

30 原機（再）054  
平成 30 年 11 月 9 日

原子力規制委員会 殿

住 所 茨城県那珂郡東海村大字舟石川 765 番地  
申 請 者 名 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
代表者の氏名 理 事 長 児 玉 敏 雄



国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所  
再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 50 条の 5 第 3 項に  
おいて準用する同法第 12 条の 6 第 3 項の規定に基づき、下記のとおり核燃料サ  
イクル工学研究所 再処理施設の廃止措置計画変更認可の申請をいたします。

記

一. 氏名又は名称及び住所並びに代表者の氏名

氏名又は名称 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
住 所 茨城県那珂郡東海村大字舟石川 765 番地 1  
代表者の氏名 理事長 児玉 敏雄

二. 工場又は事業所の名称及び所在地

名 称 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
核燃料サイクル工学研究所  
所 在 地 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 33

### 三. 変更に係る事項

平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画（以下「廃止措置計画」という。）に関し、次の事項の一部を別紙のとおり変更する。

- 六. 性能維持施設の位置，構造及び設備並びにその性能，その性能を維持すべき期間並びに再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則（平成二十五年原子力委員会規則第二十九号）第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容

### 四. 変更の理由

安全対策の検討に用いる基準地震動，基準津波，設計竜巻及び火山事象を定めるため。

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書

変更前後比較表

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 変更前後比較表

変更箇所を下線で示す。

<p style="text-align: center;">変 更 前</p> <p style="text-align: center;">平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受けた廃止措置計画</p>	<p style="text-align: center;">変 更 後</p>	<p style="text-align: center;">変更理由</p>
<p>六. 性能維持施設の位置, 構造及び設備並びにその性能, その性能を維持すべき期間並びに再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則 (平成二十五年原子力規制委員会規則第二十九号) 第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容</p> <p>1 性能維持施設の位置, 構造</p> <p>1.1 性能維持施設の位置, 構造</p> <p>(1) 省略</p> <p>(2) 性能維持施設の一般構造</p> <p>1) ~3) 省略</p> <p>4) 地震による損傷の防止</p> <p>①~③ 省略</p>	<p>六. 性能維持施設の位置, 構造及び設備並びにその性能, その性能を維持すべき期間並びに再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則 (平成二十五年原子力規制委員会規則第二十九号) 第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情がある場合はその内容</p> <p>1 性能維持施設の位置, 構造</p> <p>1.1 性能維持施設の位置, 構造</p> <p>(1) 変更なし</p> <p>(2) 性能維持施設の一般構造</p> <p>1) ~3) 変更なし</p> <p>4) 地震による損傷の防止</p> <p>①~③ 変更なし</p> <p><u>④ 基準地震動の策定に当たり実施する地質・地質構造評価については, 隣接する原子力科学研究所の JRR-3 原子炉施設での敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造評価を参照する。</u></p> <p><u>基準地震動の策定に当たり選定する敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震及び地震動については, JRR-3 原子炉施設における地震動評価のうち敷地周辺で想定される検討用地震を参照し, 以下に示す地震学的見地から想定することが適切な地震及び地震動を考慮している。</u></p> <p><u>「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>F 1 断層~北方陸域の断層~塩ノ平地震断層による地震</u></li> <li>・ <u>2011 年東北地方太平洋沖型地震</u></li> <li>・ <u>茨城県南部の地震</u></li> </ul> <p><u>「震源を特定せず策定する地震動」</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>加藤ほか (2004) による応答スペクトル</u></li> <li>・ <u>2004 年北海道留萌支庁南部の地震</u></li> </ul> <p><u>以上を踏まえ, 再処理施設における「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について, 不確かさを考慮した地震動評価を行い, 基準地震動 S<sub>s</sub> を策定した。</u></p> <p><u>地質・地質構造評価及び基準地震動の策定について別添 6-1-14 に示す。</u></p>	<p>○基準地震動を定めるため。</p>

変 更 前 平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受けた廃止措置計画	変 更 後	変更理由
<p>5) 津波による損傷の防止</p> <p>安全機能を有する施設は、隣接する原子力科学研究所の JRR-3 原子炉施設の津波に係る評価を踏まえて策定した基準津波(以下「基準津波」という。)により、その安全性が損なわれるおそれがないものとするよう検討する。また、基準津波(平成 29 年 9 月末までに策定済)については、本申請以降に廃止措置計画の変更申請を行う。</p> <p>高放射性廃液を内蔵する設備については、基準津波に対する防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>なお、暫定津波シミュレーションから高放射性廃液貯蔵場(HAW)の浸水深を東京湾平均海面(以下「T.P.」という。)+12.8 m と評価しており、高放射性廃液を内蔵する建家開口部に浸水防止扉を設置している T.P.+14.4 m を超えるものではない。また、基準津波の襲来により電源供給機能を維持できない場合でも、崩壊熱除去機能、水素掃気機能等の安全機能を維持できるよう可搬型発電機を T.P.+約 18 m の地点に配備している。さらに、漂流物等により敷地内のアクセス性が低下した場合に備え、漂流物撤去用の重機を配備している。現状の安全対策及び検討中の安全対策の例を別添 6-1-4 に示す。</p> <p>一方、高放射性廃液貯蔵場(HAW)に非常用電源を供給する第二中間開閉所及びガラス固化技術開発施設(TVF)開発棟に非常用電源を供給するガラス固化技術開発施設(TVF)管理棟については、T.P.+約 8 ～11 m までの浸水防止対策を実施しているものの、基準津波が襲来した場合に電源供給機能を維持できない可能性があり、基準地震動に対する耐震性も不足する見通しである。現状よりさらに高い位置まで浸水防止対策を実施するには、建家等の耐震補強が必要となるが、既存建家及び設備直下の大規模な補強工事は、困難な状況である。さらに、蒸気及び水を供給する既存の設備についても、基準地震動に対する耐震性が不足する見通しであることから、浸水防止対策を実施するには、建家等の耐震補強が必要となるが、既存建家及び設備直下の大規模な補強工事は、困難な状況である。このため、再処理維持基準規則を踏まえた安全対策を実施できないおそれがあることから、より難しい特別な事情を明確にした上で、可搬型設備等の代替策も視野に入れ、安全機能の維持や回復を検討する。その際、既に配備している可搬型設備の有効性を確認した上で、分散配置の仕方及び追加設備の必要性を検討し、その詳細について遅くとも平成 31 年度末までに定め、逐次廃止措置計画の変更申請を行う。</p> <p>その他の防護対象施設については、基準津波に対する防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p>	<p>5) 津波による損傷の防止</p> <p>① 安全機能を有する施設は、隣接する原子力科学研究所の JRR-3 原子炉施設の津波に係る評価を踏まえて策定した基準津波(以下「基準津波」という。)により、その安全性が損なわれるおそれがないものとするよう検討する。また、基準津波(平成 29 年 9 月末までに策定済)については、本申請以降に廃止措置計画の変更申請を行う。</p> <p>高放射性廃液を内蔵する設備については、基準津波に対する防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>なお、暫定津波シミュレーションから高放射性廃液貯蔵場(HAW)の浸水深を東京湾平均海面(以下「T.P.」という。)+12.8 m と評価しており、高放射性廃液を内蔵する建家開口部に浸水防止扉を設置している T.P.+14.4 m を超えるものではない。また、基準津波の襲来により電源供給機能を維持できない場合でも、崩壊熱除去機能、水素掃気機能等の安全機能を維持できるよう可搬型発電機を T.P.+約 18 m の地点に配備している。さらに、漂流物等により敷地内のアクセス性が低下した場合に備え、漂流物撤去用の重機を配備している。現状の安全対策及び検討中の安全対策の例を別添 6-1-4 に示す。</p> <p>一方、高放射性廃液貯蔵場(HAW)に非常用電源を供給する第二中間開閉所及びガラス固化技術開発施設(TVF)開発棟に非常用電源を供給するガラス固化技術開発施設(TVF)管理棟については、T.P.+約 8 ～11 m までの浸水防止対策を実施しているものの、基準津波が襲来した場合に電源供給機能を維持できない可能性があり、基準地震動に対する耐震性も不足する見通しである。現状よりさらに高い位置まで浸水防止対策を実施するには、建家等の耐震補強が必要となるが、既存建家及び設備直下の大規模な補強工事は、困難な状況である。さらに、蒸気及び水を供給する既存の設備についても、基準地震動に対する耐震性が不足する見通しであることから、浸水防止対策を実施するには、建家等の耐震補強が必要となるが、既存建家及び設備直下の大規模な補強工事は、困難な状況である。このため、再処理維持基準規則を踏まえた安全対策を実施できないおそれがあることから、より難しい特別な事情を明確にした上で、可搬型設備等の代替策も視野に入れ、安全機能の維持や回復を検討する。その際、既に配備している可搬型設備の有効性を確認した上で、分散配置の仕方及び追加設備の必要性を検討し、その詳細について遅くとも平成 31 年度末までに定め、逐次廃止措置計画の変更申請を行う。</p> <p>その他の防護対象施設については、基準津波に対する防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p>	<p>○記載の適正化</p>

<p style="text-align: center;">変 更 前</p> <p style="text-align: center;">平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受けた廃止措置計画</p>	<p style="text-align: center;">変 更 後</p>	<p style="text-align: center;">変更理由</p>
<p>6)外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>① 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>なお、自然現象の抽出は、国内外の文献等から再処理施設の立地及び周辺環境を踏まえて再処理施設の安全性に影響を与える可能性のある事象を選定する。</p> <p>(a) 竜巻</p> <p>「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成 26 年 9 月 17 日原規技発第 1409172 号原子力規制委員会決定）に基づき、再処理施設の敷地で想定される基準竜巻・設計竜巻及びそれらから導かれる設計荷重に対して、防護措置その他の適切な措置を行う。</p> <p>高放射性廃液を内蔵する設備については、<u>基準竜巻・設計竜巻を設定した上で</u>、防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>なお、竜巻発生時においても崩壊熱除去機能及び水素掃気機能を維持でき</p>	<p>② <u>基準津波の策定に当たり選定する敷地に最も影響を及ぼす波源については、隣接する原子力科学研究所の JRR-3 原子炉施設での津波評価を参照し、以下に示す地震学的見地から想定することが適切な波源を考慮している。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>2011 年東北地方太平洋沖型地震津波</u></li> <li>・<u>茨城県沖から房総沖に想定する津波</u></li> <li>・<u>海洋プレート内地震</u></li> <li>・<u>海域の活断層による地殻内地震</u></li> <li>・<u>陸上及び海底での地すべり並びに斜面崩壊</u></li> <li>・<u>火山現象</u></li> </ul> <p><u>以上を踏まえ、再処理施設に最も影響を与える津波波源を想定し、不確かさを考慮した津波評価を行い、基準津波を策定した。</u></p> <p><u>基準津波の策定について別添 6-1-15 に示す。</u></p> <p>6)外部からの衝撃による損傷の防止</p> <p>① 安全機能を有する施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）によりその安全性を損なうおそれがある場合において、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>なお、自然現象の抽出は、国内外の文献等から再処理施設の立地及び周辺環境を踏まえて再処理施設の安全性に影響を与える可能性のある事象を選定する。</p> <p>(a) 竜巻</p> <p>「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成 26 年 9 月 17 日原規技発第 1409172 号原子力規制委員会決定）に基づき、再処理施設の敷地で想定される基準竜巻・設計竜巻及びそれらから導かれる設計荷重に対して、防護措置その他の適切な措置を行う。</p> <p><u>竜巻に対する防護措置を行うための設計竜巻の最大風速は、100 m/s とした。設計竜巻の設定等について別添 6-1-16 に示す。</u></p> <p><u>設計荷重は設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が施設に衝突する際の衝撃荷重等を適切に組み合わせた荷重を設定する。設定する設計飛来物は鋼製材（長さ 4.2 m×幅 0.3 m×高さ 0.2 m、質量 135 kg、飛来時の水平速度 51 m/s、飛来時の鉛直速度 34 m/s）とし、設計飛来物より運動エネルギー又は貫通力が大きなものに対し、施設からの離隔又は固縛等の適切な措置を行うよう検討する。</u></p> <p>高放射性廃液を内蔵する設備については、<u>設定した設計竜巻を基に</u>、防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>なお、竜巻発生時においても崩壊熱除去機能及び水素掃気機能を維持でき</p>	<p>○基準津波を定めるため。</p> <p>○設計竜巻を定めるため。</p>

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 変更前後比較表

変更箇所を下線で示す。

変 更 前	変 更 後	変更理由
<p>平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受けた廃止措置計画</p> <p>るよう可搬型発電機及び可搬型給水設備を既往の許認可を受けた設備から離して配備している。現状の安全対策及び検討中の安全対策の例を別添 6-1-5 に示す。</p> <p>一方、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) 開発棟の屋上に設置している冷却設備については、設計飛来物により損傷する可能性があるが、竜巻防護対策 (防護ネット等の設置) を施し飛来物からの損傷を防ぐ場合、重量の増加により建家の耐震性が確保できない可能性がある。このため、再処理維持基準規則を踏まえた安全対策を実施できないおそれがあることから、より難い特別な事情を明確にした上で、可搬型設備等の代替策も視野に入れ、安全機能の維持や回復を検討する。その際、既に配備している可搬型設備の有効性を確認した上で、分散配置の仕方及び追加設備の必要性を検討し、その詳細について遅くとも平成 31 年度末までに定め、逐次廃止措置計画の変更申請を行う。</p> <p>その他の防護対象施設については、基準竜巻・設計竜巻に対して防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>(b) 森林火災 省略</p> <p>(c) 火 山 「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 13061910 号原子力規制委員会決定)に基づき影響を評価する。</p> <p>再処理施設への火山影響を評価するため、再処理施設に影響を及ぼし得る火山の抽出、設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価及び再処理施設の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の検討を行う。</p> <p>安全上重要な施設は、想定される火山事象が発生した場合においても安全機能を損なわないものとし、火山影響評価を踏まえて、防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>(d)～(e) 省略</p> <p>②～③ 省略</p> <p>7)～48) 省略</p>	<p>るよう可搬型発電機及び可搬型給水設備を既往の許認可を受けた設備から離して配備している。現状の安全対策及び検討中の安全対策の例を別添 6-1-5 に示す。</p> <p>一方、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 及びガラス固化技術開発施設 (TVF) 開発棟の屋上に設置している冷却設備については、設計飛来物により損傷する可能性があるが、竜巻防護対策 (防護ネット等の設置) を施し飛来物からの損傷を防ぐ場合、重量の増加により建家の耐震性が確保できない可能性がある。このため、再処理維持基準規則を踏まえた安全対策を実施できないおそれがあることから、より難い特別な事情を明確にした上で、可搬型設備等の代替策も視野に入れ、安全機能の維持や回復を検討する。その際、既に配備している可搬型設備の有効性を確認した上で、分散配置の仕方及び追加設備の必要性を検討し、その詳細について遅くとも平成 31 年度末までに定め、逐次廃止措置計画の変更申請を行う。</p> <p>その他の防護対象施設については、基準竜巻・設計竜巻に対して防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>(b) 森林火災 変更なし</p> <p>(c) 火 山 「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 13061910 号原子力規制委員会決定)に基づき影響を評価する。 <u>想定する火山事象について別添 6-1-17 に示す。</u></p> <p>再処理施設への火山影響を評価するため、再処理施設に影響を及ぼし得る火山事象として設定した層厚 50 cm、粒径 8.0 mm 以下、密度 0.3 g/cm<sup>3</sup> (乾燥状態)～1.5 g/cm<sup>3</sup> (湿潤状態) の降下火砕物に対し、<u>防護措置その他適切な措置を行うよう検討する。</u></p> <p>安全上重要な施設は、想定される火山事象が発生した場合においても安全機能を損なわないものとし、火山影響評価を踏まえて、防護措置その他の適切な措置を行うよう検討する。</p> <p>(d)～(e) 変更なし</p> <p>②～③ 変更なし</p> <p>7)～48) 変更なし</p>	<p>○想定する火山事象を定めるため。</p>

