法2は、断層全体に対するアスペリティの面積比が過大な評価となり、想定震源に対して円形破壊面を仮定することは適当ではないことを確認した。
- 方法3は、方法1に比してアスペリティ面積比がやや小さいものの、アスペリティの応力降下量が大きく、短周期レベルを比較した際に保守的な評価が得られるため、アスペリティの応力降下量, アスペリティの面積の設定方法として採用する。

方法1, 方法2, 方法3の応力降下量, アスペリティ面積の比較

パラメータ	記号	単位	方法1	方法2	方法3
			強震動予測レシピによる方法	円形クラックの式を用いた方法	壇ほか(2015)による方法
地震モーメント ^{※1}	M_0	(N・m)	5.4×10^{20}	5.4×10^{20}	5.4×10^{20}
断層全体の応力降下量	$\Delta \sigma$	(MPa)	3.1	6.3	2.4
アスペリティの面積	S_a	(km ²)	771	1779	450
断層全体に対するアスペリティの面積比	-	-	0.22	0.51	0.13
アスペリティの応力降下量	$\Delta \sigma_a$	(MPa)	14.1	12.5	18.7
短周期レベル ^{※2}	A	(N・m/s ²)	3.21×10^{19}	4.31×10^{19}	3.25×10^{19}

※1:地震モーメントは、P.72で保守性を確認した値を用いる。

※2:各セグメントのアスペリティの短周期レベルから計算される断層全体の短周期レベル。



短周期レベルが、方法3より小さいため、採用しない



断層全体に対するアスペリティ面積比が大きい
ため、採用しない

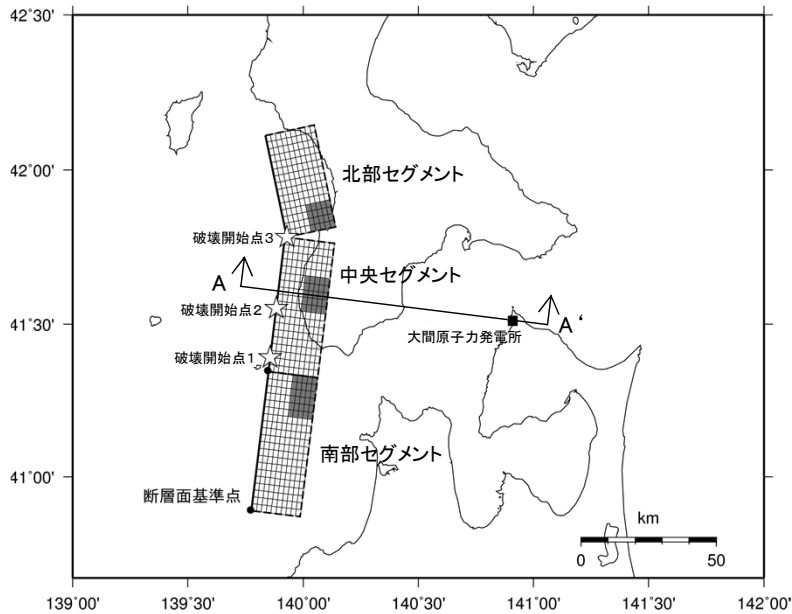


採用

4.2 震源モデルの設定(12/19)

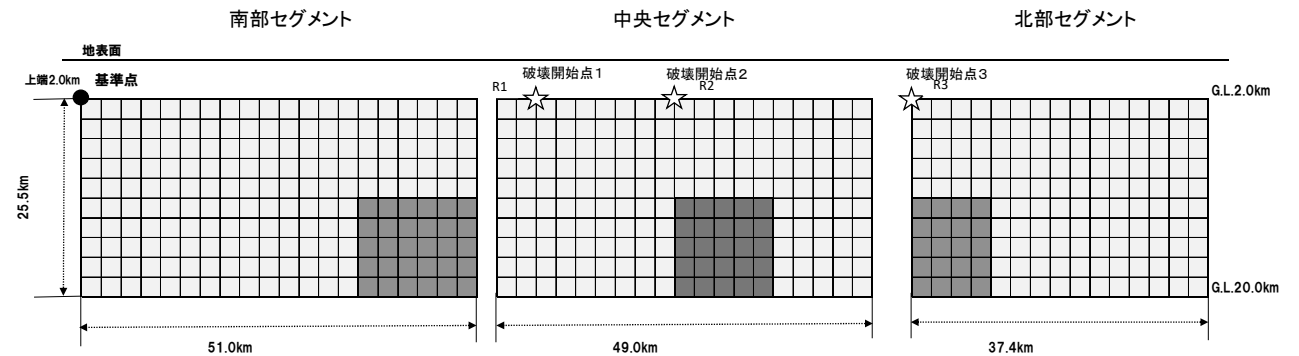
③基本ケースの震源モデルの設定

- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の基本ケースの震源モデルを以下に示す。

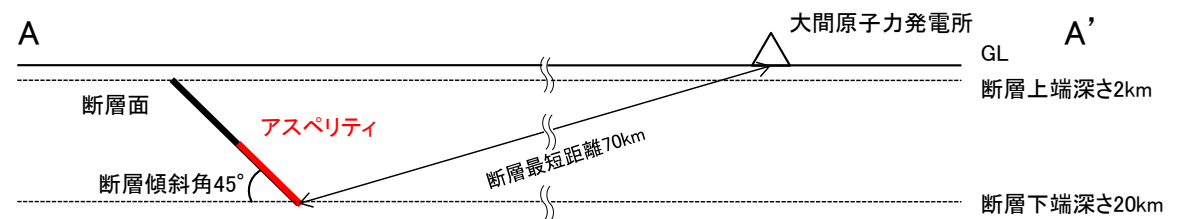


(a) 地表面投影図

地震規模	等価震源距離	断層最短距離
Mw7.8	84km	70km



(b) 展開図



(c) A-A' 断面模式図

4.2 震源モデルの設定(13/19)

④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(1/3)

- ・ 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震について、考慮する不確かさを示す。
- ・ 基本ケースに対して、認識論的不確かさとして断層傾斜角の不確かさ、短周期レベルの不確かさを考慮する。

不確かさの重畳について、考え方は以下のとおり。

- 「認識論的不確かさ」については、それぞれ独立で不確かさを考慮する。
- 「偶然的不確かさ」については、事前の把握が困難であるため、「認識論的不確かさ」と重畳させて考慮する。

基本ケースの震源モデルに対する不確かさの整理

不確かさの種類	パラメータ	基本ケースの震源モデルの考え方	不確かさの考慮
認識論的不確かさ	断層長さ	保守的にあらかじめ同時破壊の不確かさを織り込み、連動する断層として評価する。断層長さは、国交省ほか(2014)に基づき、137kmとする。	基本ケースの震源モデルは、保守的にあらかじめ同時破壊の不確かさを織り込み、連動する断層として評価しているため、更なる不確かさは考慮しない。
	地震規模	複数の知見を比較し、保守的な国交省ほか(2014)に基づき設定。	断層傾斜角の不確かさを考慮するにあたり、断層面積が拡がることに伴い、地震規模が大きくなることで考慮される。
	断層傾斜角	地質調査結果に基づき、東傾斜に設定。強震動予測レシピに基づき、逆断層の断層傾斜角が明らかではない場合の傾斜角45°を設定。	調査等により、低角であることを否定できないため、傾斜角30°を考慮する。
	アスペリティの短周期レベル(応力降下量)	強震動予測レシピに基づき、複数の方法を比較し、壇ほか(2015)に基づき、算定。	強震動予測レシピの1.5倍を考慮する。
偶然的不確かさ	アスペリティ位置	敷地に及ぼす影響が大きくなるように、敷地に最も近づく位置にアスペリティを配置する。	同左
	破壊開始点	敷地に及ぼす影響が大きくなるように、複数のセグメントからの波が同時に敷地に到達する破壊開始点を考慮する。	同左

 : 認識論的不確かさとして考慮するパラメータ

4.2 震源モデルの設定(14/19)



④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(2/3)

- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の検討ケースを以下に示す。

奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の検討ケース一覧

検討ケース	断層長さ(km)	地震規模	断層傾斜角(°)	アスペリティの短周期レベル (応力降下量)	アスペリティ位置	破壊開始点
基本ケース	137	Mw7.8	45	強震動予測レシピア	各セグメントごとに、 敷地に最も近づく位置 に配置	複数設定
短周期レベルの不確かさケース	137	Mw7.8	45	強震動予測レシピア × 1.5倍	各セグメントごとに、 敷地に最も近づく位置 に配置	複数設定
断層傾斜角の不確かさケース	137	Mw7.9	30	強震動予測レシピア	各セグメントごとに、 敷地に最も近づく位置 に配置	複数設定

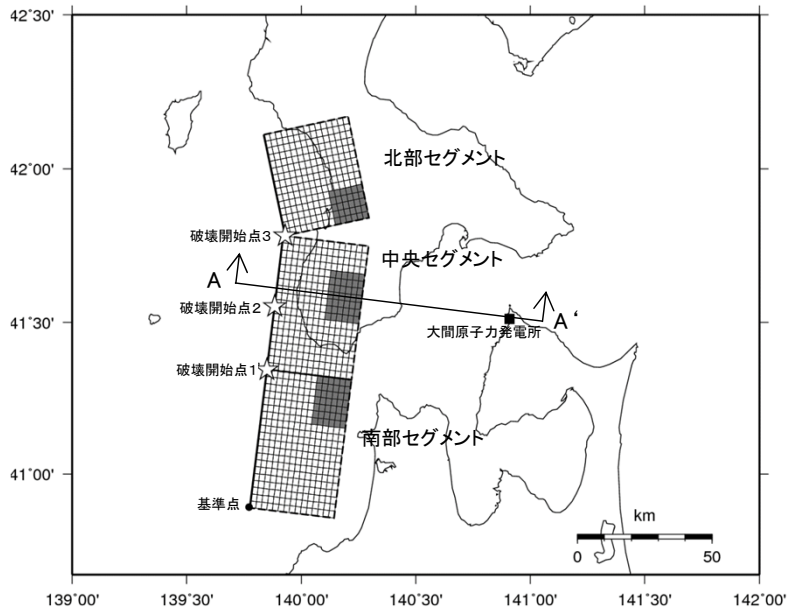
: 認識論的不確かさとして考慮するパラメータ

: 偶然的不確かさとして考慮するパラメータ

4.2 震源モデルの設定(15/19)

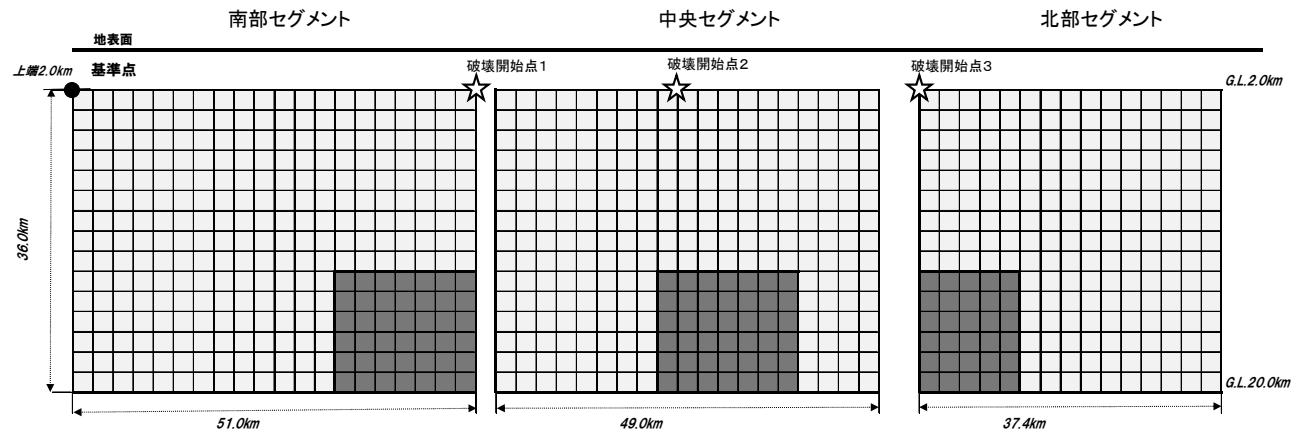
④考慮する不確かさの整理に基づく検討ケースの設定(3/3)

- 奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の断層傾斜角の不確かさケースについて、震源モデルを以下に示す。
- なお、短周期レベルの不確かさケースの震源モデルは、P.77に示す基本ケースと同様である。

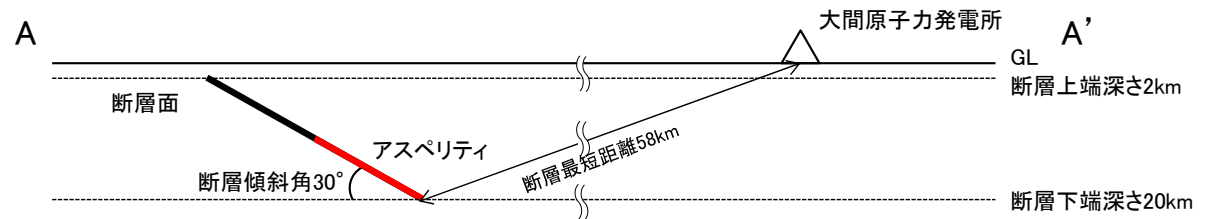


(a) 地表面投影図

地震規模	等価震源距離	断層最短距離
Mw7.9	75km	58km



(b) 展開図



(c) A-A' 断面模式図

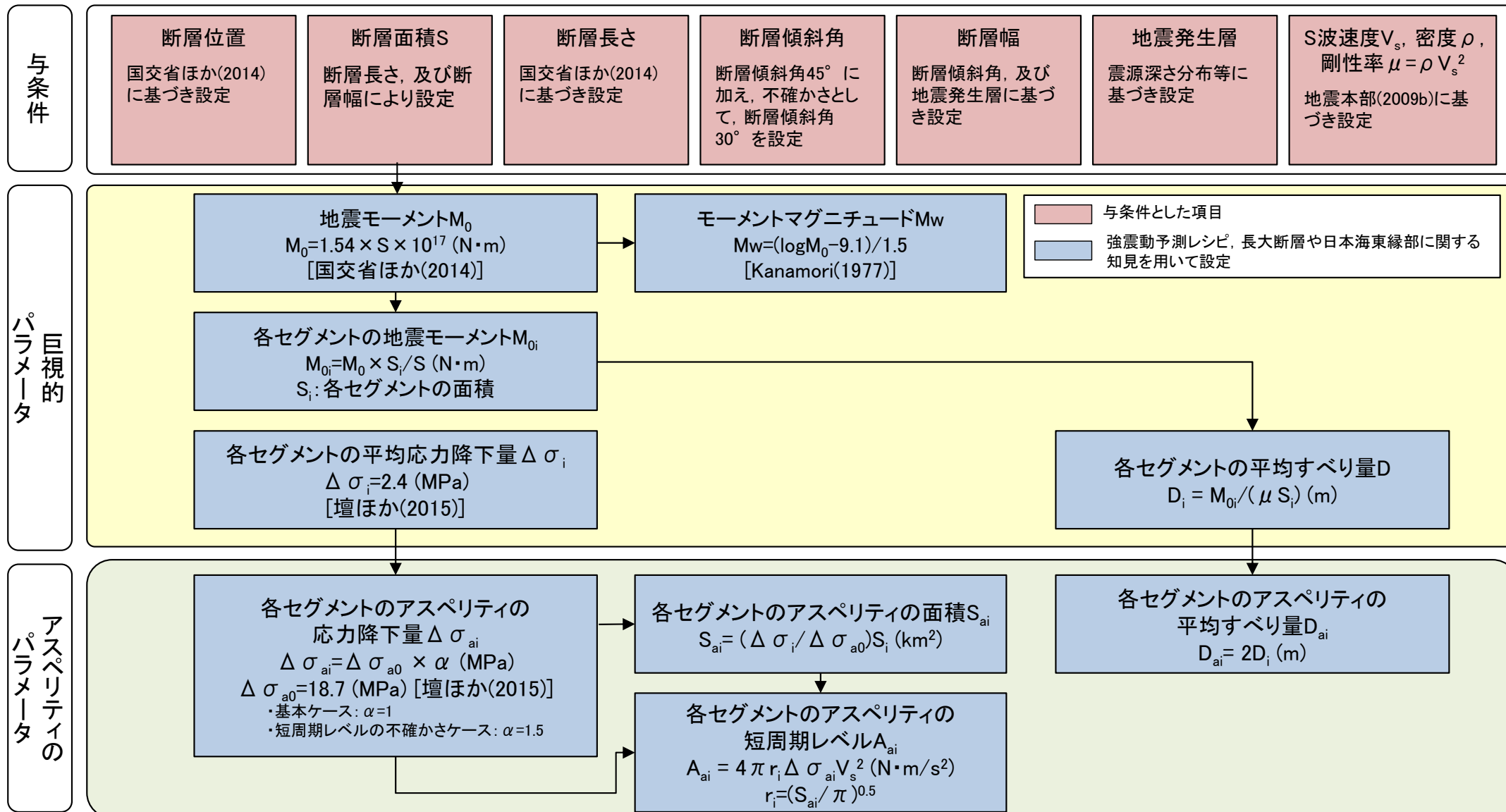
震源モデル
(断層傾斜角の不確かさケース)



4.2 震源モデルの設定(16/19)

⑤断層パラメータの設定(1/4):断層パラメータの設定フロー

- 断層パラメータは、強震動予測レシピを参照し、長大断層、及び日本海東縁部に関する知見を取り込み設定する。



断層パラメータ設定フロー

4.2 震源モデルの設定(17/19)

⑤断層パラメータの設定(2/4):基本ケース

奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震 基本ケースの断層パラメータ

項目	記号(単位)	設定値			設定根拠		
		南部セグメント	中央セグメント	北部セグメント			
巨視的 パラメータ	断層全体	走向	$\theta_i(^{\circ})$	7	7	348	国交省ほか(2014)に基づき設定
		傾斜角	$\delta_i(^{\circ})$	45	45	45	同上
		上端深さ	$h_i(\text{km})$	2	2	2	地震発生層の検討結果による
		下端深さ	$b_i(\text{km})$	20	20	20	同上
		長さ	$L_i(\text{km})$	51.0	49.0	37.4	国交省ほか(2014)に基づき設定
		幅	$W_i(\text{km})$	25.5	25.5	25.5	$W_i=(b_i-h_i)/\sin\delta_i$
		断層面積(各セグメント)	$S_i(\text{km}^2)$	1301	1250	954	$S_i=L_i \times W_i$
		断層面積(全体)	$S(\text{km}^2)$	3504			$S=\sum S_i$
		地震モーメント(全体)	$M_0(\text{N}\cdot\text{m})$	5.4E+20			$M_0=1.54 \times S \times 10^{17}$ (国交省ほか(2014))
		地震モーメント(各セグメント)	$M_{0i}(\text{N}\cdot\text{m})$	2.0E+20	1.9E+20	1.5E+20	$M_{0i}=M_0 \times S_i/S$
		モーメントマグニチュード	M_w	7.8			$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))
		S波速度	$V_s(\text{km/s})$	3.4			地震本部(2009b)
		剛性率	$\mu(\text{N/m}^2)$	3.12E+10			$\mu=\rho V_s^2, \rho=2.7\text{t/m}^3$
		平均すべり量	$D_i(\text{m})$	4.9	4.9	4.9	$D_i=M_{0i}/(\mu S_i)$
		平均応力降下量	$\Delta\sigma_i(\text{MPa})$	2.4	2.4	2.4	壇ほか(2015)
破壊伝播速度	$V_r(\text{km/s})$	2.4			$V_r=0.72V_s$ (Geller(1976))		
微視的 パラメータ	アスペリティ	面積	$S_{ai}(\text{km}^2)$	167	160	122	$S_{ai}=(\Delta\sigma_i/\Delta\sigma_{a0}) \times S_i, \Delta\sigma_{a0}=18.7\text{MPa}$ (壇ほか(2015))
		地震モーメント	$M_{0ai}(\text{N}\cdot\text{m})$	5.1E+19	4.9E+19	3.8E+19	$M_{0ai}=\mu S_{ai}D_{ai}$
		平均すべり量	$D_{ai}(\text{m})$	9.9	9.9	9.9	$D_{ai}=2 \times D_i$
		応力降下量	$\Delta\sigma_{ai}(\text{MPa})$	18.7	18.7	18.7	壇ほか(2015)
		短周期レベル	$A_{ai}(\text{N}\cdot\text{m/s}^2)$	1.98E+19	1.94E+19	1.70E+19	$A_{ai}=4\pi \times (S_{ai}/\pi)^{0.5} \times \Delta\sigma_{ai} \times V_s^2$
	背景領域	面積	$S_{bi}(\text{km}^2)$	1134	1089	831	$S_{bi}=S_i-S_{ai}$
		地震モーメント	$M_{0bi}(\text{N}\cdot\text{m})$	1.5E+20	1.4E+20	1.1E+20	$M_{0bi}=M_{0i}-M_{0ai}$
		平均すべり量	$D_{bi}(\text{m})$	4.2	4.2	4.2	$D_{bi}=M_{0bi}/(\mu S_{bi})$
		実効応力	$\sigma_{bi}(\text{MPa})$	4.0	4.0	3.5	$\sigma_{bi}=(D_{bi}/W_{bi})/(D_{ai}/W_{ai})\Delta\sigma_{ai}, W_{bi}=W_i, W_{ai}=S_{ai}^{0.5}$
		Q値	-	100f ^{1.0}			Takehi and Irikura(1997)