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 変更前後比較表

変更箇所を下線で示す。

<p style="text-align: center;">変 更 前</p> <p style="text-align: center;">平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受けた廃止措置計画</p>	<p style="text-align: center;">変 更 後</p>	<p style="text-align: center;">変更理由</p>
<p>2 性能維持施設の設備, その性能, その性能を維持すべき期間</p> <p style="padding-left: 40px;">省略</p> <p>3 再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情</p> <p style="padding-left: 40px;">省略</p> <p>表 6-1 省略</p> <p>表 6-2 省略</p> <p>別添 6-1-1~6-1-13 省略</p>	<p>2 性能維持施設の設備, その性能, その性能を維持すべき期間</p> <p style="padding-left: 40px;">変更なし</p> <p>3 再処理施設の性能に係る技術基準に関する規則第二章及び第三章に定めるところにより難い特別の事情</p> <p style="padding-left: 40px;">変更なし</p> <p>表 6-1 変更なし</p> <p>表 6-2 変更なし</p> <p>別添 6-1-1~6-1-13 変更なし</p> <p>別添 16-1-14 地質・地質構造評価及び基準地震動の策定</p> <p>別添 16-1-15 基準津波の策定</p> <p>別添 16-1-16 基準竜巻及び設計竜巻の設定</p> <p>別添 16-1-17 火山影響評価</p>	<p>○基準地震動を定めるため。(新規作成)</p> <p>○基準津波を定めるため。(新規作成)</p> <p>○設計竜巻を定めるため。(新規作成)</p> <p>○想定する火山事象を定めるため。(新規作成)</p>

## 地質・地質構造評価及び基準地震動の策定

## 1. 地質・地質構造評価

## 1.1 概要

地質・地質構造評価に当たっては、陸域及び海域について、敷地からの距離に応じ、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を実施し、地質・地質構造を把握するとともに震源として考慮する断層を評価している。

敷地は、原子力科学研究所（JRR-3）の約2 km南方に位置しており、敷地周辺及び近傍の地質・地質構造評価は同様である。原子力科学研究所（JRR-3）の地質・地質構造評価は、新規制基準適合性確認の審査が実施されており、最新の知見を踏まえた地質・地質構造評価がなされていることから、敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造評価は、原子力科学研究所（JRR-3）の評価を参照することとする。

敷地については、敷地の地質・地質構造を把握するため、敷地全域について、文献調査、変動地形学的調査、地球物理学的調査及び地表地質調査を行うとともに、ボーリング調査等を実施した。

## 1.2 敷地周辺の地質・地質構造

## 1.2.1 調査内容

敷地周辺の地質・地質構造を把握するため、陸域については、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を実施した。

また、海域については、文献調査のほか、海上音波探査及び他機関が実施した周辺海域の海上音波探査の記録解析を実施した。

## 1.2.2 調査結果

敷地周辺陸域の地形及び地質・地質構造は、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の結果によると以下

のとおりである。

#### 1.2.2.1 敷地周辺陸域の地形

敷地周辺陸域の地形図を図1-1に示す。

敷地周辺陸域は、茨城県の中央から北部に位置し、東側は太平洋に面している。敷地周辺陸域の地形は、八溝山地、久慈山地、多賀山地及び那珂台地周辺部に大別される。

敷地は、那珂台地の東部に位置する。

#### 1.2.2.2 敷地周辺陸域の地質

敷地周辺陸域の地質層序表、敷地周辺陸域の地質図を図1-2に示す。これによると、八溝山地には、北部に、主に先新第三系の砂岩、頁岩、チャート等からなる堆積岩類が分布し、南部には主に新第三系の砂岩、泥岩及び礫岩からなる堆積岩類並びに火山碎屑岩類が分布する。久慈山地には、主に新第三系の砂岩、泥岩及び礫岩からなる堆積岩類、火山岩類及び火山碎屑岩類が分布する。多賀山地には、先新第三系の主に粘板岩～砂岩及び片岩～片麻岩類からなる堆積岩～変成岩類並びに花崗岩類等からなる深成岩類が分布する。また、多賀山地東方の常磐海岸台地の北部には、主に古第三系、新第三系の砂岩、泥岩、礫岩等からなる堆積岩類が分布する。那珂台地周辺部の丘陵地及び台地には、主に第四系更新統が広く分布し、那珂台地縁辺部には新第三系の泥岩等からなる堆積岩類が分布する。低地には完新統の沖積層が、海岸部には砂丘砂層が分布する。なお、ひたちなか市磯崎町から東茨城郡大洗町にかけての海岸部には、先新第三系の砂岩、泥岩、礫岩等からなる堆積岩類が小規模に分布する。

#### 1.2.2.3 敷地周辺陸域の地質構造

##### (1) 概要

敷地周辺陸域の地質構造は、主に北部の山地からなる地域と、主に南部の台地及び低地からなる地域で異なった特徴を呈する。

北部における地質構造としては、久慈山地東部に阿武隈花崗岩類のカタクレーサイトからなるNNW-SSE方向に連続する幅4 km～5 kmの棚倉破砕帯がある。同破砕帯の東側の多賀山地には阿武隈花崗岩類及び変成岩類が広く分布し、さらに、その東側の常磐海岸台地には、それらを不整合に覆って古第三系漸新統及び新第三系中新統が東に緩く傾斜して分布している。また、棚倉破砕帯内部には、カタクレーサイトを不整合に覆う新第三系中新統の金砂郷層群（大槻（1975）<sup>(1)</sup>の北田気層<sup>きたたげ</sup>、浅川層、男体山火山角礫岩<sup>にしぞめ</sup>、西染層<sup>おおかど</sup>、大門層<sup>ずいりゅう</sup>、瑞龍層<sup>げんじがわ</sup>、源氏川層等に相当し、これらの地層を一括して「金砂郷層群」と仮称する。）及び東金砂山層が傾斜して分布し、同破砕帯の西側には、金砂郷層群が東に傾斜して分布している。これらの地層は、棚倉破砕帯西縁断層及び周囲に分布する断層並びに久慈川流域に分布するNNW-SSE方向及びNE-SW～E-W方向の断層で切断されている。

八溝山地には、新第三系に不整合で覆われる主にジュラ系の八溝層群が分布し、西又は北西に傾斜しており、数本の短い断層が分布している。

また、棚倉破砕帯の南部の久慈川下流部及び常磐海岸台地付近には、新第三系中新統を不整合に覆う新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層が、ほぼ水平に分布している。

南部における地質構造としては、台地及び低地に、主に第四系が広く分布する。

重力異常に関しては、大局的な地下深部構造を把握することを目的として、地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」（2013）<sup>(2)</sup>等を参考に重力異常図を作成した。敷地周辺の重力異常図を図1-3に示す。

敷地北方の多賀山地南西縁付近に認められる重力の急勾配構造については、坂本ほか（1972）<sup>(3)</sup>によれば、那珂市菅谷付近に低重力域の中心があり、東から西へ重力値が小さくなる。このことは、おそらく海岸沿いでは、多賀層の下位に先第三系の基盤が直接接して

おり，それより西方の内陸部では，多賀層の下位に新第三系が厚く発達していることを示すものであるとしている。また，吉岡ほか（2001）<sup>(4)</sup>及び長谷川（1988）<sup>(5)</sup>によれば，高重力異常域は高密度の古生層基盤岩の分布に一致し，急勾配構造は，棚倉構造線の南方端に対応するとしている。

これらの重力異常域と地下深部構造の関係を把握することを目的として，反射法地震探査等を実施した。反射法地震探査の測線位置図及び解釈図を図1-4に示す。これによると，多賀山地付近の高重力異常から那珂台地付近の低重力異常に向かって，先新第三系の基盤上面が深くなっており，基盤上面と重力異常が調和的であることが認められる。また，久慈川以北で地表に露出する棚倉破碎帯の南方延長に相当する地質構造がLine-1及びLine-2で認められ，重力異常は先新第三系の上面の高度分布を反映したものと判断される。また，Line-Aでは高重力異常から低重力異常に向かって先新第三系の上面が深くなっており，重力異常と調和的である。また，約5 km以浅の重力異常分布の高重力異常域及び低重力異常域の分布の傾向は，重力異常分布とほぼ同じであることから，重力異常分布には沈み込み帯の影響はほとんどなく，沈み込み帯等の影響除去前の重力異常分布とほぼ同じであり，反射法地震探査記録から判読した地下構造と調和的であると考えられる。

微小地震に関しては，気象庁地震カタログ<sup>(6)</sup>に基づき，微小地震分布図を作成した。2011年3月以降は，敷地北方の福島県と茨城県の県境付近及び敷地東方の海域と銚子沖付近で地震が集中して発生している。震源深さの分布によると，深さ10 km程度において内陸地殻内地震が，深さ80 km程度以浅では，太平洋プレートの二重深発地震面がみられる。同様に中小地震も2011年3月以降，敷地北方の福島県と茨城県の県境付近及び敷地東方の海域で，地震が集中して発生している（図1-5）。

a. 棚倉破碎帯付近の地震活動について

棚倉破碎帯の東側の地域（福島県浜通りから茨城県北部）では，

2011年東北地方太平洋沖地震発生以降，正断層型の内陸地殻内地震が多発しているが，棚倉破砕帯の地表断層位置と震央位置が離れており，棚倉破砕帯の走向とメカニズム解も調和的でないことより，棚倉破砕帯に関連する地震活動ではないものと考えられる。さらに，棚倉破砕帯の北方及び南方についても，地震が集中しているような状況は見られない。

#### b. 海域断層（F8断層等）付近の地震活動について

敷地東側の海域では，2011年東北地方太平洋沖地震発生以降，内陸地殻内地震が多発しF16断層，F8断層及びA-1背斜の近傍で地震の発生が見られる。

### (2) 敷地周辺陸域の断層及びリニアメント

敷地周辺陸域には，活断層研究会編（1991）<sup>(7)</sup>，今泉ほか編（2018）<sup>(8)</sup>，地震調査委員会（2015）<sup>(9)</sup>等により活断層，推定活断層等が記載されている（図1-6）。

敷地周辺陸域について，社団法人土木学会原子力土木委員会（1999）<sup>(10)</sup>，井上ほか（2002）<sup>(11)</sup>等を参考にするとともに，敷地周辺の地域特性を考慮して空中写真判読の基準を作成し，変動地形学的調査を実施した。敷地周辺陸域の変動地形学的調査結果を図1-7に，敷地周辺陸域の断層評価結果を図1-8に示す。

#### 1.2.2.4 敷地前面海域の地形

敷地前面海域の海底地形図を図1-9に示す。

敷地前面海域の海底地形は，水深約130 m～約150 m付近の傾斜変換部を境にして，沿岸側の大陸棚とその沖合側の大陸斜面とに区分される。

大陸棚は，海岸から沖合方向に5/1,000程度の勾配で傾斜し，水深約200 m～約300 m付近に谷頭を有する数条の海底谷が認められるが，全体的には起伏に乏しい単調な海底地形を示している。

#### 1.2.2.5 敷地前面海域の地質

敷地前面海域の地質は，上位からA層，B層，C層，D層及びE層の5層に区分される。海上音波探査測線図を図1-10に，海底地質図を図1-11に示す。

B層は，沿岸部の一部を除き広く分布しており，A層に覆われている範囲を除いては，海底面に広く露出している。本層は，沖合に向かって傾斜するプログラデーションパターン又は緩傾斜の平行層理パターンを示す。また，層内の軽微な不整合によりB<sub>1</sub>層，B<sub>2</sub>層及びB<sub>3</sub>層に細区分される。本層は，未固結から半固結の砂，シルト及びそれらの互層からなると推定され，層厚は大陸棚中央部から大陸棚外縁付近にかけて約400 m～約700 mであり，下位層を不整合に覆っている。

C層は，北部及び那珂湊付近の沿岸部を除き広く分布しており，沖合では上位層に覆われている。本層は，比較的連続性のよい平行層理パターンを示す。また，層内の軽微な不整合により上位からC<sub>1</sub>層及びC<sub>2</sub>層に細区分される。本層は，砂岩，泥岩及びそれらの互層からなると推定される。層厚は約150 m～約500 mであり，下位層を不整合に覆っている。

D層は，那珂湊付近の沿岸部の一部を除き広く分布しており，北部の沿岸部を除きほとんどが上位層に覆われている。本層は，全般に平行層理パターンを示す。また，層内の不整合により上位からD<sub>1</sub>層，D<sub>2</sub>層及びD<sub>3</sub>層に細区分される。本層は，砂岩，泥岩及びそれらの互層からなると推定される。層厚は敷地東方で最大約2,000 mであり，下位層を不整合に覆っている。

E層は，音響基盤で，調査海域の最下位層であり全域に分布し，大部分を上位層に覆われているが，磯崎町及び大洗町付近では海底面に露出する。本層は，無層理状パターン又は断片的な層理状パターンを示し，砂岩，泥岩，変成岩類，花崗岩類等からなると推定される。

海上音波探査記録から区分した各層は，陸域の地質との連続性，

敷地前面海域南部に位置する海上ボーリング「鹿島沖SK-1」（石油資源開発株式会社が実施）の試料を用いた米谷ほか（1981）<sup>(12)</sup>及び高柳（1984）<sup>(13)</sup>，同東部に位置する海上ボーリング「常陸沖-1」（帝国石油株式会社（現 国際石油開発帝石株式会社）ほか）が実施）の試料を用いた亀尾・佐藤ほか（1999）<sup>(14)</sup>，奥田（1986）<sup>(15)</sup>等の結果から，A層は完新統に，B層は更新統に，C層は鮮新統～下部更新統に，D層は古第三系～中新統に，E層は先古第三系～古第三系にそれぞれ対比される。なお，高柳（1984）によれば，「鹿島沖SK-1」の深度160 m（B<sub>1</sub>層とB<sub>2</sub>層との境界付近に相当），280 m（B<sub>2</sub>層中部に相当）及び380 m（B<sub>2</sub>層最下部に相当）の各層準の地質年代は，それぞれ約13万年前，約27万年前及び約46万年前であるとされている。

#### 1.2.2.6 敷地前面海域の地質構造

##### (1) 海域の地質構造の概要

敷地前面海域において，E層及びD層の上面は，緩やかな起伏を伴いながら東方に傾斜し，沖合には盆状構造が認められる。両層内の一部には緩やかな褶曲構造が認められるほか，日立市沿岸部及び大洗町沿岸部には，沖側に張り出す高まりが認められる。C層はD層を覆うように堆積し，北部から中部の沿岸部では沖合に向かい緩く傾斜しており，南部の沿岸部ではやや急傾斜となっている。沖合部ではほぼ水平に堆積しており，その上面は緩やかな起伏を伴っている。なお，E層及びD層で認められた沿岸部の高まりはC層上面では不明瞭となる。B層は，大陸棚上では沖合に向かって傾斜するプログラデーション構造が認められる。さらに，最上位のA層は，海底面にほぼ平行に堆積している。

##### (2) 敷地前面海域の断層及び褶曲構造

敷地前面海域の文献調査結果では，主な断層として，棚橋ほか（2001）<sup>(16)</sup>により1条の断層が，奥田（1986）により3条の伏在断層が記載されている。これらは，川尻崎東方沖約22 km，敷地東方沖約

32 km, ひたちなか市那珂湊東方沖約36 km及び約44 kmに位置し, 長さはそれぞれ約5 km, 約4 km, 約9 km及び約4 kmである。北東に分布する棚橋ほか(2001)による断層は, NW-SE走向, 南西側落下の断層であり, 奥田(1986)による断層は, いずれもN-S走向, 相対的落下側は東の断層で, いずれも最新活動時期については記載されていない。敷地前面海域の海上音波探査結果から, これらの断層分布域には, 海底面付近にB<sub>2</sub>層及びB<sub>1</sub>層が分布しており, 少なくともB<sub>1</sub>層に断層による変位・変形は認められない。このことから, いずれの断層も少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。なお, 文献調査によれば, 敷地前面海域以遠には前述の断層以外にもいくつかの断層が記載されているが, 断層の長さや敷地からの距離を考慮すると, これらの断層が敷地に与える影響は小さいものと判断される。

一方, 敷地前面海域の海上音波探査の結果から, 連続性のある断層としてF1断層からF26断層が, 背斜構造としてA-1背斜からA-4背斜が認められる。敷地前面海域の断層評価結果を図1-12に示す。

#### 1.2.2.7 震源として考慮する断層の同時活動

震源として考慮する断層の分布図を図1-13に示す。震源として考慮する断層のうち, 次の断層については同時活動を考慮するものとする。

##### (1) 棚倉破砕帯西縁断層(の一部)～棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層の同時活動

棚倉破砕帯西縁断層(の一部)と棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層については, これらの性状や位置関係等から同時活動を考慮することとし, その長さを約42 kmとする。

##### (2) F3断層～F4断層の同時活動

F3断層の北中部及びF4b-1南部については, 断層の走向, 地層の落下方向及び地層の累積変位量が類似し, 隣接することから, その長さを約16 kmとする。

### (3) F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層の同時活動

F1断層の北方陸域においては、後期更新世以降の活動が否定できない北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層（栗田ほか（2011）<sup>(17)</sup>及び丸山ほか（2014）<sup>(18)</sup>等）が分布する。これらは後期更新世以降に同時活動した事実はなく、塩ノ平地震断層自体の今後50年間における地震発生確率はほぼ0%であり、塩ノ平地震断層とF1断層及び北方陸域の断層が今後50年間で同時活動する場合の地震発生確率は更に小さいと評価される。しかしながら、断層の走向・傾斜の類似性等も勘案し、これらの断層の同時活動を考慮することとし、その長さを約58 kmとする。（図1-14）

## 1.3 敷地近傍の地質・地質構造

### 1.3.1 調査内容

敷地近傍の地質・地質構造を把握するため、敷地周辺の調査結果を踏まえ、敷地を中心とする半径約5 kmの範囲において実施した文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査、海上音波探査等は以下のとおりである。

### 1.3.2 調査結果

#### 1.3.2.1 敷地近傍の地形

敷地近傍陸域の地形図を図1-15に示す。

敷地近傍陸域の地形は、台地、低地及び海岸砂丘から成り、敷地は新川河口右岸付近の低地及び台地に位置している。

台地は、標高約35 m～約20 mで、東側に徐々に高度を減じている。

低地は、北部の久慈川沿いや新川に沿ってまとまって分布する。

海岸砂丘は、敷地を含む海岸部に分布する。

敷地近傍海域の地形は、所々に緩い起伏及び人工改変が認められるが、全体的には水深30 m未満で、海岸線と平行に沖合に向かって緩やかな傾斜を示している。

#### 1.3.2.2 敷地近傍の地質

敷地近傍陸域の地質層序、敷地近傍の地質図を図1-16に、地質

断面図を図1-17に示す。

敷地近傍陸域には、下位より新第三系中新統の多賀層群、新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層、第四系更新統の東茨城層群（坂本ほか（1981）<sup>(19)</sup>による石崎層、<sup>かさがみ</sup>笠神層、見和層下部及び見和層中部に、大井・横山（2011）<sup>(20)</sup>による藪層、<sup>かみいづみ</sup>上泉層、<sup>きよかわ</sup>清川層、横田層及び木下層の<sup>ほんじやく</sup>剣尺部層に、山元（2013）<sup>(21)</sup>による笠神層及び夏海層に相当する地層を一括して「東茨城層群」と仮称する。）及び段丘堆積物並びに第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層が分布している。新第三系は第四系に広く覆われ、台地の縁辺部に露頭が認められる。

敷地近傍海域には、敷地前面海域で区分されたA層からE層のうち、A層、B層、C層及びD層が分布する。

### 1.3.2.3 敷地近傍の地質構造

#### (1) 敷地近傍の断層及びリニアメント

敷地近傍では、文献に断層及びリニアメントは記載されていない。

敷地近傍陸域の変動地形学的調査結果を図1-15に示す。敷地近傍陸域においては、変動地形学的調査の結果、リニアメントは判読されない。また、地表地質調査等の結果、久米層、東茨城層群及び段丘堆積物はほぼ水平に分布しており、震源として考慮する活断層は認められない。

## 1.4 敷地の地質・地質構造

### 1.4.1 調査内容

敷地の地質・地質構造を把握するため、敷地近傍の調査結果を踏まえ、敷地について実施した文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、ボーリング調査等は以下のとおりである。

### 1.4.2 調査結果

敷地の地質・地質構造を把握するため、詳細な地表地質調査を

実施した。また文献調査，変動地形学的調査，ボーリング調査等の調査結果と併せて，原縮尺5千分の1の地質図を作成し，敷地の地質・地質構造の検討を行った。

#### 1.4.2.1 敷地の地形

敷地の地形図を図1-18に示す。

敷地は，那珂台地の東縁に位置し，東側の一部は太平洋に面している。

敷地は，標高約30 mの台地及び標高約6 mの沖積低地からなり，一部は砂丘に覆われている。台地は敷地近傍陸域のM1面に相当し，敷地の南部に分布し，一部は造成に伴う人工改変を受けている。低地は新川の河川沿いに分布している。

変動地形学的調査結果によると，敷地には地すべり地形及びリニアメントは認められない（図1-18）。

#### 1.4.2.2 敷地の地質

敷地の地質層序，敷地の地質図を図1-19に示す。

敷地の地質は，新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層，第四系更新統のM1段丘堆積物及び完新統の沖積層，砂丘砂層等からなる。

##### (1) 久米層

久米層は，T.P.約0 m以深からボーリング調査下端のT.P.約-344 mまで分布することが確認されている。本層は，主に砂質泥岩からなり，軽石質凝灰岩及び細粒凝灰岩の薄層を挟む。

本層の地質年代は，実施した珪藻及び石灰質ナノ化石分析結果によれば，下部鮮新統の上部～下部更新統である。

##### (2) 東茨城層群

東茨城層群は，主に砂，礫及びシルトからなり，層厚は最大約8 mである。本層群は，M1段丘堆積物に不整合に覆われていることか

ら，中部更新統と判断される。

### (3) M1段丘堆積物

M1段丘堆積物は，敷地の南部にM1面を形成して分布する。本堆積物は，主に砂からなり，礫及びシルトの薄層を伴う。層厚は最大約20 mである。

### (4) 沖積層

沖積層は，敷地の低地部に分布し，主に礫，砂及びシルトからなる。敷地北部の埋没谷では，層厚は最大約60 mである。

### (5) 砂丘砂層

砂丘砂層は，主に敷地の北部に広く分布する。本層は，細粒砂から中粒砂よりなる。層厚は最大約8 mである。

### (6) 盛土・埋土

盛土・埋土は，主に敷地東方の人工改変地及び再処理施設設置位置付近に分布する。盛土・埋土は，主に砂及び礫からなる。

#### 1.4.2.3 敷地の地質構造

文献調査の結果，敷地及び敷地近傍に活構造の存在を指摘する文献はない。空中写真判読の結果，敷地及び敷地近傍にはリニアメント及び地すべり地形は認められない。

ボーリング調査結果によれば，久米層は敷地全域のT.P.約0 m以深に分布している。久米層中には，凝灰岩層及び軽石密集部や凝灰質泥岩層などの特徴的な岩相が認められ，このうち連続性のよい地層を鍵層と判断し，この連続性を検討した。鍵層の対比に当たっては，層相及び層準に加えて，火山灰分析を実施し対比の妥当性を確認した。検討の結果から，4層の軽石密集部・凝灰岩を鍵層と判断し，いずれの鍵層もボーリング孔間で追跡でき，ほぼ水平で連続的に分布していることを確認した（図1-20）。このことから，敷地には将来活動する可能性のある断層等は認められない。

(参考文献)

- (1) 大槻憲四郎. 棚倉破碎帯の地質構造. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告. vol.76, 1975, pp.1-71.
- (2) 地質調査総合センター編. 日本重力データベース DVD 版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2013.
- (3) 坂本亨, 田中啓策, 曾屋龍典, 野間泰二, 松野久也. 那珂湊地域の地質 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 1972.
- (4) 吉岡敏和, 滝沢文教, 高橋雅紀, 宮崎一博, 坂野靖行, 柳沢幸夫, 高橋浩, 久保和也, 関陽児, 駒澤正夫, 広島俊男. 20 万分の 1 地質図幅「水戸」(第 2 版). 地質調査所, 2001.
- (5) 長谷川功: 地震探査から見た関東平野の基盤構造, 地質学論集, vol.31, p.41-56, 1988
- (6) 気象庁. 地震月報 (カタログ編). 2017-05-31 時点. ほか
- (7) 活断層研究会編. [新編] 日本の活断層-分布図と資料. 東京大学出版会, 1991.
- (8) 今泉俊文, 宮内崇裕, 堤浩之, 中田高編. 活断層詳細デジタルマップ[新編]. 東京大学出版会, 2018.
- (9) 地震調査委員会. 関東地域の活断層の長期評価 (第一版). 地震調査推進本部, 2015.
- (10) 社団法人土木学会原子力土木委員会. 原子力発電所の立地多様化技術-断層活動性評価技術-(C 級活断層の分類と電子スピン共鳴法による断層年代測定). 1999.
- (11) 井上大榮, 宮腰勝義, 上田圭一, 宮脇明子, 松浦一樹. 2000 年鳥取県西部地震震源域の活断層調査. 地震第 2 輯. vol.54, 2002, pp.557-573.
- (12) 米谷盛寿郎, 井上洋子, 秋葉文雄. 6. 鹿島灘. 日本の新第三系の生層序及び年代層序に関する基本資料「続編」土隆一編. 1981, pp.13-17.
- (13) 高柳洋吉. 第四紀海洋古環境-鹿島沖 SK-1 の研究-. 地学雑誌. vol.93, 1984, pp.436-441.
- (14) 亀尾浩司, 佐藤時幸. 石灰質ナンノ化石層序の最近の知見とその応用-とくに常磐海域坑井の新第三系・第四系層序について-. 石油技術協会誌. Vol.64, 1999, pp.16-27.
- (15) 奥田義久. 海洋地質図「鹿島灘海底地質図」(20 万分の 1). 地質調査所, 1986.

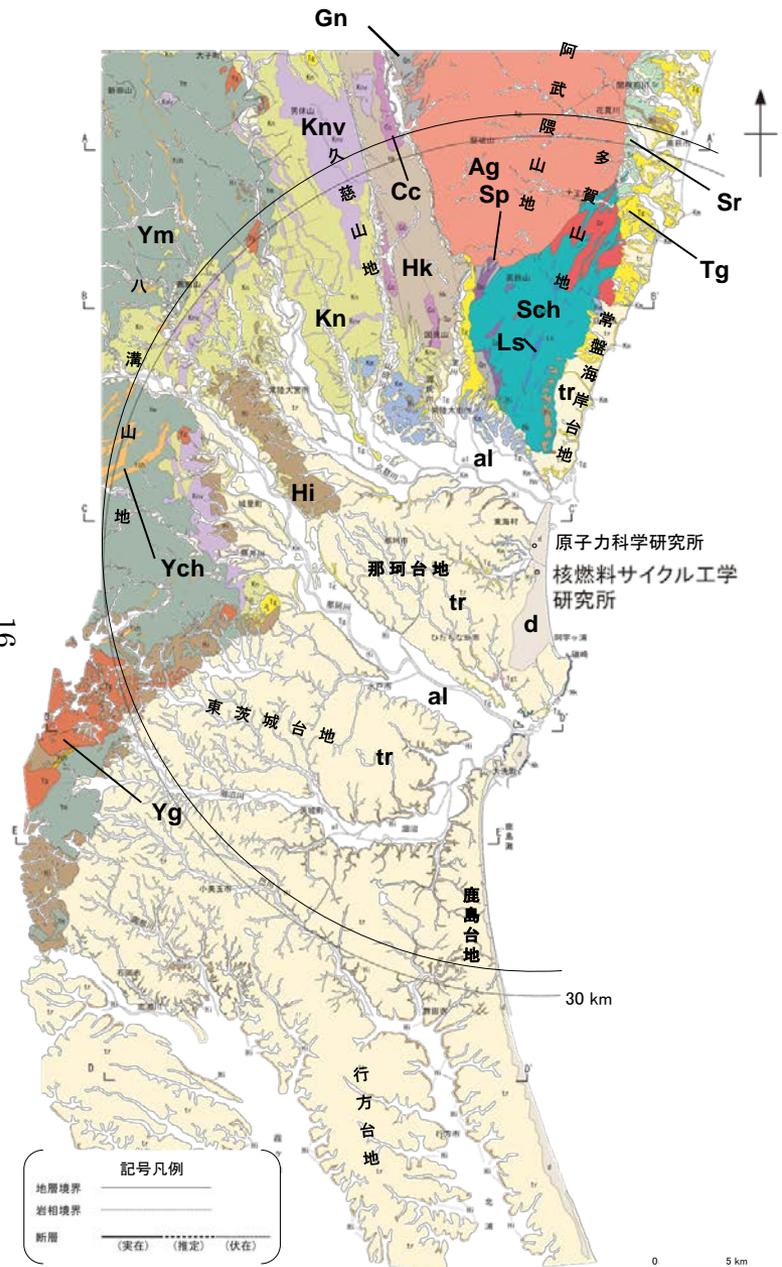
- (16) 棚橋学, 石原丈実, 駒澤正夫. 海洋地質図「塩屋埼沖海底地質図」(20万分の1). 地質調査所, 2001.
- (17) 栗田泰夫, 丸山正, 吾妻崇, 斎藤英二, 楮原京子, 杉山雄一, 吉岡敏和, 谷口薫, 安藤亮輔, 吉見雅行, 林田拓己, 斎藤勝. 2011年福島県浜通りの地震で塩ノ平断層・湯ノ岳断層に沿って出現した地震断層の特性. シンポジウム「2011年東北地方太平洋沖地震に伴う内陸活断層の挙動と地震活動・地殻変動」及び日本活断層学会2011年度秋季学術大会, 2011.
- (18) 丸山正, 吉見雅行, 斎藤英二, 斎藤勝. 変動地形・古地震学的検討に基づく2011年4月11日福島県浜通りの地震に関連する断層の活動性, 地質調査総合センター速報 巨大地震による複合的地質災害に関する調査・研究報告書, 2014.
- (19) 坂本亨, 相原輝雄, 野間泰二. 石岡地域の地質 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 地質調査所, 1981.
- (20) 大井信三, 横山芳春. 常陸台地の第四系下総層群の層序と堆積システムの時空変化. 日本地質学会第118年学術大会見学旅行案内書, 2011, pp.103-120.
- (21) 山元孝広. 東茨城台地に分布する更新統の新層序とMIS5-7海面変化との関係--地下地質とテフラ対比による茨城層, 見和層, 夏海層, 笠神層の再定義--, 地質調査研究報告, Vol.64, 2013, pp.225-249.



国土地理院発行 数値地図200000「白河」「水戸」「千葉」に加筆

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
 (承認番号 平26情複、第337号) 及び  
 (承認番号 平26情複、第540号)  
 本図面を第三者がさらに複製する場合は国土地理院の長の承認を得なければならない。

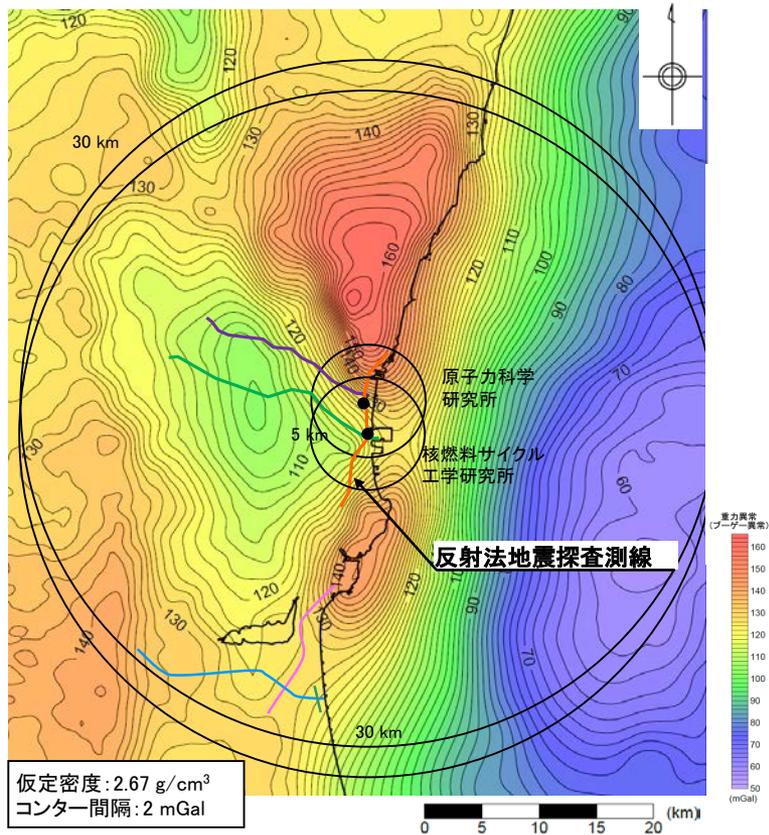
図1-1 敷地周辺陸域の地形図



年代層序区分	八溝山地		久慈山地		多賀山地		那珂台地周辺部		
	地層名	主な層相・岩相	地層名	主な層相・岩相	地層名	主な層相・岩相	地層名	主な層相・岩相	
第四系	完新統	[al] 沖積層	砂・シルト・礫	[al] 沖積層	砂・シルト・礫	[al] 沖積層	砂・シルト・礫	[d] 砂丘砂層	砂
	更新統	[tr] 段丘堆積物 [Hi] 東茨城層群	砂・シルト・礫 砂・シルト・礫	[tr] 段丘堆積物 [Hi] 東茨城層群	砂・シルト・礫 砂・シルト・礫	[tr] 段丘堆積物 [Hi] 東茨城層群	砂・シルト・礫 砂・シルト・礫	[tr] 段丘堆積物 [Hi] 東茨城層群	砂・シルト・礫 砂・シルト・礫
新第三系	鮮新統			[Kn] 久米層	砂質泥岩	[Kn] 久米層	砂質泥岩 鮫石凝灰岩・ 凝灰質泥岩	[Kn] 久米層	砂質泥岩
	中新統	[Kn] 金砂層群 [Kw] 火山岩類・ 火山砕屑岩類	砂岩・砂質泥岩 頁岩・泥岩・礫 岩・デイサイト・ 凝灰岩	[Te] 多賀層群 [Tg] 凝灰岩 [Kk] 東金砂山層 [Kn] 金砂層群 [Kw] 火山岩類・ 火山砕屑岩類	砂質泥岩 礫岩・砂岩 砂岩・砂質泥岩 頁岩・泥岩・礫 岩・デイサイト・ 凝灰岩	[Te] 多賀層群 [Tg] 凝灰岩 [Kk] 凝灰岩 [Kn] 金砂層群	砂質泥岩 砂質泥岩 凝灰岩 泥岩・砂岩・礫 岩	[Te] 多賀層群 [Tg] 凝灰岩 [Kk] 凝灰岩 [Kn] 金砂層群	砂質泥岩 砂質泥岩 泥岩・砂岩・礫 岩
古第三系	漸新統					[Sr] 白水層群	砂岩・泥岩・礫 岩・石灰		
	始新統 暁新統	[Ye] 八溝花崗岩類		[Aw] 阿武隈花崗岩類 [Cc] カタクレーサイト		[Aw] 阿武隈花崗岩類 [Cc] カタクレーサイト		[Nk] 那珂台地層群及び 大洗層	泥岩・砂岩・礫 岩
白堊系									
ジュラ系	[Ym] 八溝層群	砂岩・頁岩・ チャート				竹真成成層類	[Gn] 片麻岩類		
三畳系	[Ych] チャート					日立古生層 (独立凝灰岩類)	[Sch] 片岩類～粘板岩等 [Ls] 石灰岩		
ペルム系									
石炭系									
カンブリア系									