4.2 震源モデルの設定(18/19)

⑤断層パラメータの設定(3/4):短周期レベルの不確かさケース

奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震 短周期レベルの不確かさケースの断層パラメータ

項目	記号(単位)	設定値			設定根拠		
		南部セグメント	中央セグメント	北部セグメント			
巨視的パラメータ	断層全体	走向	$\theta_i(^{\circ})$	7	7	348	国交省ほか(2014)に基づき設定
		傾斜角	$\delta_i(^{\circ})$	45	45	45	同上
		上端深さ	$h_i(\text{km})$	2	2	2	地震発生層の検討結果による
		下端深さ	$b_i(\text{km})$	20	20	20	同上
		長さ	$L_i(\text{km})$	51.0	49.0	37.4	国交省ほか(2014)に基づき設定
		幅	$W_i(\text{km})$	25.5	25.5	25.5	$W_i=(b_i-h_i)/\sin \delta_i$
		断層面積(各セグメント)	$S_i(\text{km}^2)$	1301	1250	954	$S_i=L_i \times W_i$
		断層面積(全体)	$S(\text{km}^2)$	3504			$S=\sum S_i$
		地震モーメント(全体)	$M_0(\text{N}\cdot\text{m})$	5.4E+20			$M_0=1.54 \times S \times 10^{17}$ (国交省ほか(2014))
		地震モーメント(各セグメント)	$M_{0i}(\text{N}\cdot\text{m})$	2.0E+20	1.9E+20	1.5E+20	$M_{0i}=M_0 \times S_i/S$
		モーメントマグニチュード	Mw	7.8			$Mw=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))
		S波速度	$V_s(\text{km/s})$	3.4			地震本部(2009b)
		剛性率	$\mu(\text{N/m}^2)$	3.12E+10			$\mu=\rho V_s^2, \rho=2.7\text{t/m}^3$
		平均すべり量	$D_i(\text{m})$	4.9	4.9	4.9	$D_i=M_{0i}/(\mu S_i)$
		平均応力降下量	$\Delta \sigma_i(\text{MPa})$	2.4	2.4	2.4	壇ほか(2015)
破壊伝播速度	$V_r(\text{km/s})$	2.4			$V_r=0.72V_s$ (Geller(1976))		
微視的パラメータ	アスペリティ	面積	$S_{ai}(\text{km}^2)$	167	160	122	$S_{ai}=(\Delta \sigma_i/\Delta \sigma_{a0}) \times S_i, \Delta \sigma_{a0}=18.7\text{MPa}$ (壇ほか(2015))
		地震モーメント	$M_{0ai}(\text{N}\cdot\text{m})$	5.1E+19	4.9E+19	3.8E+19	$M_{0ai}=\mu S_{ai}D_{ai}$
		平均すべり量	$D_{ai}(\text{m})$	9.9	9.9	9.9	$D_{ai}=2 \times D_i$
		応力降下量	$\Delta \sigma_{ai}(\text{MPa})$	28.1	28.1	28.1	壇ほか(2015) $\times 1.5$
		短周期レベル	$A_{ai}(\text{N}\cdot\text{m/s}^2)$	2.97E+19	2.91E+19	2.54E+19	$A_{ai}=4\pi \times (S_{ai}/\pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_{ai} \times V_s^2$
	背景領域	面積	$S_{bi}(\text{km}^2)$	1134	1089	831	$S_{bi}=S_i-S_{ai}$
		地震モーメント	$M_{0bi}(\text{N}\cdot\text{m})$	1.5E+20	1.4E+20	1.1E+20	$M_{0bi}=M_{0i}-M_{0ai}$
		平均すべり量	$D_{bi}(\text{m})$	4.2	4.2	4.2	$D_{bi}=M_{0bi}/(\mu S_{bi})$
		実効応力	$\sigma_{bi}(\text{MPa})$	6.1	5.9	5.2	$\sigma_{bi}=(D_{bi}/W_{bi})/(D_{ai}/W_{ai}) \Delta \sigma_{ai}, W_{bi}=W_i, W_{ai}=S_{ai}^{0.5}$
Q値		-	100f ^{1.0}			Takehi and Irikura(1997)	



4.2 震源モデルの設定(19/19)

⑤断層パラメータの設定(4/4):断層傾斜角の不確かさケース

奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震 断層傾斜角の不確かさケースの断層パラメータ

項目	記号(単位)	設定値			設定根拠		
		南部セグメント	中央セグメント	北部セグメント			
巨視的パラメータ	断層全体	走向	$\theta_i(^{\circ})$	7	7	348	国交省ほか(2014)に基づき設定
		傾斜角	$\delta_i(^{\circ})$	30	30	30	傾斜角の不確かさを考慮
		上端深さ	$h_i(\text{km})$	2	2	2	地震発生層の検討結果による
		下端深さ	$b_i(\text{km})$	20	20	20	同上
		長さ	$L_i(\text{km})$	51.0	49.0	37.4	国交省ほか(2014)に基づき設定
		幅	$W_i(\text{km})$	36.0	36.0	36.0	$W_i=(b_i-h_i)/\sin \delta_i$
		断層面積(各セグメント)	$S_i(\text{km}^2)$	1836	1764	1346	$S_i=L_i \times W_i$
		断層面積(全体)	$S(\text{km}^2)$	4946			$S=\sum S_i$
		地震モーメント(全体)	$M_0(\text{N}\cdot\text{m})$	7.6E+20			$M_0=1.54 \times S \times 10^{17}$ (国交省ほか(2014))
		地震モーメント(各セグメント)	$M_{0i}(\text{N}\cdot\text{m})$	2.8E+20	2.7E+20	2.1E+20	$M_{0i}=M_0 \times S_i/S$
		モーメントマグニチュード	Mw	7.9			$Mw=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))
		S波速度	$V_s(\text{km/s})$	3.4			地震本部(2009b)
		剛性率	$\mu(\text{N/m}^2)$	3.12E+10			$\mu=\rho V_s^2, \rho=2.7\text{t/m}^3$
		平均すべり量	$D_i(\text{m})$	4.9	4.9	4.9	$D_i=M_{0i}/(\mu S_i)$
		平均応力降下量	$\Delta \sigma_i(\text{MPa})$	2.4	2.4	2.4	壇ほか(2015)
破壊伝播速度	$V_r(\text{km/s})$	2.4			$V_r=0.72V_s$ (Geller(1976))		
微視的パラメータ	アスペリティ	面積	$S_{ai}(\text{km}^2)$	236	226	173	$S_{ai}=(\Delta \sigma_i/\Delta \sigma_{a0}) \times S_i, \Delta \sigma_{a0}=18.7\text{MPa}$ (壇ほか(2015))
		地震モーメント	$M_{0ai}(\text{N}\cdot\text{m})$	7.3E+19	7.0E+19	5.3E+19	$M_{0ai}=\mu S_{ai}D_{ai}$
		平均すべり量	$D_{ai}(\text{m})$	9.9	9.9	9.9	$D_{ai}=2 \times D_i$
		応力降下量	$\Delta \sigma_{ai}(\text{MPa})$	18.7	18.7	18.7	壇ほか(2015)
		短周期レベル	$A_{ai}(\text{N}\cdot\text{m/s}^2)$	2.35E+19	2.31E+19	2.01E+19	$A_{ai}=4\pi \times (S_{ai}/\pi)^{0.5} \times \Delta \sigma_{ai} \times V_s^2$
	背景領域	面積	$S_{bi}(\text{km}^2)$	1600	1538	1174	$S_{bi}=S_i-S_{ai}$
		地震モーメント	$M_{0bi}(\text{N}\cdot\text{m})$	2.1E+20	2.0E+20	1.5E+20	$M_{0bi}=M_0-M_{0ai}$
		平均すべり量	$D_{bi}(\text{m})$	4.2	4.2	4.2	$D_{bi}=M_{0bi}/(\mu S_{bi})$
		実効応力	$\sigma_{bi}(\text{MPa})$	3.4	3.3	2.9	$\sigma_{bi}=(D_{bi}/W_{bi})/(D_{ai}/W_{ai}) \Delta \sigma_{ai}, W_{bi}=W_i, W_{ai}=S_{ai}^{0.5}$
Q値		-	100 ^{f1.0}			Takehi and Irikura(1997)	

4.3 地震動評価手法(1/5)



地震動評価の方針

■ 応答スペクトルに基づく地震動評価

- 想定震源は、断層長さ137km, Mw7.8の長大断層であるため、松田(1975)、武村(1990)のデータセットの範囲外となり、適用対象外となることから、気象庁マグニチュードの評価が出来ない。
- そこで、気象庁マグニチュードによる評価ではなく、モーメントマグニチュードMwで評価可能で適用性を確認した以下の距離減衰式による地震動評価を行う。

Abrahamson et al.(2014), Boore et al.(2014), Campbell and Bozorgnia(2014), Chiou and Youngs(2014), Idriss(2014), Kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006)

■ 断層モデルを用いた手法による地震動評価

- 敷地において、要素地震として用いることができる適切な観測記録が得られていることから、「経験的グリーン関数法」による地震動評価を行う。
- 要素地震は、想定震源と同じタイプの震源メカニズムを有する地震を選定した。

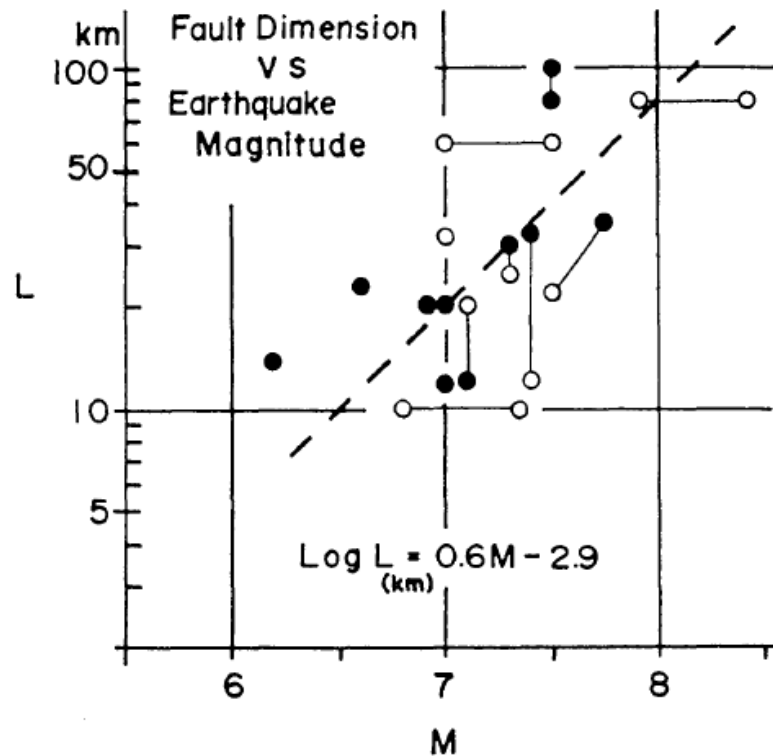
4.3 地震動評価手法(2/5)