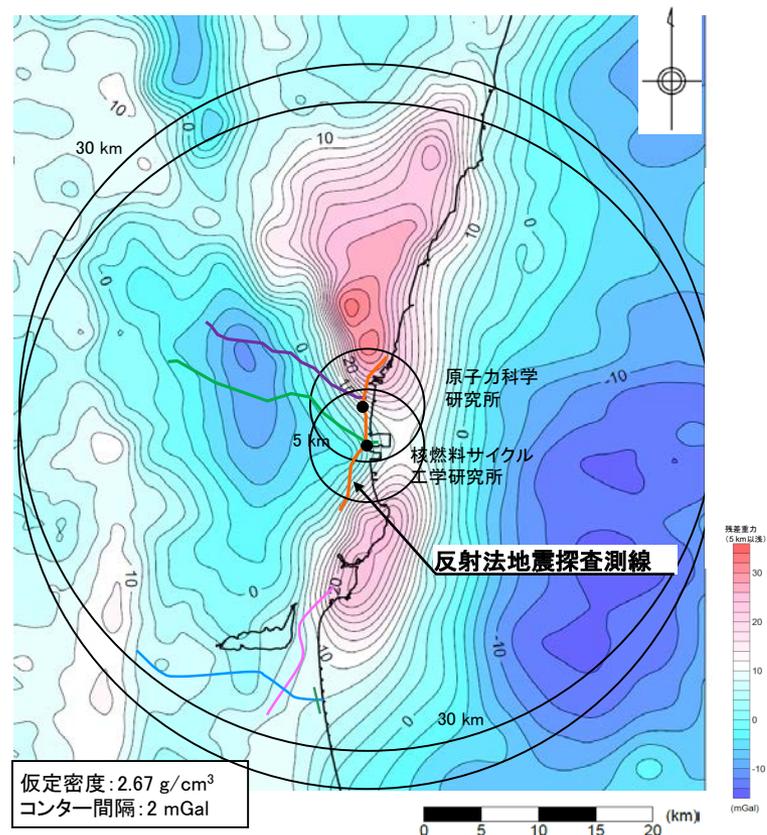
□ : 深成岩類

図1-2 敷地周辺陸域の地質図



重力異常分布図

地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」  
(2013)に加筆



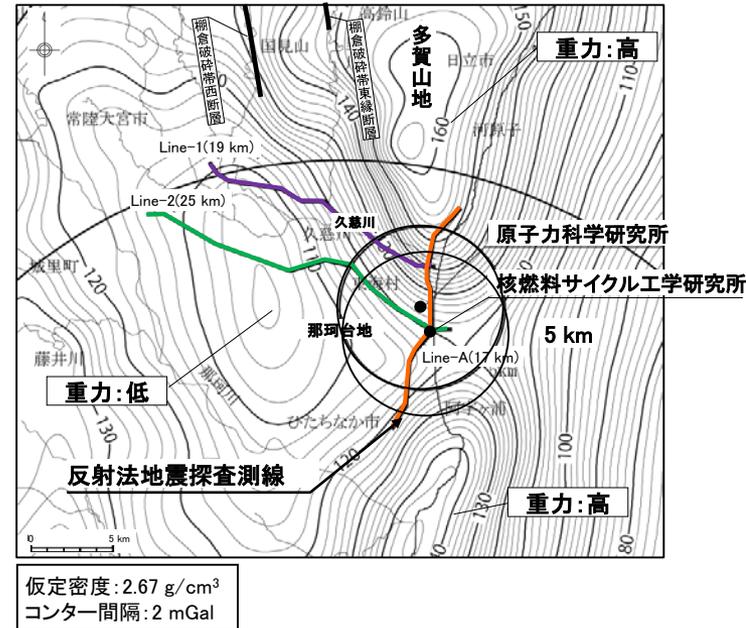
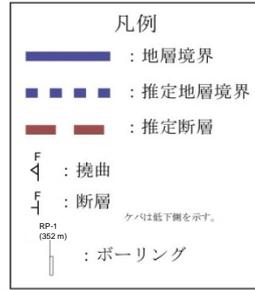
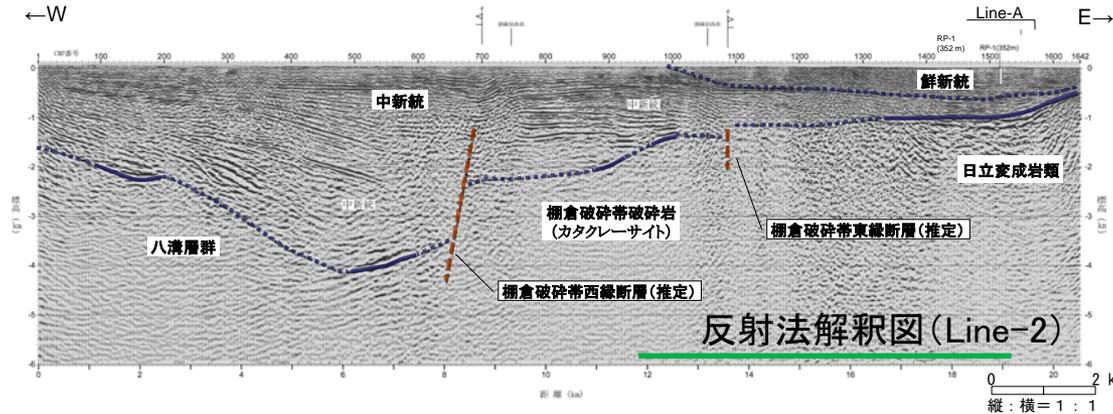
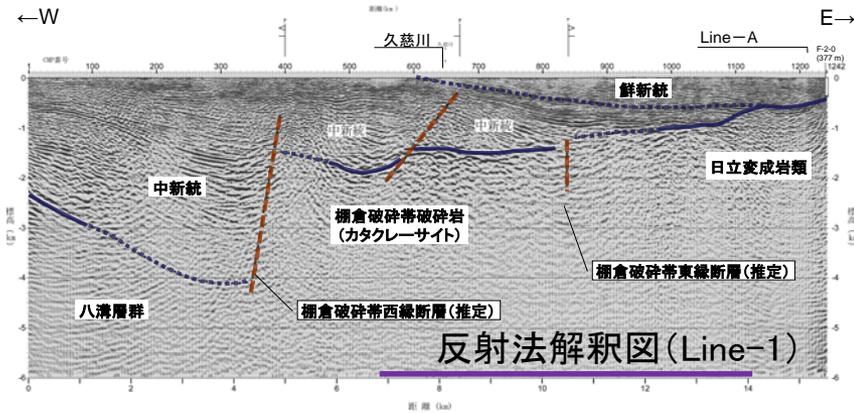
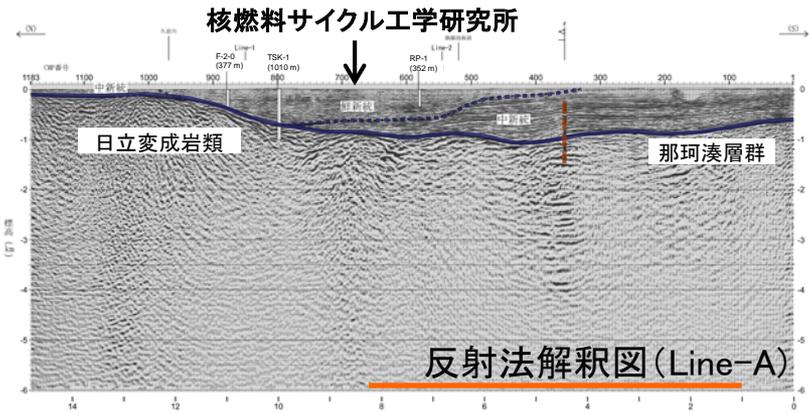
約5 km以浅の重力異常分布図※

※重力異常分布から、別途算出した約5 km  
以深の重力分布を差し引いて求めた。

反射法地震探査測線 凡例

- Line-A (17 km)
- Line-B (13 km)
- Line-1 (19 km)
- Line-C (3 km)
- Line-2 (23 km)
- Line-3 (19 km)

図1-3 敷地周辺の重力異常図



地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆

図1-4 反射法地震探査の測線位置図及び解釈図

# 2011年東北地方太平洋沖地震発生前後の微小地震発生状況

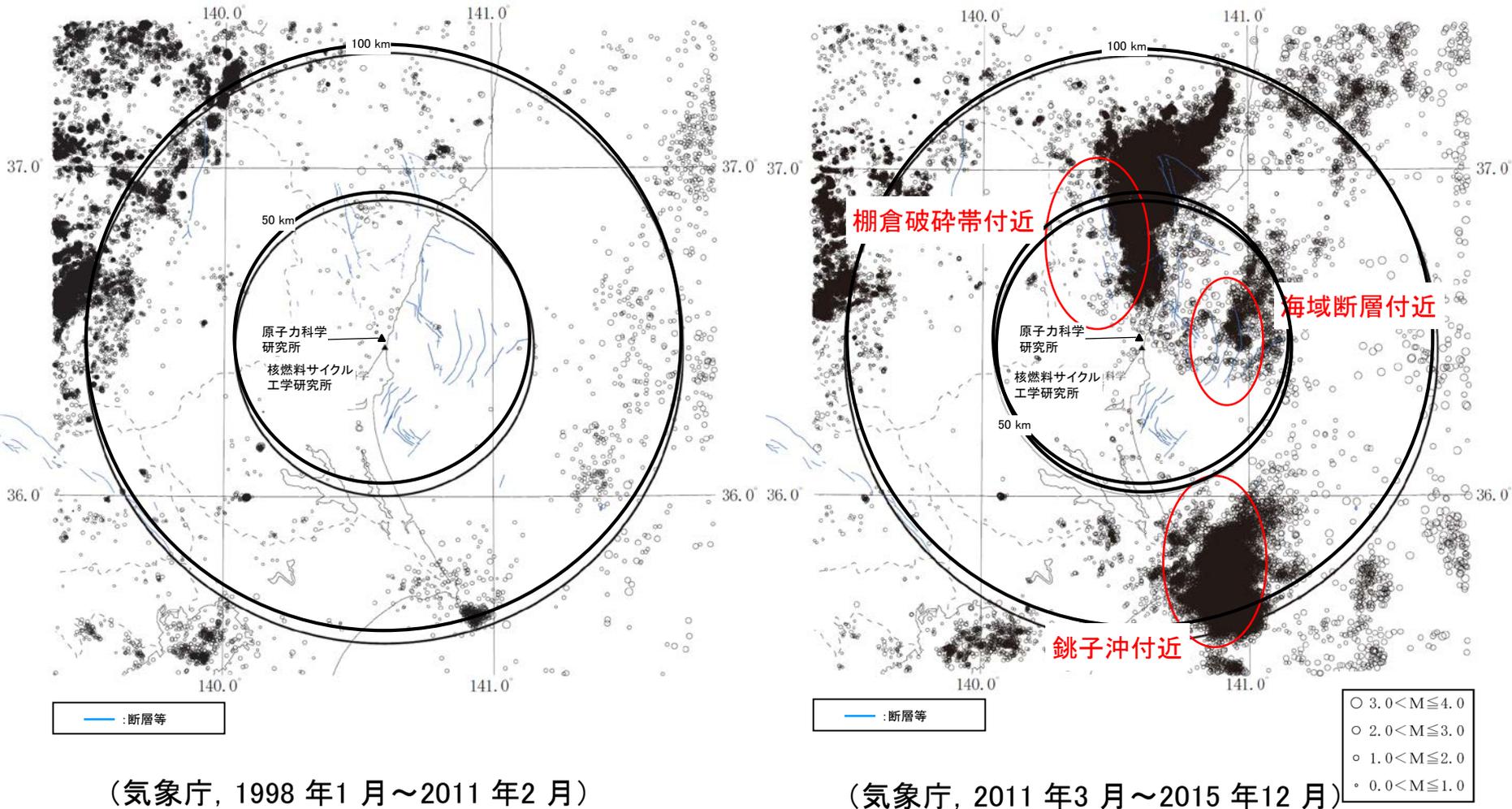


図1-5 敷地周辺の微小地震分布(平面図)(M4.0以下, 深さ20 km以浅)