応答スペクトルに基づく地震動評価(1/2)

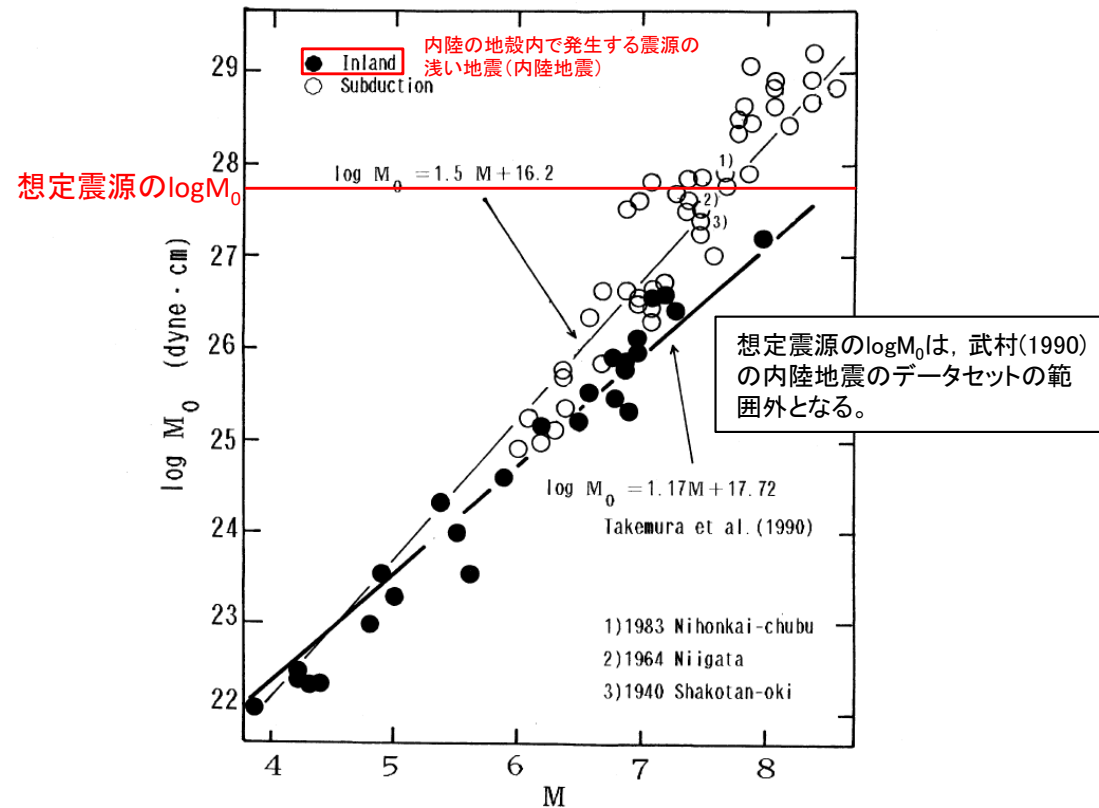
気象庁マグニチュードの評価における松田(1975), 武村(1990)の適用性

- 想定震源は、断層長さ137km, Mw7.8の長大断層であるため、松田(1975), 武村(1990)のデータセットの範囲外となり、適用対象外となることから、気象庁マグニチュードの評価が出来ない。
- そこで、気象庁マグニチュードによる評価ではなく、モーメントマグニチュードに基づき評価可能な距離減衰式を用いて、地震動評価を実施する。

想定震源の断層長さLは、137kmであるため、松田(1975)のデータセットの範囲外となる。



松田(1975)による気象庁マグニチュードと断層長さの関係
松田(1975)に加筆



武村(1990)による気象庁マグニチュードと地震モーメントの関係
武村(1990)に加筆

4.3 地震動評価手法(3/5)

応答スペクトルに基づく地震動評価(2/2)

モーメントマグニチュードに基づく距離減衰式の適用性の確認

- モーメントマグニチュードに基づく距離減衰式を用いるにあたり、その適用性を確認した。
- 応答スペクトルに基づく地震動評価は、以下の適用可能な距離減衰式を用いる。

Abrahamson et al.(2014), Boore et al.(2014), Campbell and Bozorgnia(2014), Chiou and Youngs(2014), Idriss(2014), Kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006)

奥尻海盆北東縁断層～奥尻海盆東縁断層～西津軽海盆東縁断層の連動を考慮した地震の地震規模，断層最短距離

ケース	地震規模	断層最短距離
基本ケース	Mw7.8	70km
断層傾斜角の不確かさケース	Mw7.9	58km

モーメントマグニチュードに基づく距離減衰式の適用性

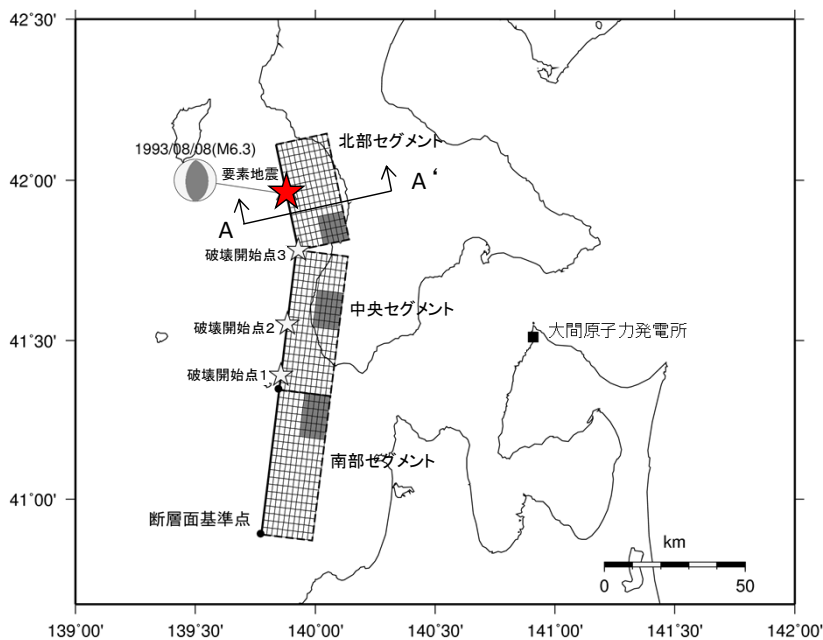
距離減衰式	Mwの範囲	距離の範囲	地盤条件・種別	適用性
大野ほか(2001)	Mw4.9～7.5	4～174km(等価震源距離) 0～174km(断層最短距離)	第三紀以前，更新世，完新世	×
内山・翠川(2006)	Mw5.5～8.3	300km以内	$150 \leq V_{S30} \leq 750\text{m/s}$	○
片岡ほか(2006)	内陸：Mw4.9～6.9	250km以内	I種地盤，II種地盤，III種地盤，工学的基盤	×
Zhao et al.(2006)	Mw5.0～8.3	0～300km	Soft soil～Hard rock	○
Kanno et al.(2006)	Mw5.5～8.2	1～500km	$100 \leq V_{S30} \leq 1400\text{m/s}$	○
Abrahamson et al.(2014)	Mw3.0～8.5	0～300km	$180 \leq V_{S30} \leq 1000\text{m/s}$	○
Boore et al.(2014)	Mw3.0～8.5(横ずれ断層・逆断層) Mw3.0～7.0(正断層)	0～400km	$150 \leq V_{S30} \leq 1500\text{m/s}$	○
Campbell and Bozorgnia(2014)	Mw3.3～8.5(横ずれ断層) Mw3.3～8.0(逆断層) Mw3.3～7.5(正断層)	0～300km	$150 \leq V_{S30} \leq 1500\text{m/s}$	○
Chiou and Youngs(2014)	Mw3.5～8.5(横ずれ断層) Mw3.5～8.0(正・逆断層)	0～300km	$180 \leq V_{S30} \leq 1500\text{m/s}$	○
Idriss(2014)	Mw5.0以上	150km以内	$450\text{m/s} \leq V_{S30}$	○

4.3 地震動評価手法(4/5)

断層モデルを用いた手法による地震動評価(1/2)

要素地震の諸元

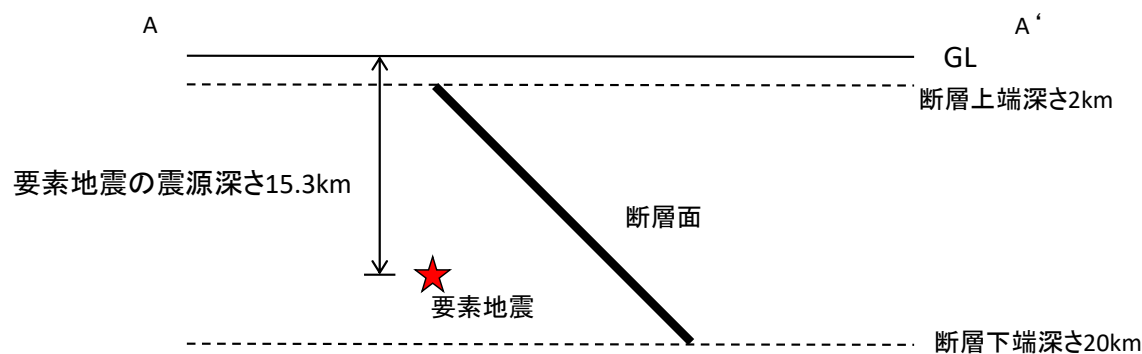
- 経験的グリーン関数法に用いる要素地震は、日本海東縁部で発生した地震のうち、発生位置、断層規模、及びメカニズム解を踏まえて、1993年8月8日の地震(M6.3)を選定した。
- なお、当該要素地震の震源は北部セグメント付近に位置しているが、敷地において中央セグメント及び南部セグメント付近に震源を持つ要素地震に適した観測記録^{※1}が得られていないことから、全てのセグメントで当該要素地震を用いる。



選定した要素地震の位置

選定した要素地震の諸元^{※2}

発震日時	北緯(°)		東経(°)		メカニズム解
1993.08.08 4:42	41.9525		139.8881		
	M	震源距離(km)	震源深さ(km)		
	6.3	99.3	15.3		
	走向(°)	傾斜角(°)	すべり角(°)		
	183	52	94		



A-A'断面模式図 要素地震と断層面の位置の関係

※1：想定した断層面付近で発生した、規模の差がM2程度以内の、地震のタイプ・メカニズムが想定地震と類似している地震の観測記録。

※2：北緯、東経、及び震源深さは、明田川ほか(1994)による。走向、傾斜角、すべり角、震源メカニズムはGlobal CMT Catalog、発震日時、Mは気象庁による。

4.3 地震動評価手法(5/5)

断層モデルを用いた手法による地震動評価(2/2)

要素地震の震源パラメータ評価

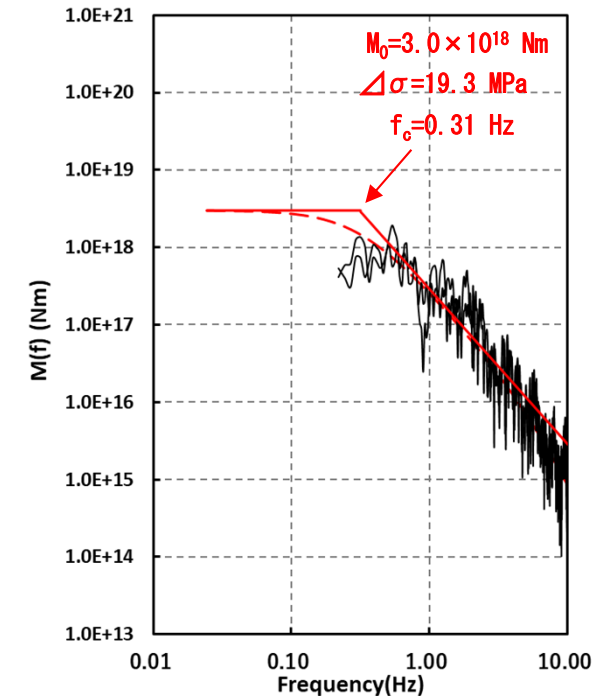
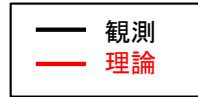
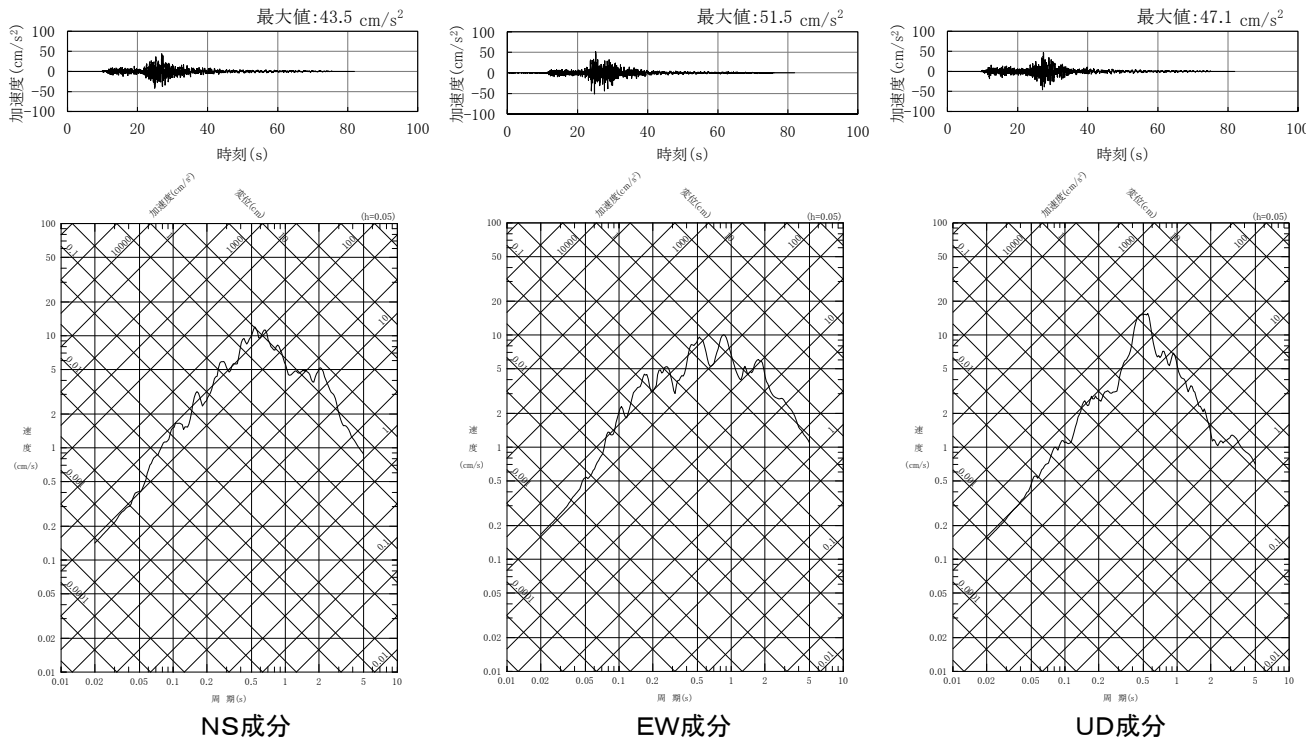
- 要素地震について、震源パラメータ及び ω^{-2} モデルによる理論震源スペクトルと観測記録の比較を示す。
- 震源パラメータに基づく ω^{-2} モデルによる理論震源スペクトルは、地震観測記録とよく整合する。

震源パラメータの評価結果

発震日時	震源パラメータ※2		
	地震モーメント※1(N・m)	コーナー周波数(Hz)	応力降下量(MPa)
1993.08.08 4:42	3.0×10^{18}	0.31	19.3

※1 : Global CMTカタログによる。

※2 : 要素地震のQ値補正には、Takehi and Irikura (1997)を踏まえ $Q(f)=100f^{1.0}$ を用いる。



要素地震の加速度時刻歴波形と応答スペクトル

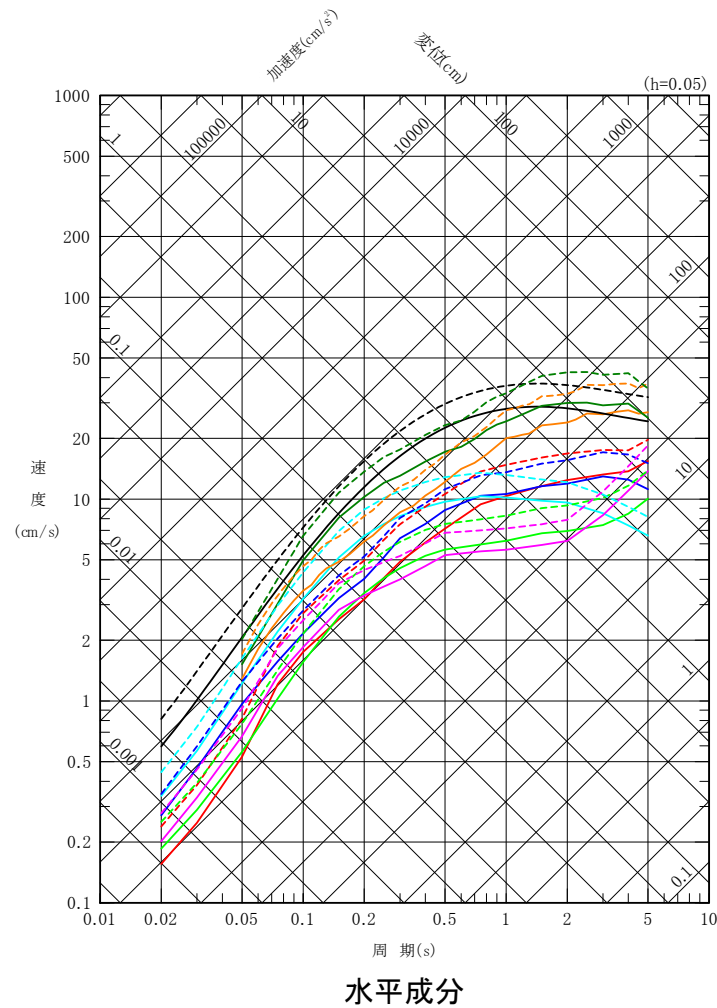
要素地震の理論震源スペクトルと観測記録の比較

4.4 地震動評価結果(1/8)



応答スペクトルに基づく地震動評価結果

- 応答スペクトルに基づく地震動評価結果を示す。
- 松田(1975), 武村(1990)のデータセットの範囲対象外となり, 適切にMを評価できないため, Mwで評価した以下の距離減衰式による地震動評価結果を示す。
Abrahamson et al.(2014), Boore et al.(2014), Campbell and Bozorgnia(2014), Chiou and Youngs(2014), Idriss(2014), Kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006)
- なお, 鉛直成分は, 上記の距離減衰式の適用対象外のため, 断層モデルによる評価を重視する。

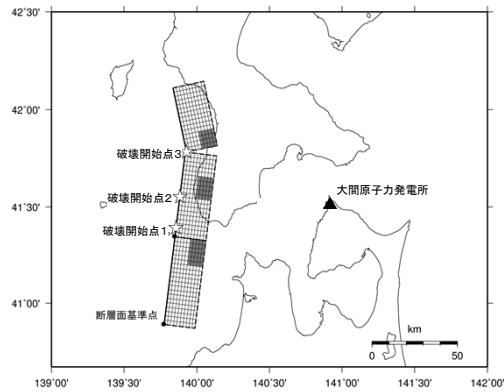


実線: 基本ケース(Mw7.8, 断層最短距離70km)
点線: 断層傾斜角の不確かさケース(Mw7.9, 断層最短距離58km)

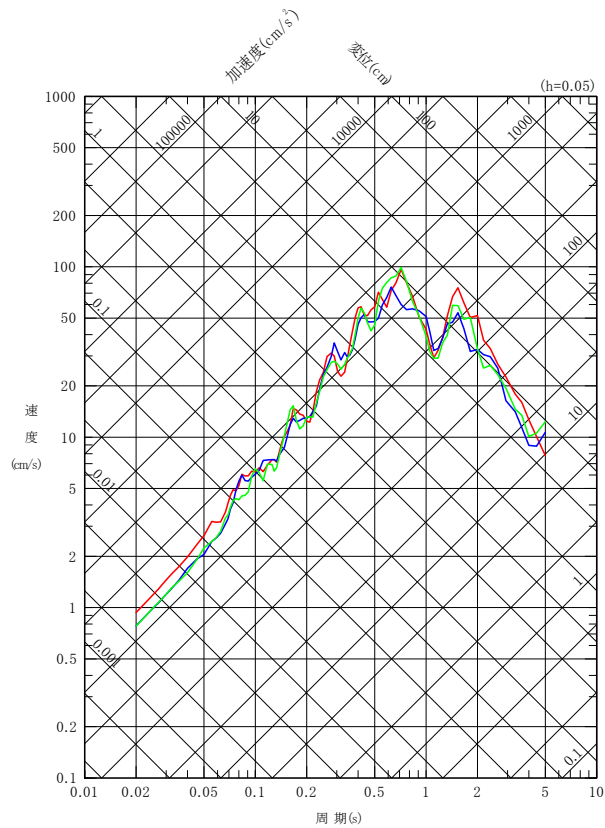
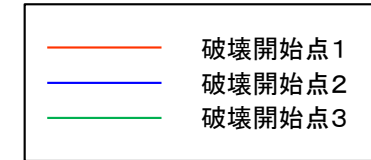
- Abrahamson et al.(2014)
- Boore et al.(2014)
- Campbell and Bozorgnia(2014)
- Chiou and Youngs(2014)
- Idriss(2014)
- Kanno et al.(2006)
- 内山・翠川(2006)
- Zhao et al.(2006)