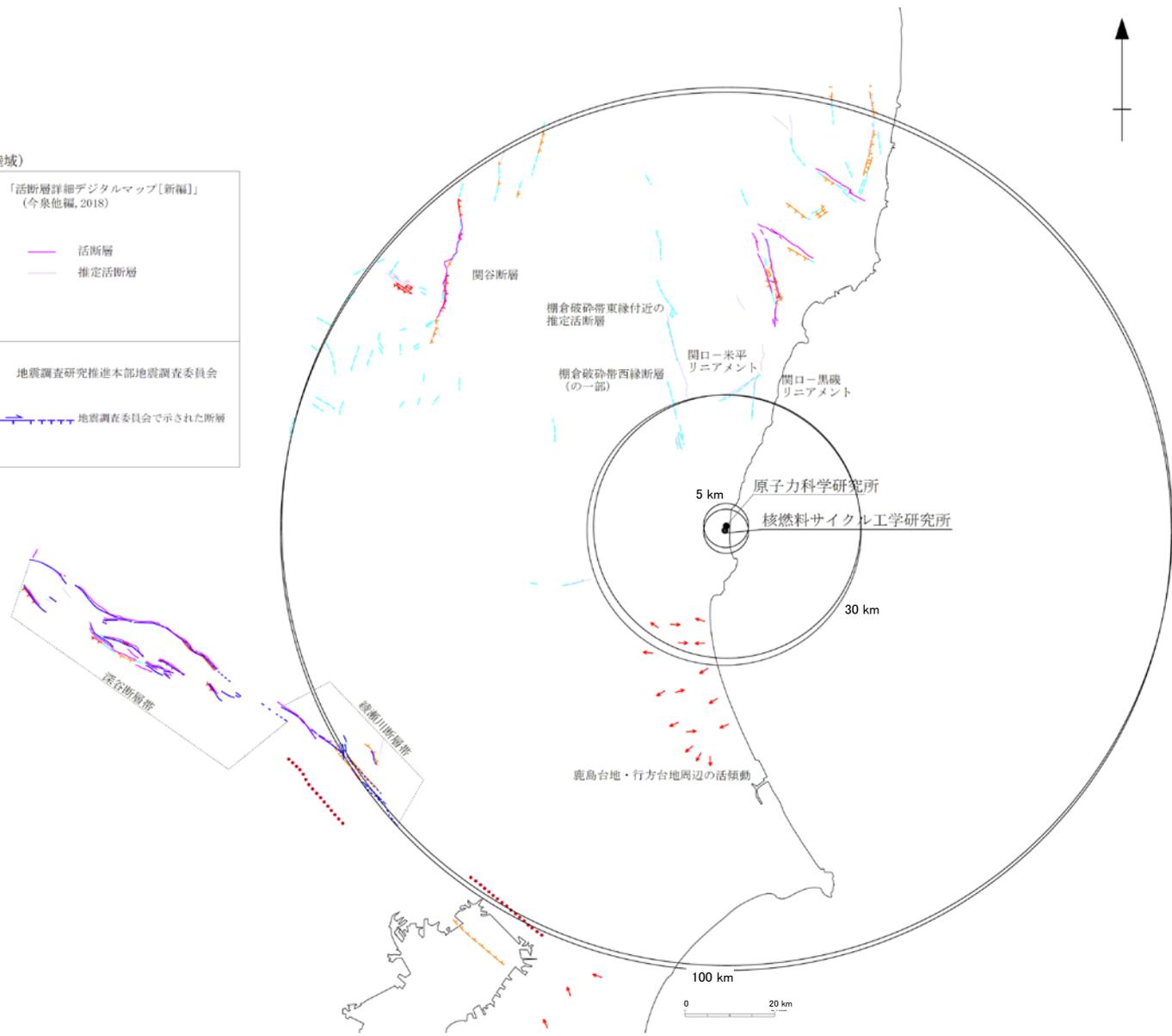
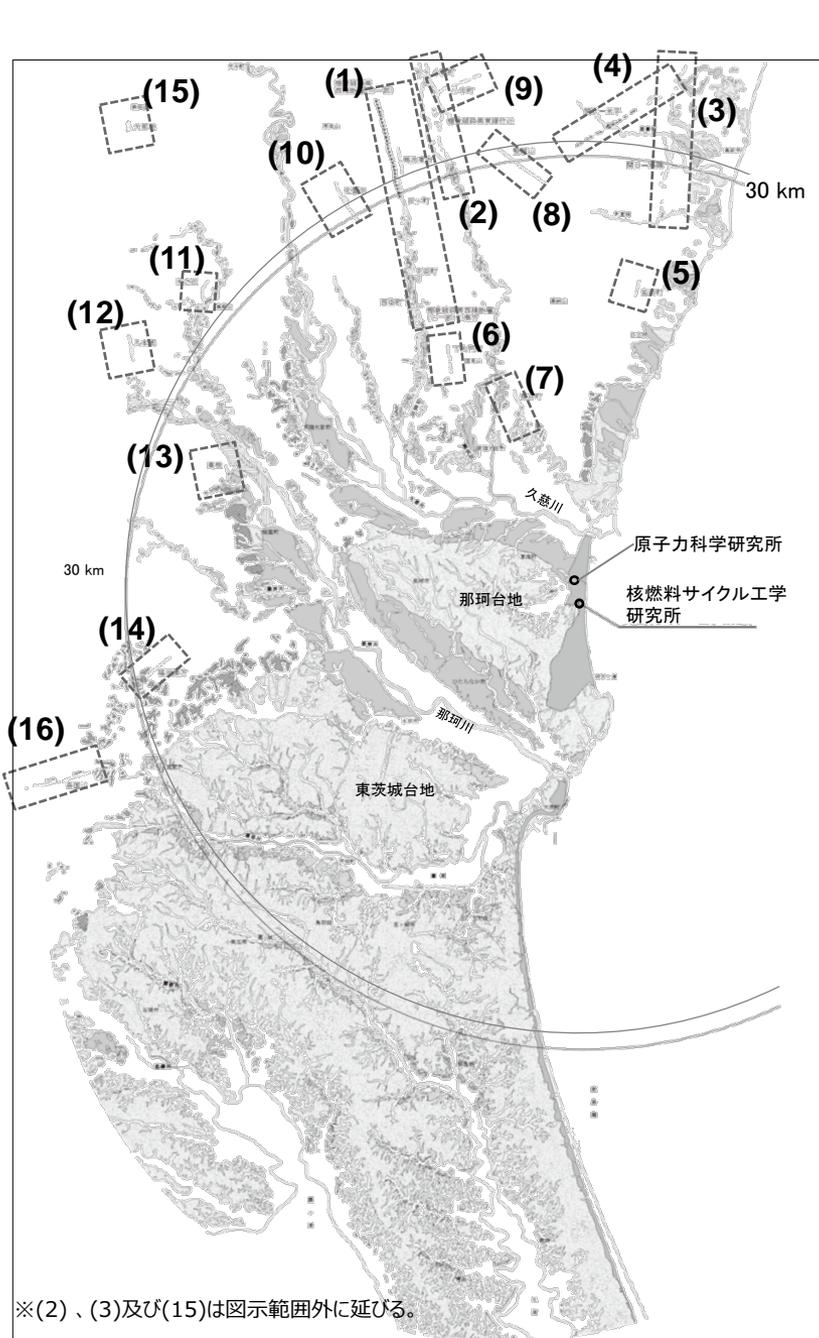


図1-6 文献による敷地周辺の主な断層分布



	名称
(1)	棚倉破砕帯西縁断層 (の一部)
(2)	棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層
(3)	関口 - 黒磯リニアメント
(4)	関口 - 米平リニアメント
(5)	日立市宮田町付近リニアメント
(6)	常陸太田市下大門町付近リニアメント
(7)	常陸太田市長谷町付近リニアメント
(8)	豎破山南西付近リニアメント
(9)	常陸太田市小中町東方リニアメント
(10)	久慈郡太子町北富田付近リニアメント
(11)	常陸大宮市氷之沢付近ニアメント
(12)	常陸大宮市入本郷付近リニアメント
(13)	東茨城郡城里町高根付近リニアメント
(14)	笠間市福田南方付近リニアメント
(15)	栃木県那珂川大那地付近リニアメント
(16)	吾国山断層

■ : 既往文献に記載されているものに相当するリニアメント

□ : 既往文献に記載されていないリニアメント

凡 例

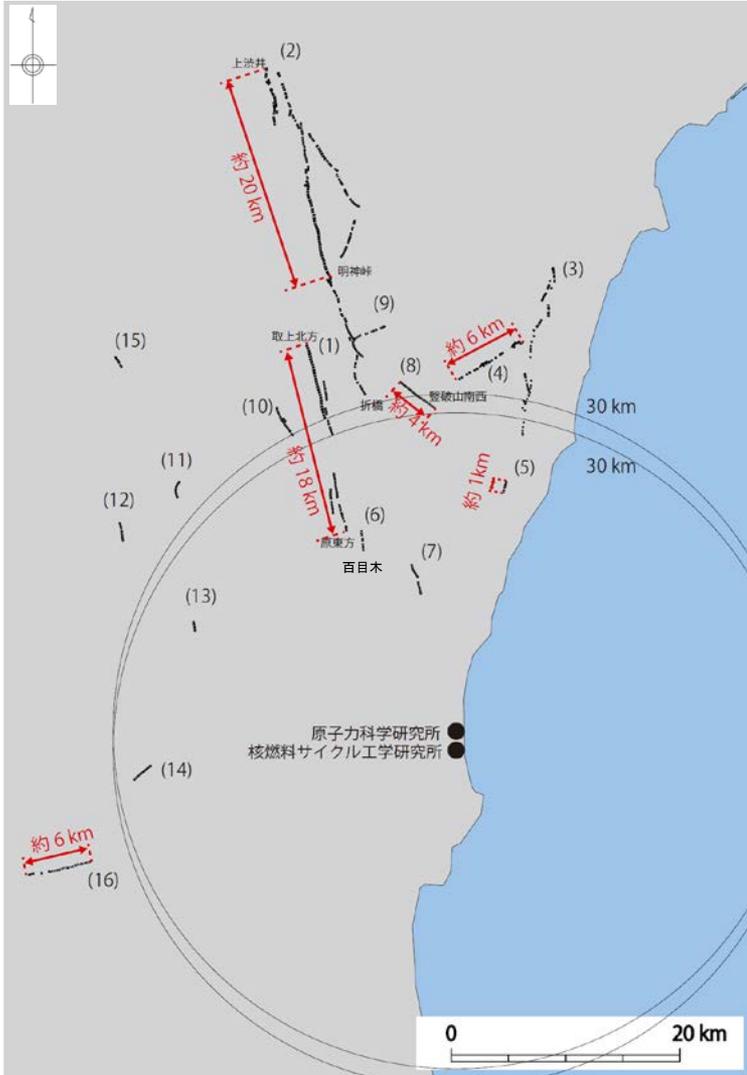
段丘面	同関東で対比される段丘面
L4	L4面
L3	L3面
L2	L2面
L1	L1面
M4	M4面
M3	M3面
M2	M2面
M1	M1面
H	高位面

第四紀完新世

● Lcリニアメント (変動地形である可能性が低いリニアメント)  
 ● Lpリニアメント (変動地形である可能性が非常に低いリニアメント)

短線は地形的に低い側を、矢印は地形の屈曲方向を示す。  
 短線がないリニアメントは両側で高差の不連続が認められない。

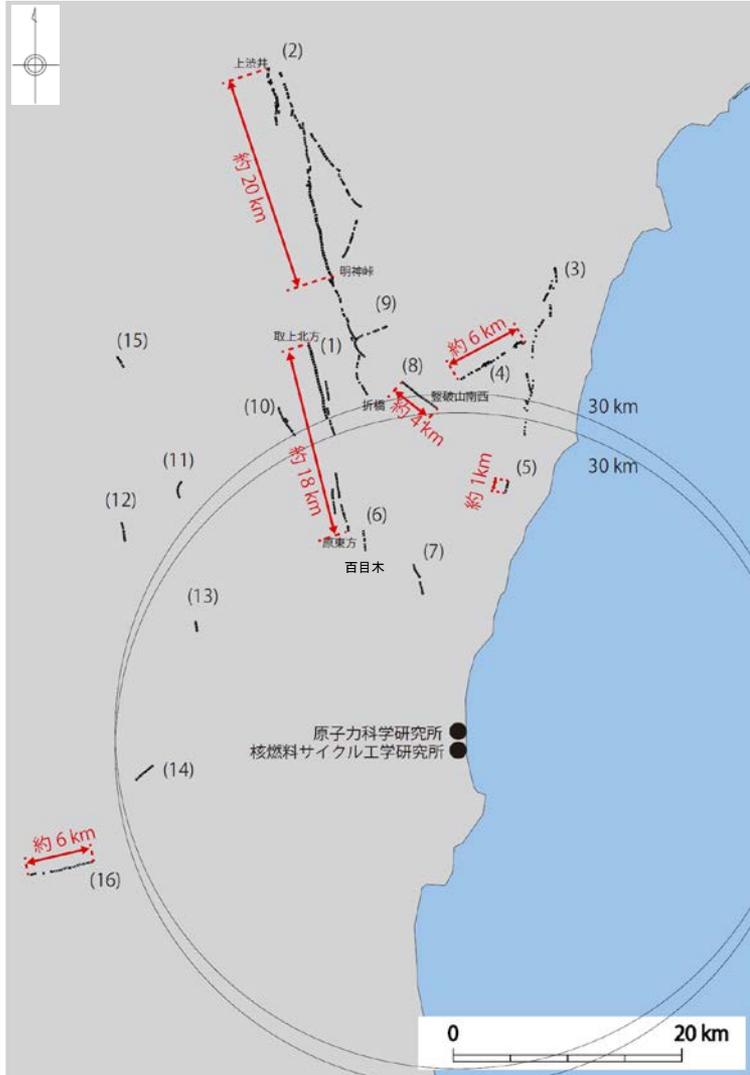
図1-7 敷地周辺陸域の変動地形学的調査



名称	評価	震源として考慮する活断層とする区間	評価長さ (km)
(1) 棚倉破砕帯 西縁断層 (の一部) *	震源として考慮する活断層として評価する。 ⇒ 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。	取上北方～百目木 (約13 km)	約18
		百目木～原東方 (中染、西染付近のリニアメント約5 km)	
(2) 棚倉破砕帯 東縁付近の 推定活断層	[上渋井～明神峠] 震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 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。  [明神峠～折橋町] 竹貫変成岩類と東金砂山層の侵食に対する抵抗性の差を反映した急斜面等によるものと判断した。 ➢ リニアメントと一致する断層は認められない。 ➢ リニアメントは竹貫変成岩類と東金砂山層の不整合境界にほぼ一致している。	上渋井～明神峠	約20
		なし	—
(3) 関口－黒磯 リニアメント	ほとんどが日立変成岩類等及び阿武隈花崗岩類と漸新統の白水層群との地層境界にほぼ一致しており、主としてこれらの侵食に対する抵抗性の差を反映した断続的で不鮮明な三角状の急斜面等によるものと判断した。 ➢ リニアメントに対応する断層は認められない。 ➢ M1丘面にリニアメントは認められない。	なし	—
(4) 関口－米平 リニアメント	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 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。	金成北東～米平東方	約6
(5) 日立市宮田 町付近リニアメント	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 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。	宮田町付近	約1
(6) 常陸太田市 下大門町付 近リニアメント	大門層の泥岩・砂岩互層と砂岩との境界、又は東金砂山層の礫岩と大門層の砂岩との侵食に対する抵抗性の差を反映した、やや断続的な急斜面等によるものと判断した。 ➢ リニアメントに対応する断層は認められない。 ➢ リニアメントは大門層の泥岩・砂岩互層と砂岩との境界、又は東金砂山層の礫岩と大門層の砂岩との境界とほぼ一致している。	なし	—
(7) 常陸太田市 長谷町付近 リニアメント	日立変成岩類と多賀層群の侵食に対する抵抗性の差を反映した、断続的で不鮮明な急斜面、鞍部等によるものと判断した。 ➢ リニアメントに対応する断層は認められない。 ➢ リニアメントは日立変成岩類と多賀層群の堆積岩との不整合境界にほぼ一致している。	なし	—