4.4 地震動評価結果(2/8)

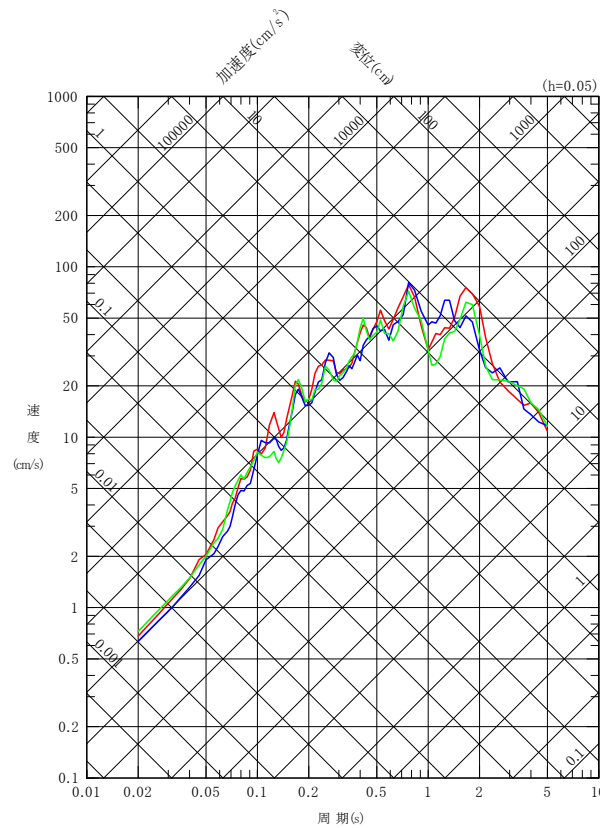
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【基本ケース 応答スペクトル】



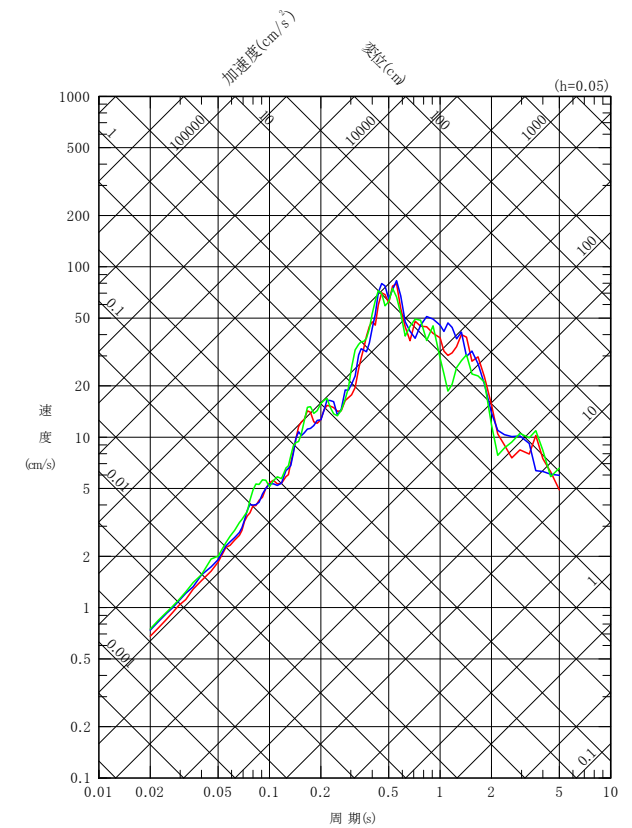
基本ケース



NS成分



EW成分



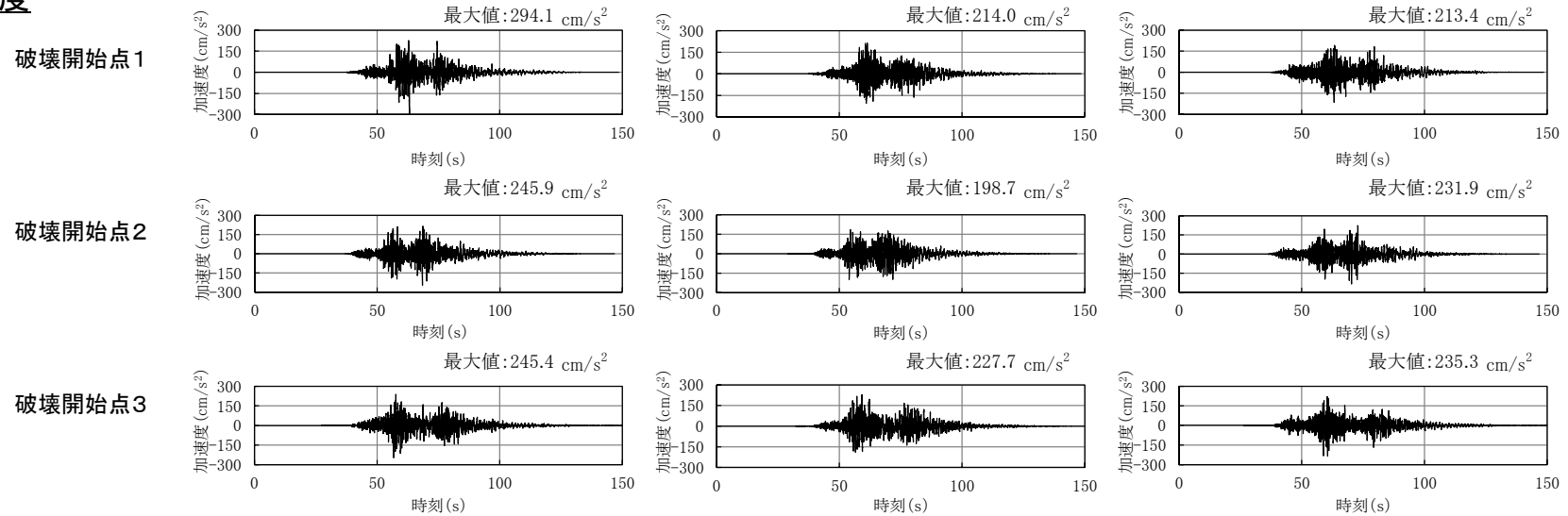
UD成分



4.4 地震動評価結果(3/8)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【基本ケース 時刻歴波形】

加速度

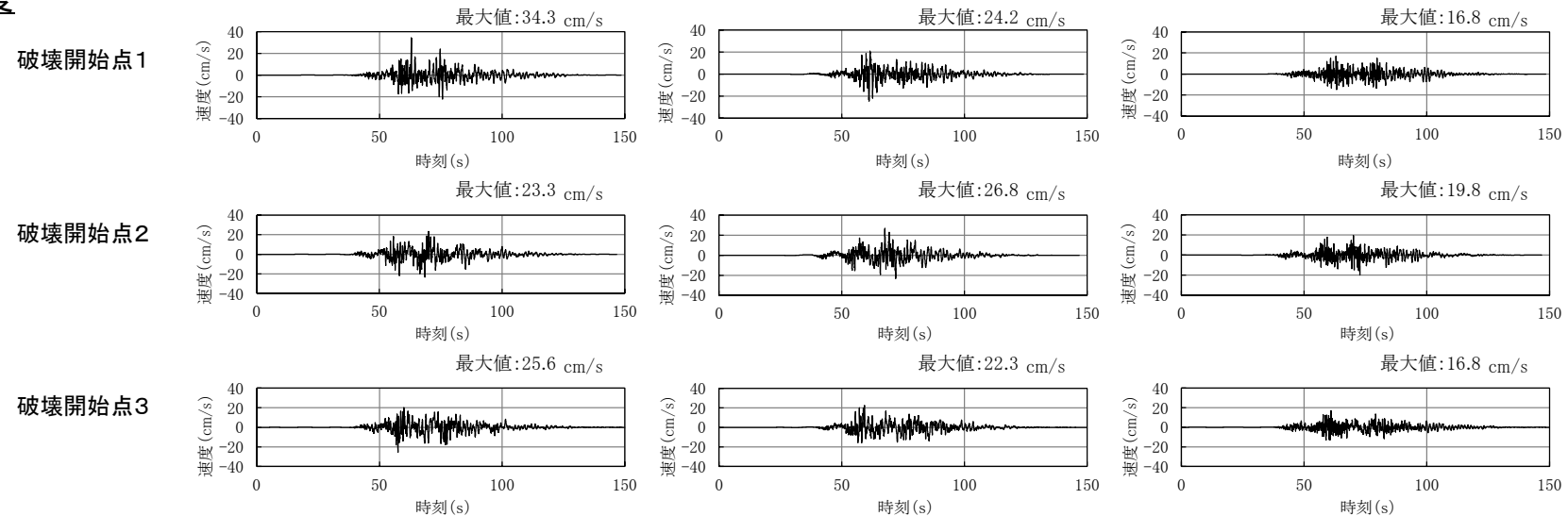


NS成分

EW成分

UD成分

速度



NS成分

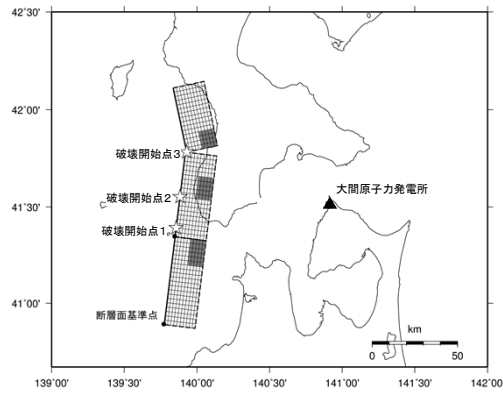
EW成分

UD成分

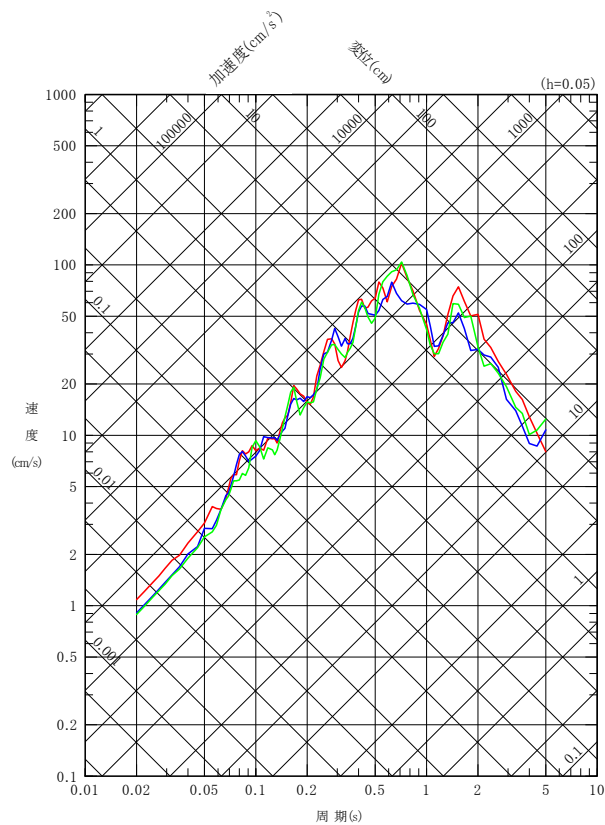
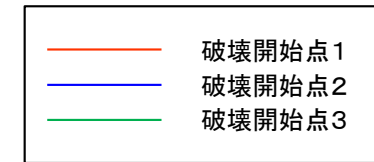
4.4 地震動評価結果(4/8)



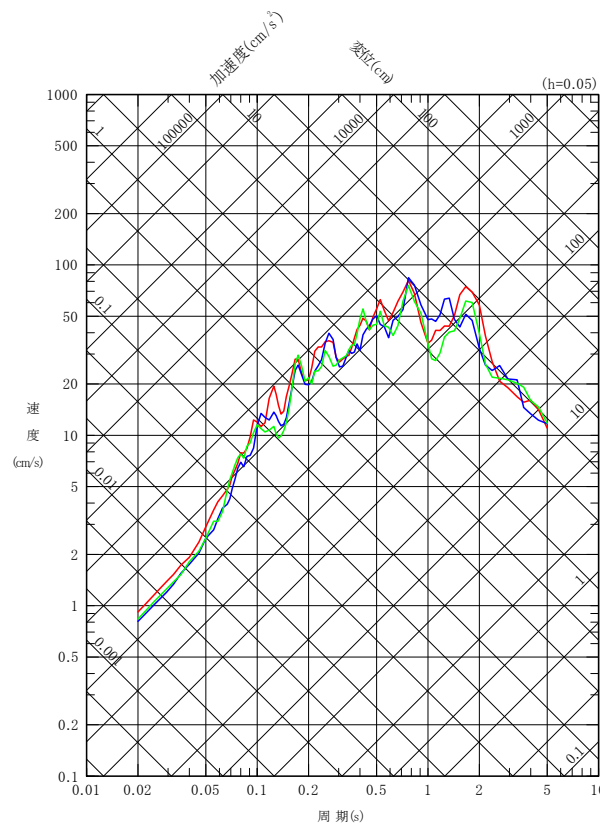
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【短周期レベルの不確かさケース 応答スペクトル】



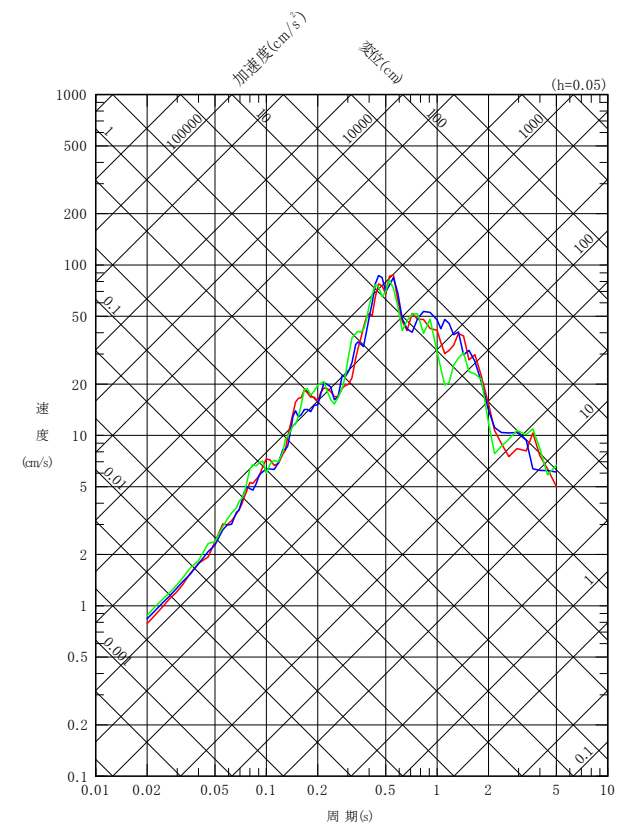
短周期レベルの不確かさケース



NS成分



EW成分



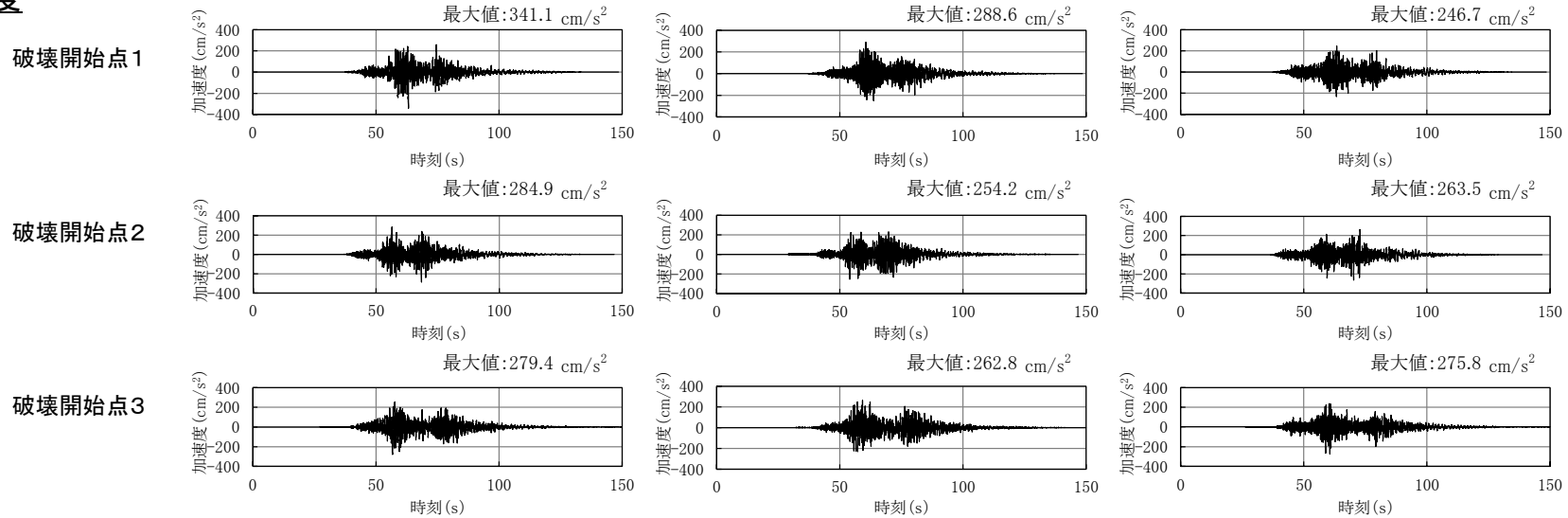
UD成分



4.4 地震動評価結果(5/8)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果【短周期レベルの不確かさケース 時刻歴波形】