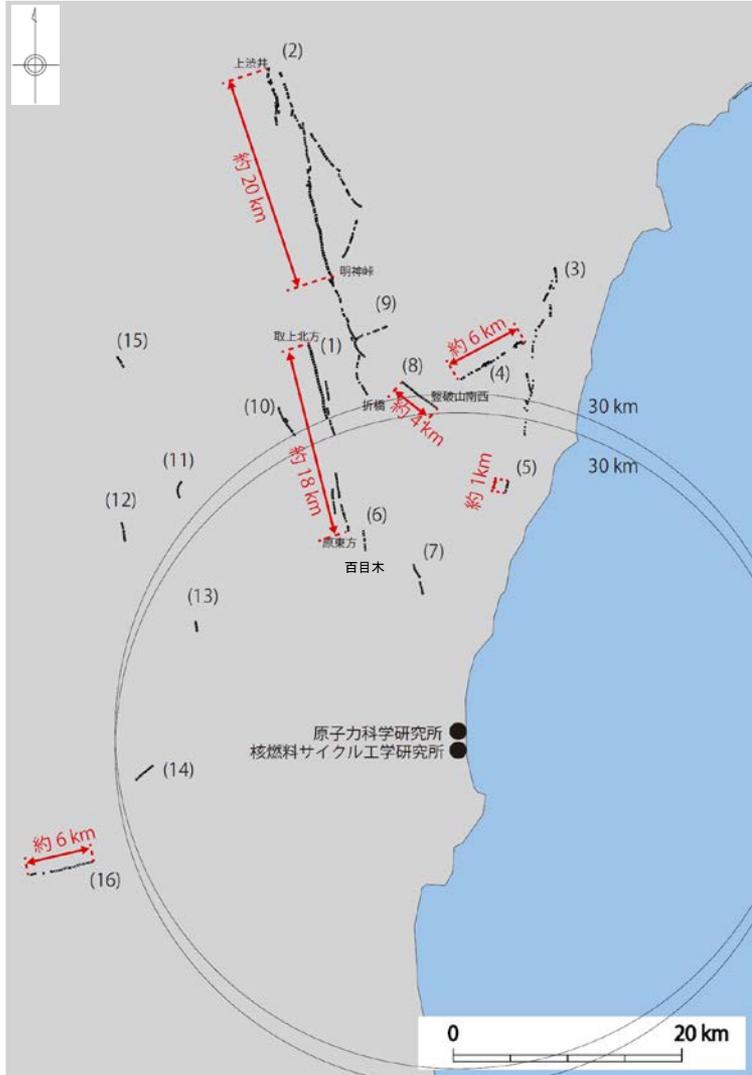
\* 中染付近・西染付近のリニアメントを含む。

図1-8(1) 敷地周辺陸域の断層評価結果



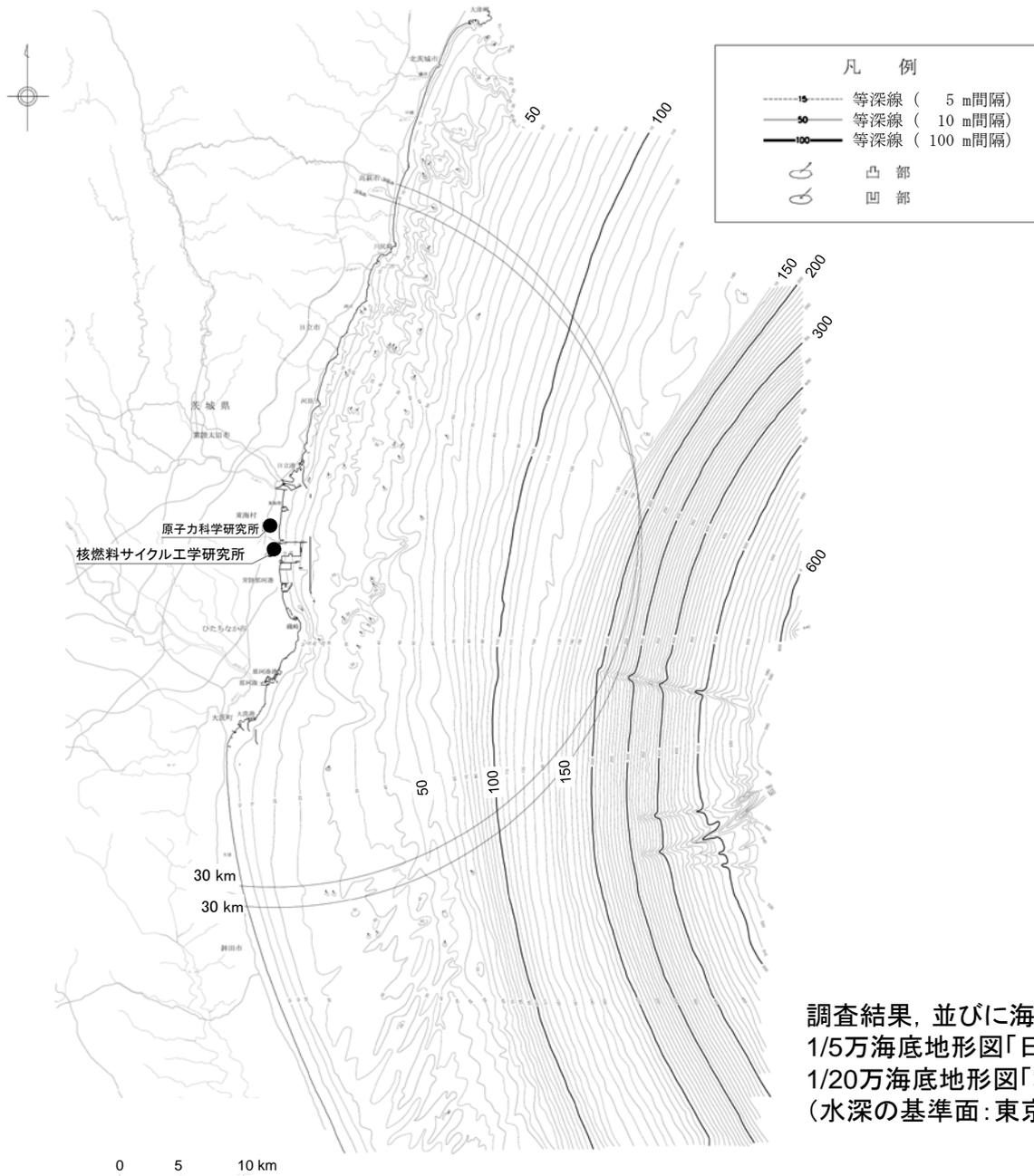
	名称	評価	震源として考慮する活断層とする区間	評価長さ (km)
(8)	豎破山南西付近リニアメント	震源として考慮する活断層として評価する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>上載地層法で明確に後期更新世以降の活動が否定できない。</li> </ul>	豎破山南西付近	約4
(9)	常陸太田市小中町東方リニアメント	同方向の節理又は竹貫変成岩類への阿武隈花崗岩類の貫入境界とその周辺との侵食に対する抵抗性の差を反映した、断続的で不鮮明な三角状の急崖、直線状の谷等によるものと判断した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>リニアメントに対応する断層は認められない。</li> <li>リニアメントは同方向の節理又は阿武隈花崗岩類の貫入境界とほぼ一致している。</li> </ul>	なし	—
(10)	久慈郡大子町北富田付近リニアメント	浅川層の凝灰質砂岩と凝灰岩類又は凝灰岩類と男体山火山角礫岩類との侵食に対する抵抗性の差を反映した、断続的で不鮮明な鞍部、急斜面等によるものであると判断した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>リニアメントに対応する断層は認められない。</li> <li>リニアメントは浅川層の凝灰質砂岩、凝灰岩類及び男体山火山角礫岩類の岩相境界とほぼ一致している。</li> </ul>	なし	—
(11)	常陸大宮市氷之沢付近リニアメント	八溝層群の頁岩と砂岩・頁岩互層の侵食に対する抵抗性の差を反映した、断続的で不鮮明な急傾斜面、鞍部等によるものであると判断した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>リニアメントに対応する断層は認められない。</li> <li>リニアメントは八溝層群の頁岩と砂岩・頁岩互層の境界とほぼ一致している。</li> </ul>	なし	—
(12)	常陸大宮市入本郷付近リニアメント	八溝層群と金砂郷層群の侵食に対する抵抗性の差を反映した、断続的な三角状の急斜面等によるものと判断した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>リニアメントに対応する断層は認められない。</li> <li>リニアメントは八溝層群と北田気層の不整合境界とほぼ一致している。</li> </ul>	なし	—
(13)	東茨城郡城里町高根付近リニアメント	高位段丘形成時の侵食崖を反映した、不鮮明でやや断続的な急斜面によるものと判断した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>リニアメントに対応する断層は認められない。</li> <li>リニアメントは高位段丘堆積物の分布域の西縁となっている。</li> </ul>	なし	—

図1-8(2) 敷地周辺陸域の断層評価結果



	名称	評価	震源として考慮する活断層とする区間	評価長さ (km)
(14)	笠間市福田南方付近リアメント	八溝層群の頁岩、砂岩・頁岩互層、石灰岩、チャート等の侵食に対する抵抗性の差を反映した、不鮮明な鞍部等によるものと判断した。 > リアメントに対応する断層は認められない。 > リアメントは八溝層群の頁岩、砂岩・頁岩互層、石灰岩、チャート等の岩相境界とほぼ一致している。	なし	—
(15)	栃木県那珂川大那地付近リアメント	八溝層群への花崗閃緑岩の貫入境界及び八溝層群のチャート、砂岩及び砂岩・頁岩互層の侵食に対する抵抗性の差を反映したものと判断した。 > リアメントに対応する断層は認められない。 > リアメントは八溝層群のチャート、砂岩及び砂岩・頁岩互層の岩相境界、八溝層群に貫入する花崗閃緑岩の貫入とほぼ一致している。	なし	—
(16)	吾国山断層	震源として考慮する活断層として評価する。 > 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。	福原東方～沢口	約6
(17)	鹿島台地・行方台地周辺の活傾動	> 文献等で示されている活傾動の位置付近には、リアメントは判読されず、また断層等は認められないことから、少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断した。	なし	

図1-8(3) 敷地周辺陸域の断層評価結果



調査結果, 並びに海上保安庁水路部  
 1/5万海底地形図「日立」, 「那珂湊」及び  
 1/20万海底地形図「塩屋埼沖」, 「鹿島灘」により編集。  
 (水深の基準面: 東京湾中等潮位(T.P.=0 m))

図1-9 敷地前面海域の海底地形図

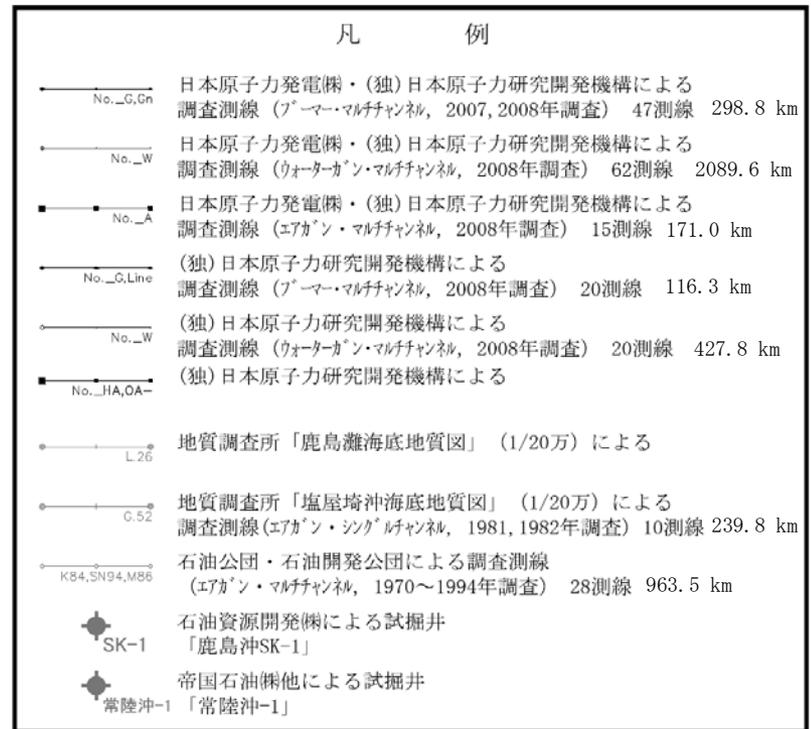
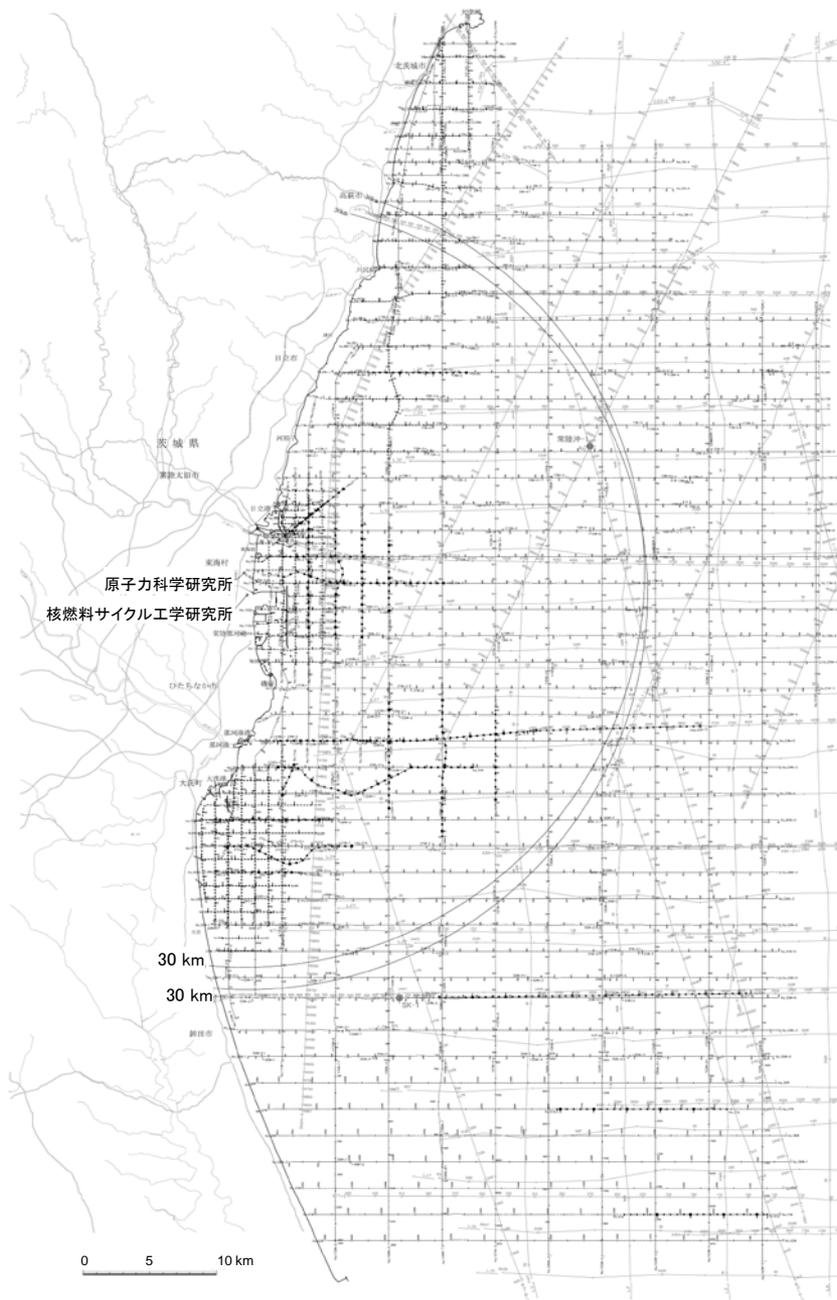