加速度

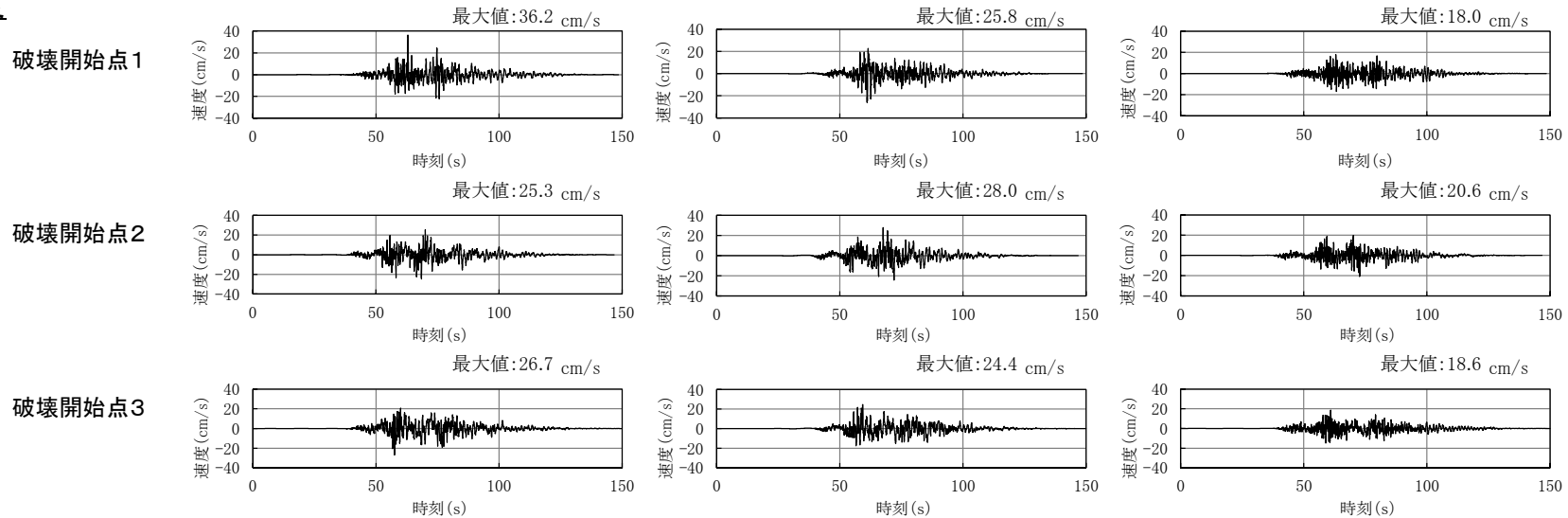


NS成分

EW成分

UD成分

速度



NS成分

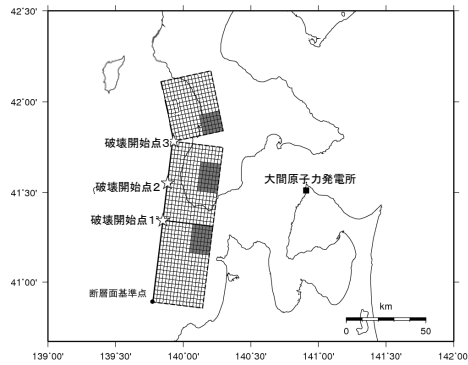
EW成分

UD成分

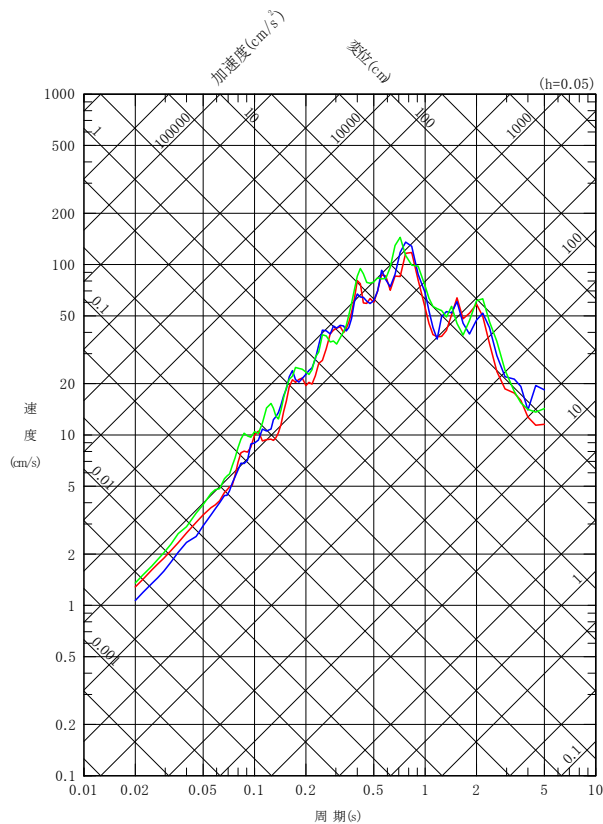
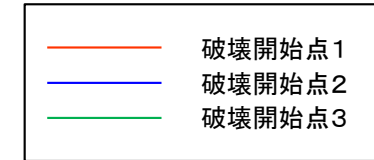
4.4 地震動評価結果(6/8)



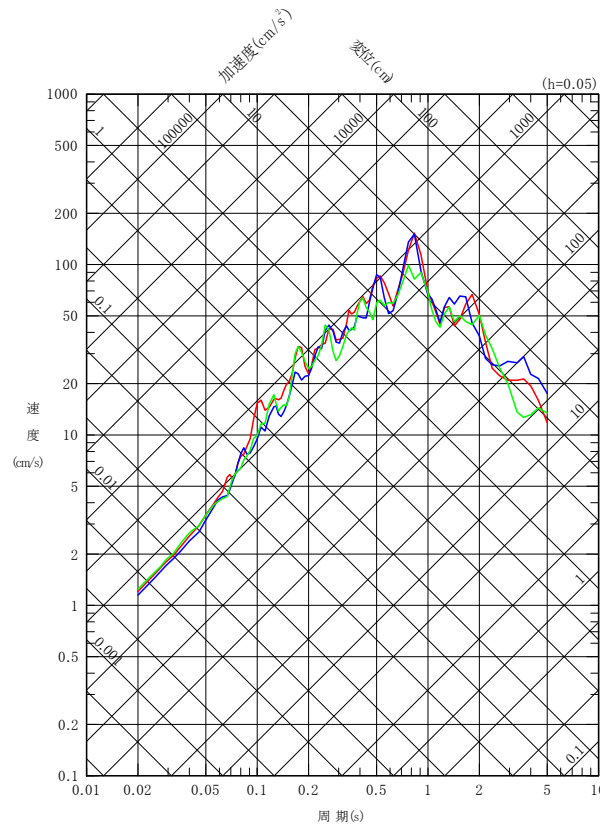
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 【断層傾斜角の不確かさケース 応答スペクトル】



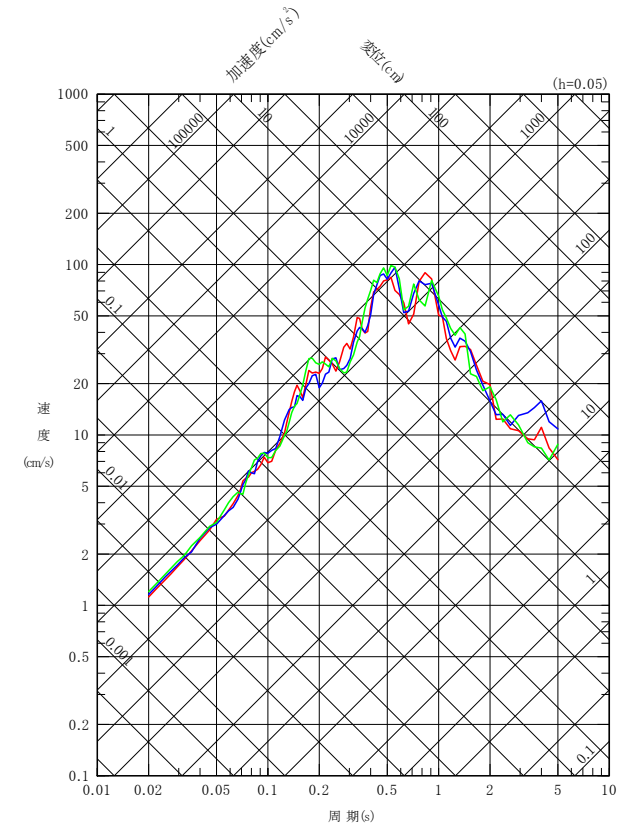
断層傾斜角の不確かさケース



NS成分



EW成分



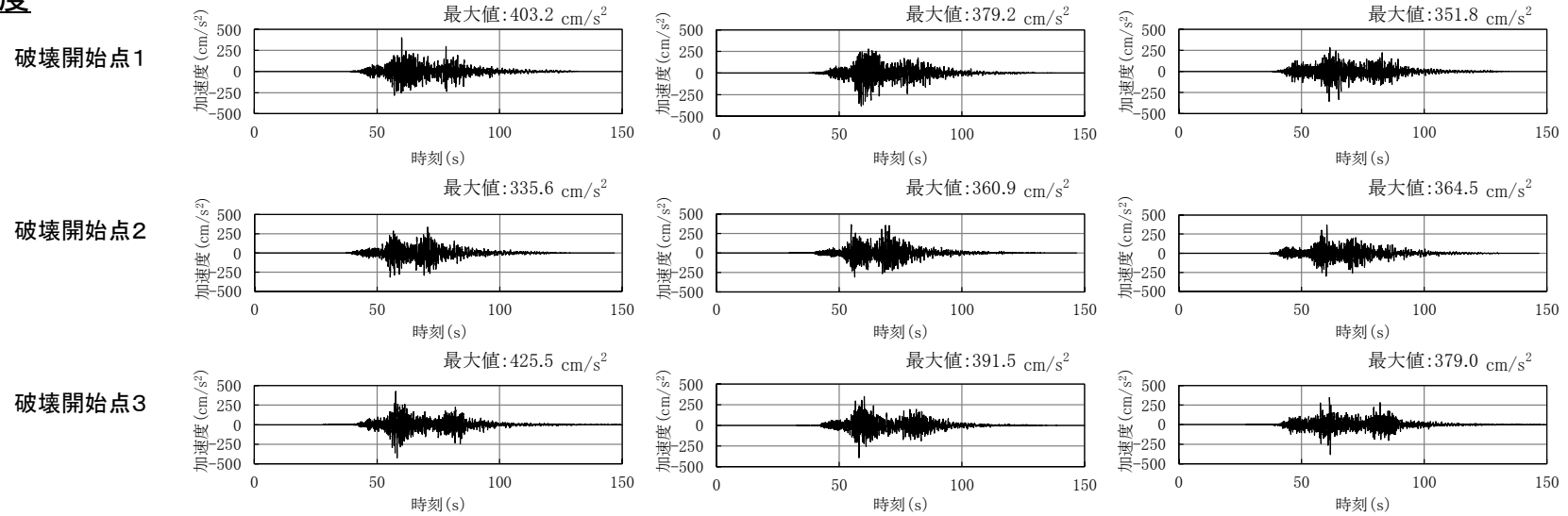
UD成分



4.4 地震動評価結果(7/8)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 【断層傾斜角の不確かさケース 時刻歴波形】

加速度

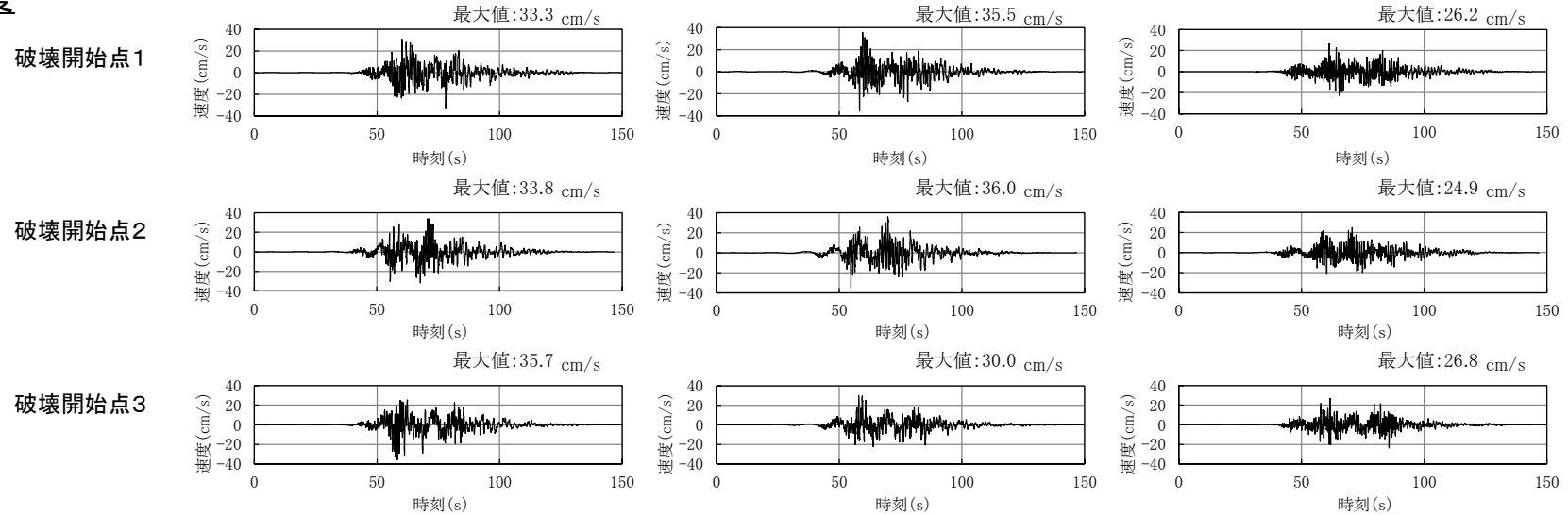


NS成分

EW成分

UD成分

速度



NS成分

EW成分

UD成分

4.4 地震動評価結果(8/8)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のまとめ

- 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を示す。