図1-10 海上音波探査測線図

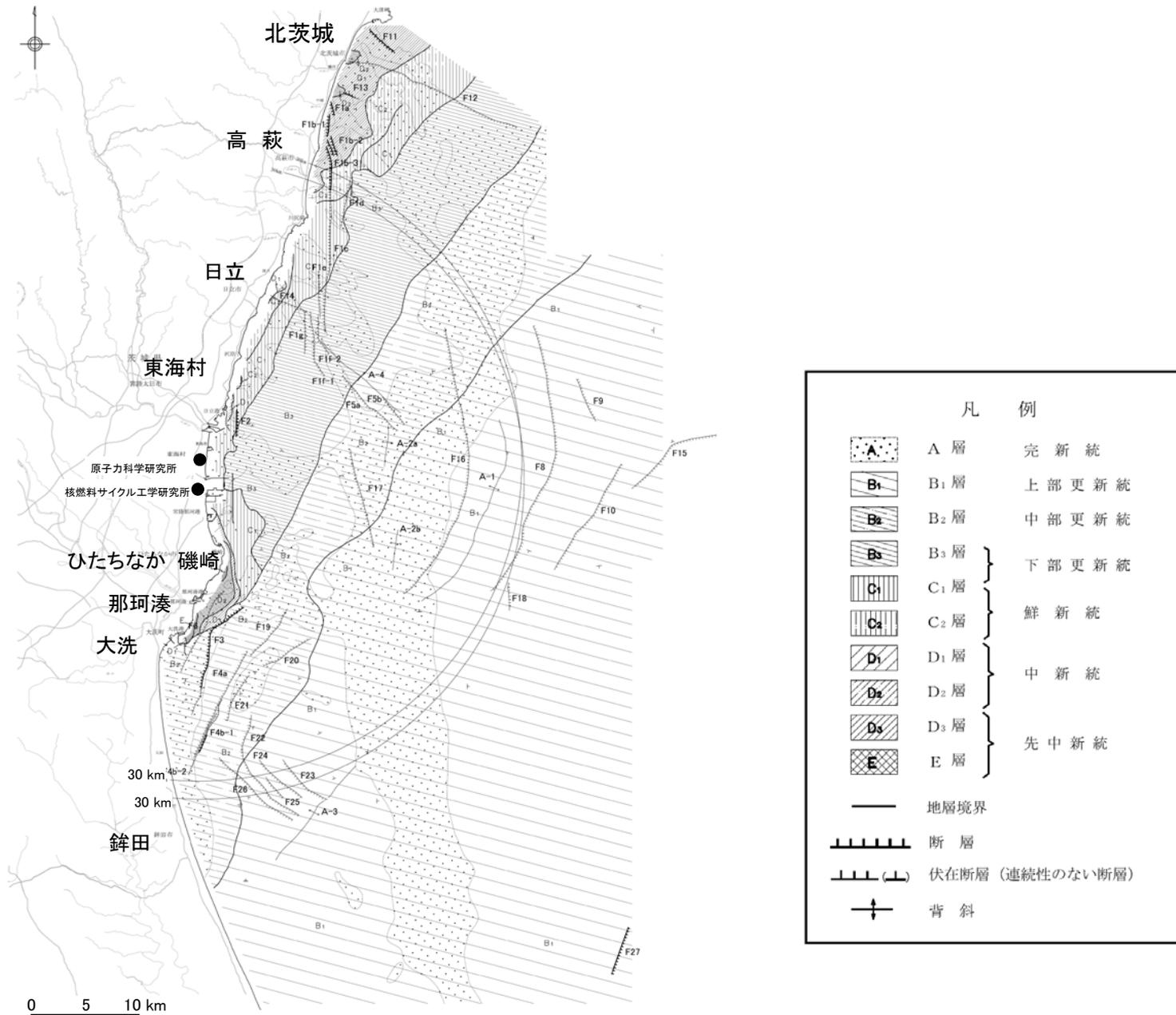
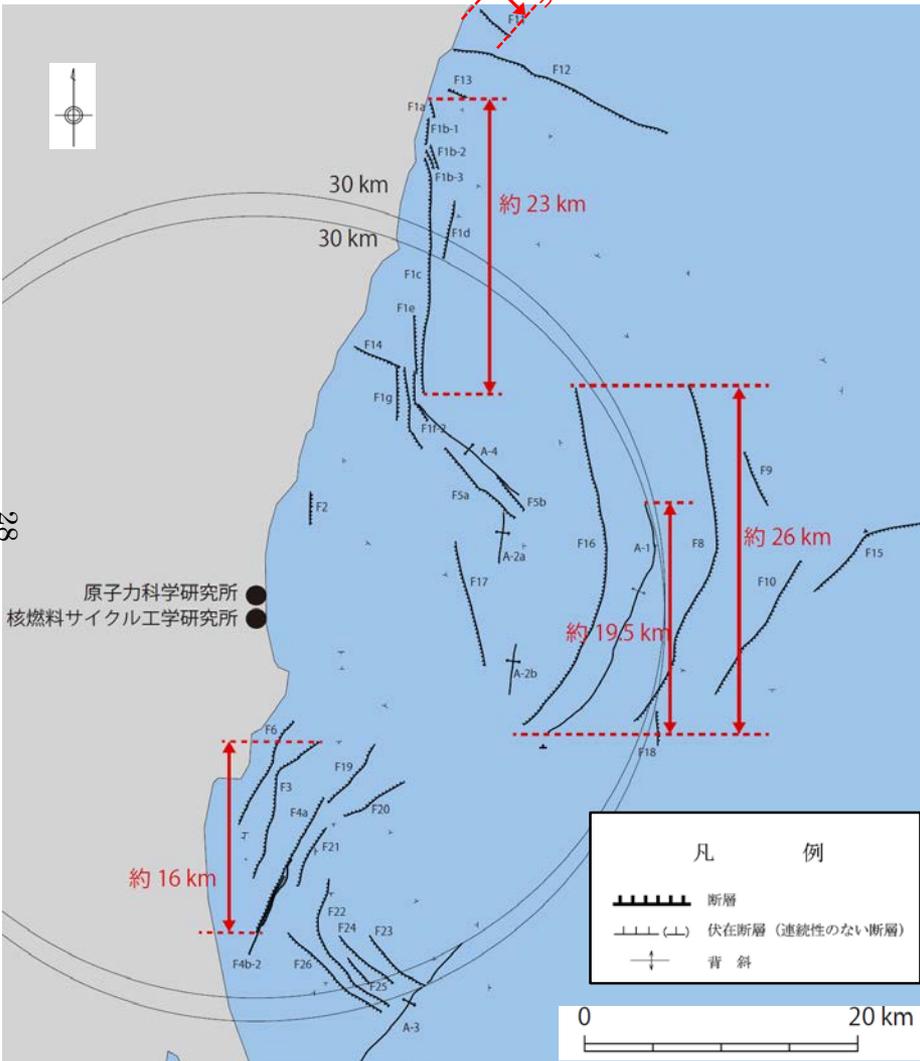
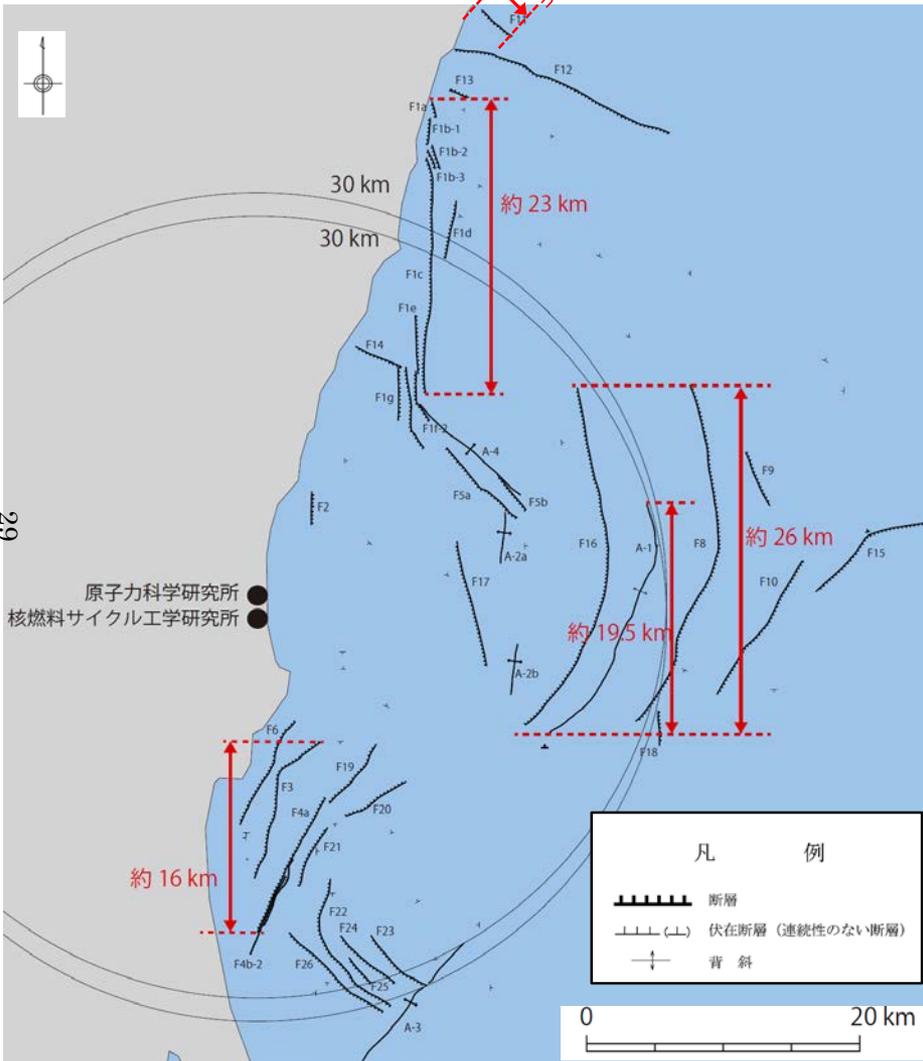


図1-11 敷地前面海域の海底地質図



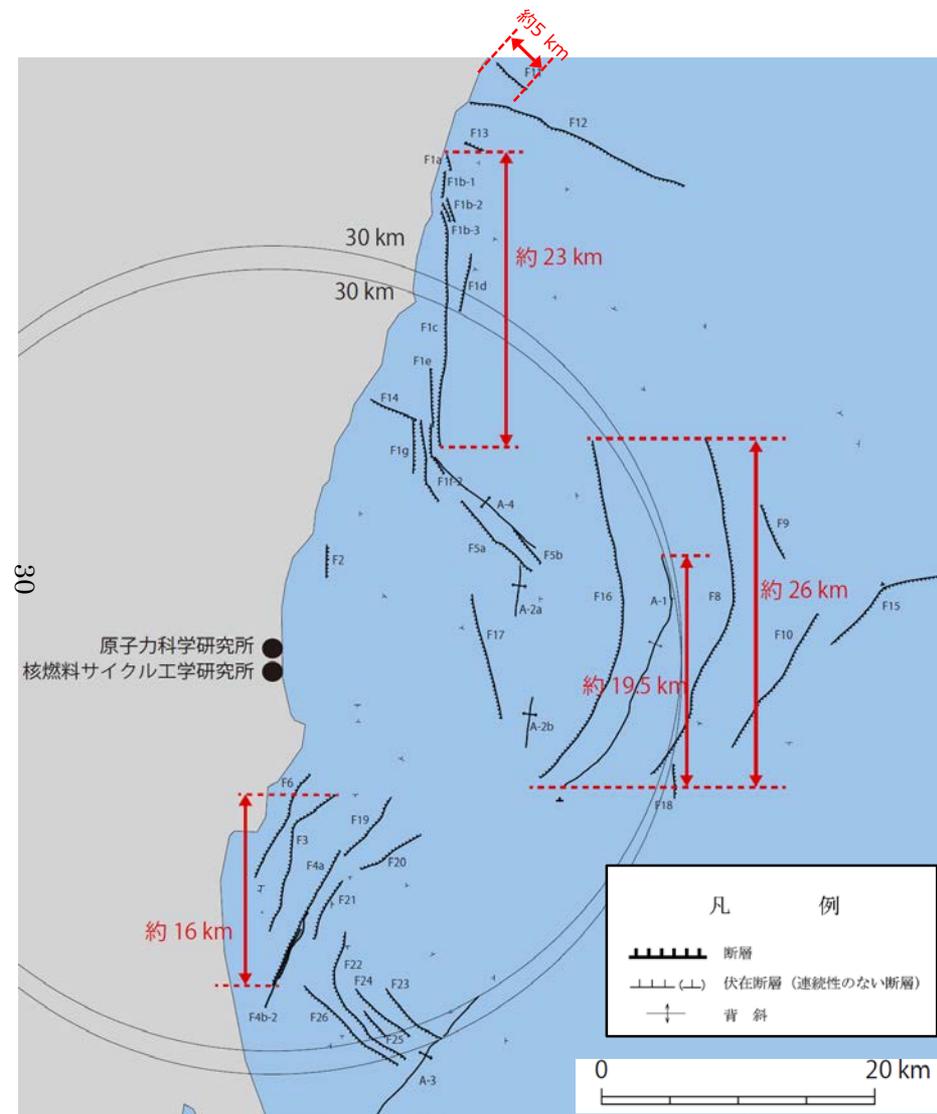
名称	評価	評価長さ (km)
F11断層	震源として考慮する活断層として評価する。 > F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。 > しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、活動性を評価することとする。	約5
F12断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C2層(鮮新統)上部に変位・変形なし。	—
F13断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > 西部では上載地層が分布しておらず、上載地層法による判断ができないものの、東部ではD1層(中新統)上部には変位・変形が認められず、F12断層とも同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層同様後期更新世以降の活動はないものと評価。	—
F1断層	[F1a, F1b-1, F1b-2, F1b-3及びF1c断層] 震源として考慮する活断層として評価する。 > 上載地層で明確に後期更新世以降の活動が否定できない。	約23
	[F1d断層, F1e断層, F1f-1断層, F1f-2断層及びF1g断層] > 中期更新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。	—
F5a断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—
F5b断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—
A-4背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)に変形なし。	—
F14断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—

図1-12(1) 敷地前面海域の断層評価結果



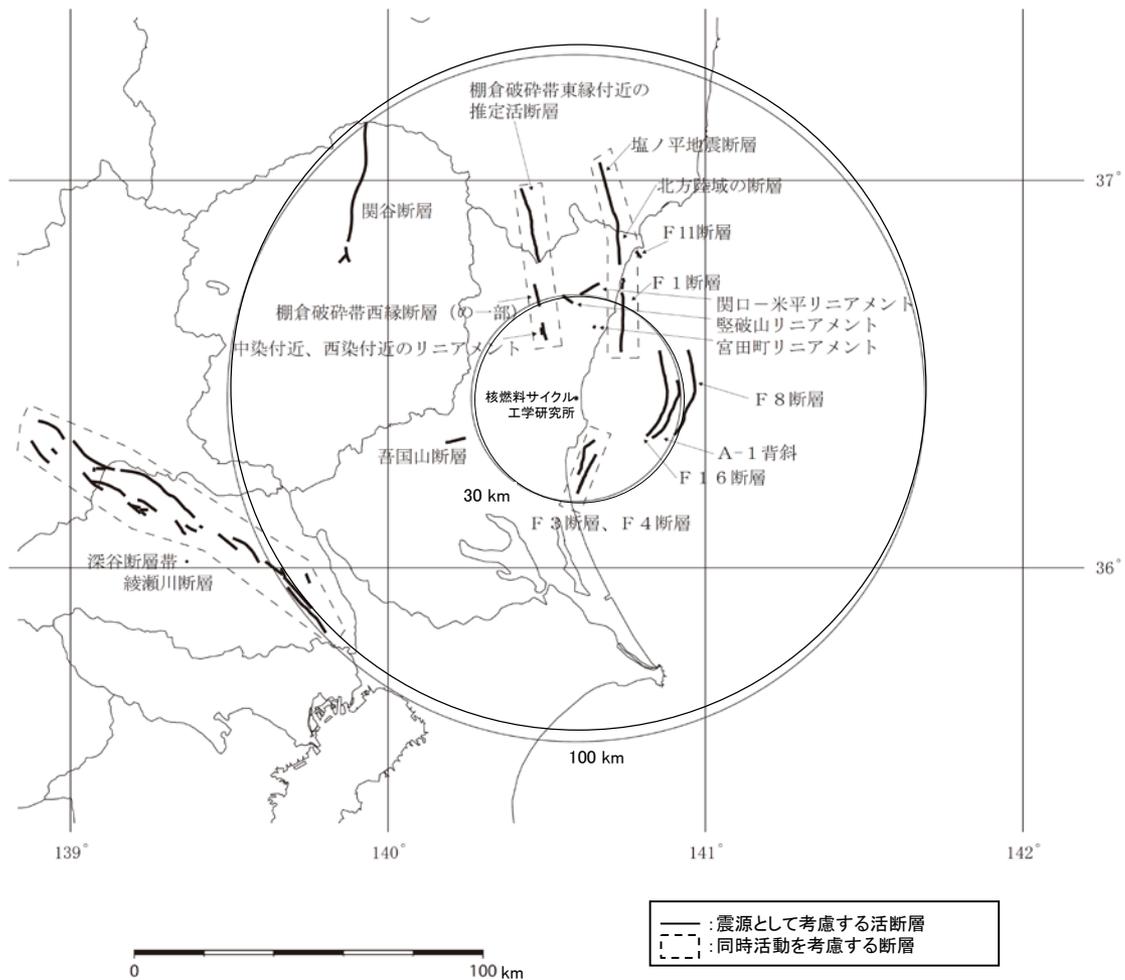
名称	評価	評価長さ (km)
F2断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ 海底面付近に露出する後期更新世以前の地層に変位・変形が認められるが、D1層(中新統)下部以下の地層に変位・変形が認められないことから地震を起こすような断層ではないと評価。	—
F17断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
A-2a背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B3層(下部更新統)に変形なし。	—
A-2b背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)に変形なし。	—
F16断層	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約26
A-1背斜	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約19.5
F8断層	震源として考慮する活断層として評価する。 ➢ 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約26
F18断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)に変位・変形なし	—
F9断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B3層(下部更新統)上部に変位・変形なし。	—
F10断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—

図1-12(2) 敷地前面海域の断層評価結果



名称	調査結果	評価長さ (km)
F15断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし。	—
F3断層	[F3断層(北部及び中部)、F4断層(F4b-1南部)] 震源として考慮する活断層として評価する。	約16
F4断層	➢ 海底面付近に分布するB2層(中期更新世)より古い地層に変位・変形を与えており、後期更新世の地層が分布していないことから、後期更新世以降の活動性が否定できない。 [F3断層南部, F4a断層, F4b-1断層北部, F4b-2断層] 少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ B2層(中期更新世)より新しい地層に変位・変形を与えていない。	
F6断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F19断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C2層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F20断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F21断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
F22断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし。	—
F23断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F24断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
F25断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ D1層(中新統)上部に変位・変形なし	—
F26断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変位・変形なし。	—
A-3背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 ➢ C1層(鮮新統)に変形なし。	—

図1-12(3) 敷地前面海域の断層評価結果

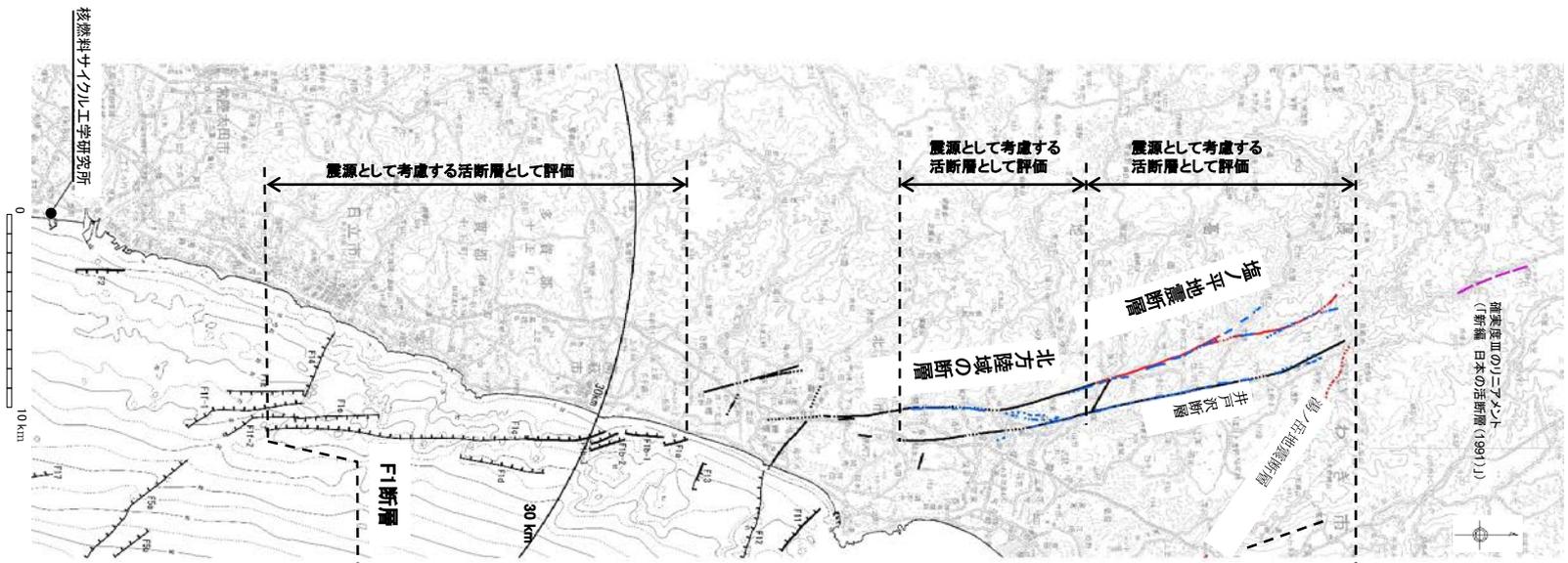


No.	断層名	評価長さ (km)
1	関谷断層	40
2	深谷断層帯・綾瀬川断層	103
3	F3断層～F4断層の同時活動	16
4	関口-米平リニアメント	6
5	豎破山リニアメント	4
6	宮田町リニアメント	1
7	吾国山断層	6
8	F8断層	26
9	F16断層	26
10	A-1背斜	19
11	棚倉破砕帯西縁断層 (の一部)～棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層の同時活動 * 中染付近・西染付近のリニアメントを含む。	42
12	F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地地震断層の同時活動	58
13	F11断層	5

【注】 変動地形の可能性のある地形を「リニアメント」という。

- 敷地周辺・敷地近傍の地質・地質構造に関する調査の結果、上記の断層を震源として考慮する活断層として評価する。

図1-13 震源として考慮する断層

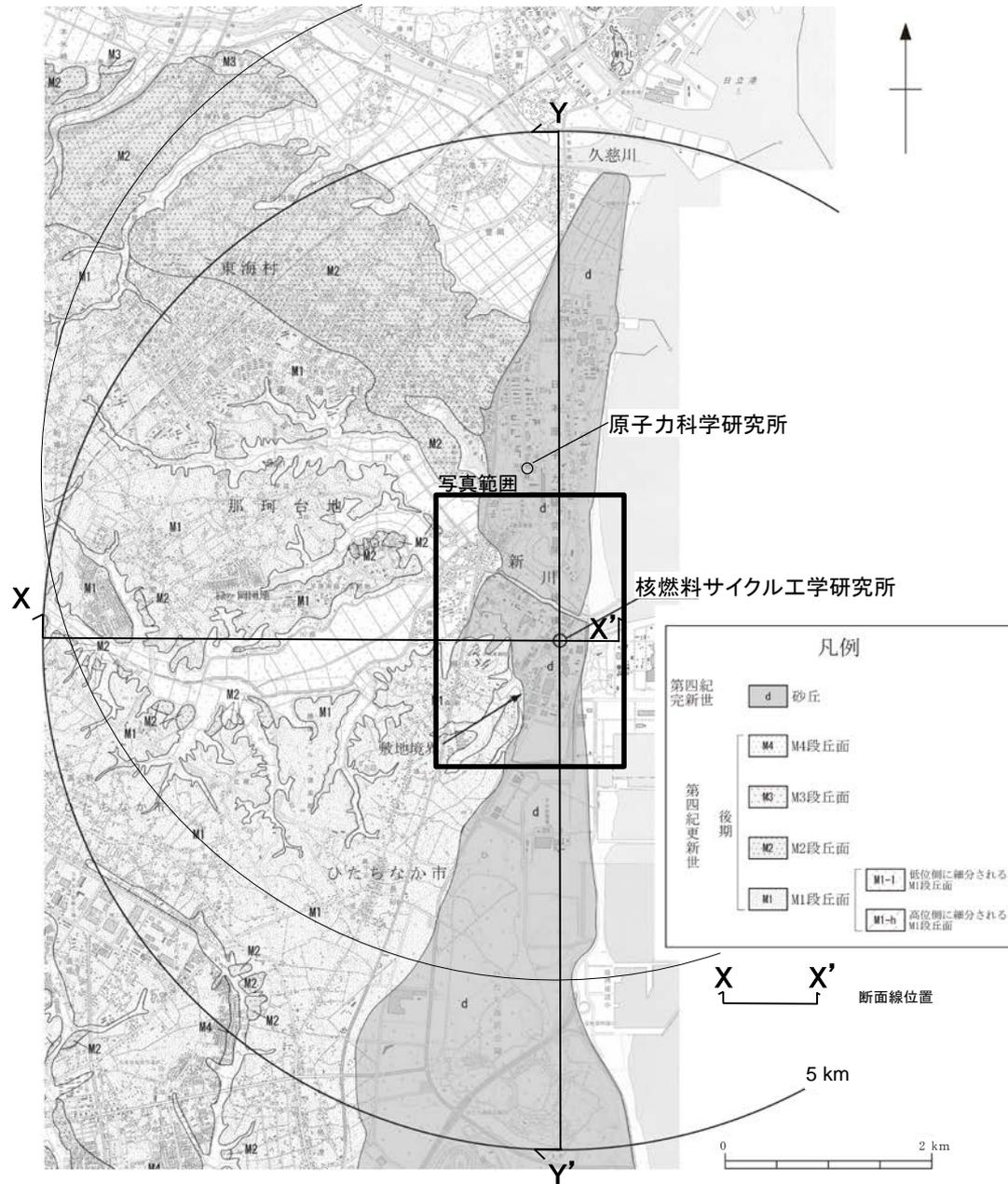


この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。  
 (承認番号 平26情複、第337号) 及び  
 (承認番号 平26情複、第540号)  
 本図面を第三者がさらに複製する場合は国土地理院の長の承認を得なければならない。

← 同時活動性評価 約58 km →

凡例	
陸域	
	地震断層(破線は推定区間) (丸山ほか、2013)
	断層 (破線は伏在区間)
	判断したりニアメント
	「新編 日本の活断層(1991)」において塩ノ平地震断層北方に示されている確実度Ⅲのリニアメント
海域	
	断層 (単線は低い側を示す)
	伏在断層 (単線は低い側を示す)

図1-14 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層の同時活動性の評価



※) 撮影時点において、敷地は、耕地、林地等であり、著しい地形改変はされていない。(1947年撮影)

図1-15 敷地近傍の地形図及び変動地形学的調査結果図

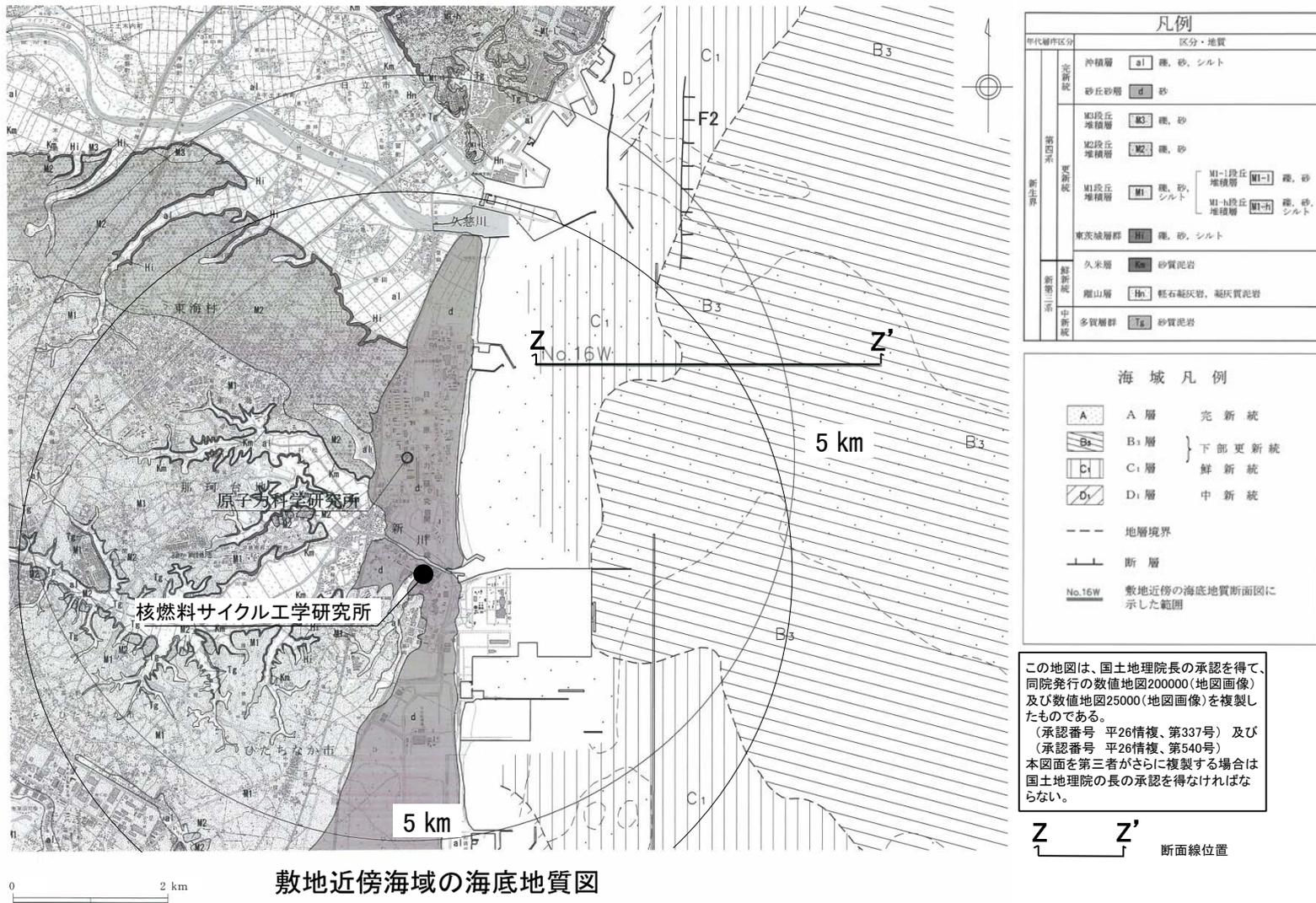
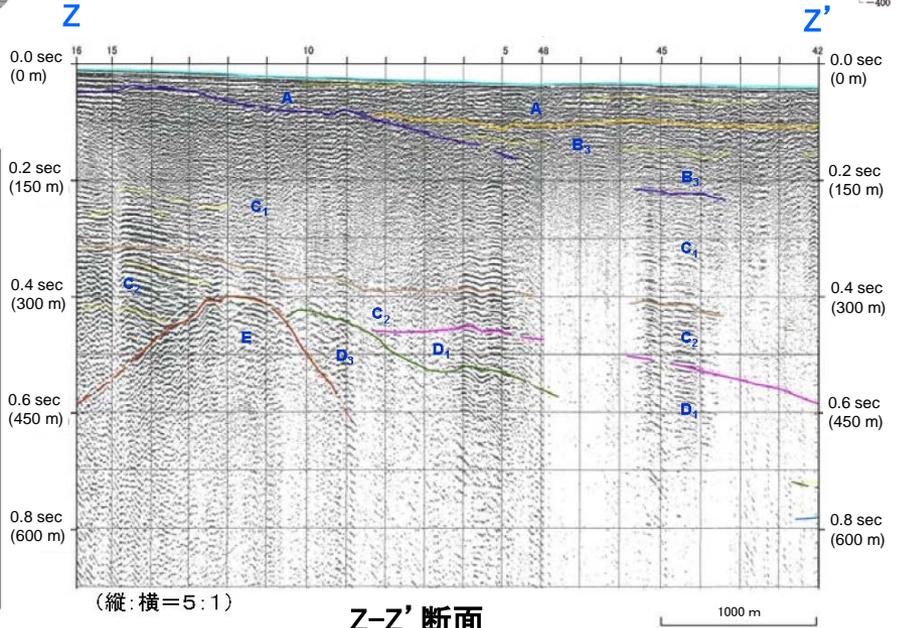
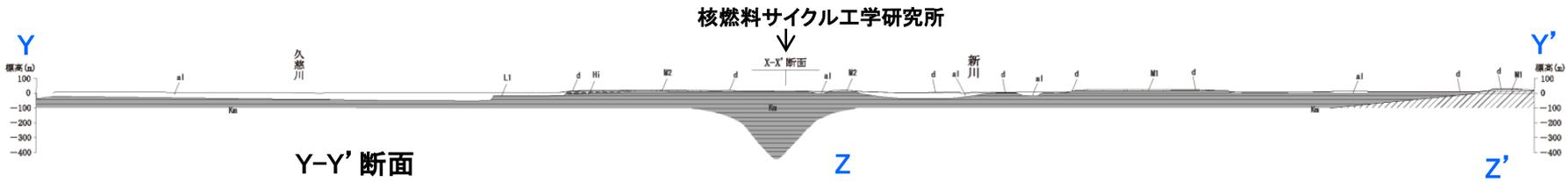
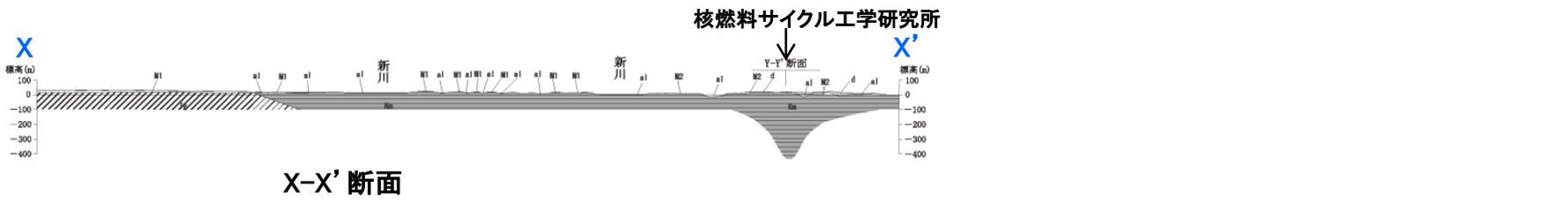


図1-16 敷地近傍海域の海底地質図



凡例	
年代層序区分	区分・岩相
完新統	沖積層 a1 礫、砂、シルト
	砂丘砂 d 砂
第四系	L1段丘堆積物 L1 礫、砂
	M2段丘堆積物 M2 礫、砂
	M1段丘堆積物 M1 礫、砂、シルト
新統	東茨城層群 M1c 礫、砂、シルト
鮮新統	久米層 Km 砂質泥岩
	多賀層群 砂質泥岩

海域凡例	
地質時代	海相層序区分
新第三系	完新統 A
	上新統 B <sub>1</sub>
	中新統 B <sub>2</sub>
新第三系	前新統 C <sub>1</sub>
	中新統 C <sub>2</sub>
	中新統 C <sub>3</sub>
志保層	D <sub>1</sub>
	D <sub>2</sub>
志保層	D <sub>3</sub>
	E

図1-17 敷地近傍の地質・地質構造【地質断面図】



図1-18 敷地の地形図及び段丘面区分図



東海村都市計画図に加筆

凡例

年代層序区分		区分・岩相	
第四系	完新統	沖積層 <b>a1</b> 礫、砂、シルト	砂丘砂層 <b>d</b> 砂
	更新統	M1段丘堆積物 <b>M1</b> 礫、砂、シルト	東茨城層群 <b>H1</b> 礫、砂、シルト

0 100 200 300 400 500 m

図1-19 敷地の地質図

凡例

年代層序区分		区分・地質	
第四系		第四系	
新第三系	鮮新世	久米層	Km 砂質泥岩
			鍵層 (凝灰岩)

地質境界線

ボーリング孔  
(破線は投影)

断面交差位置

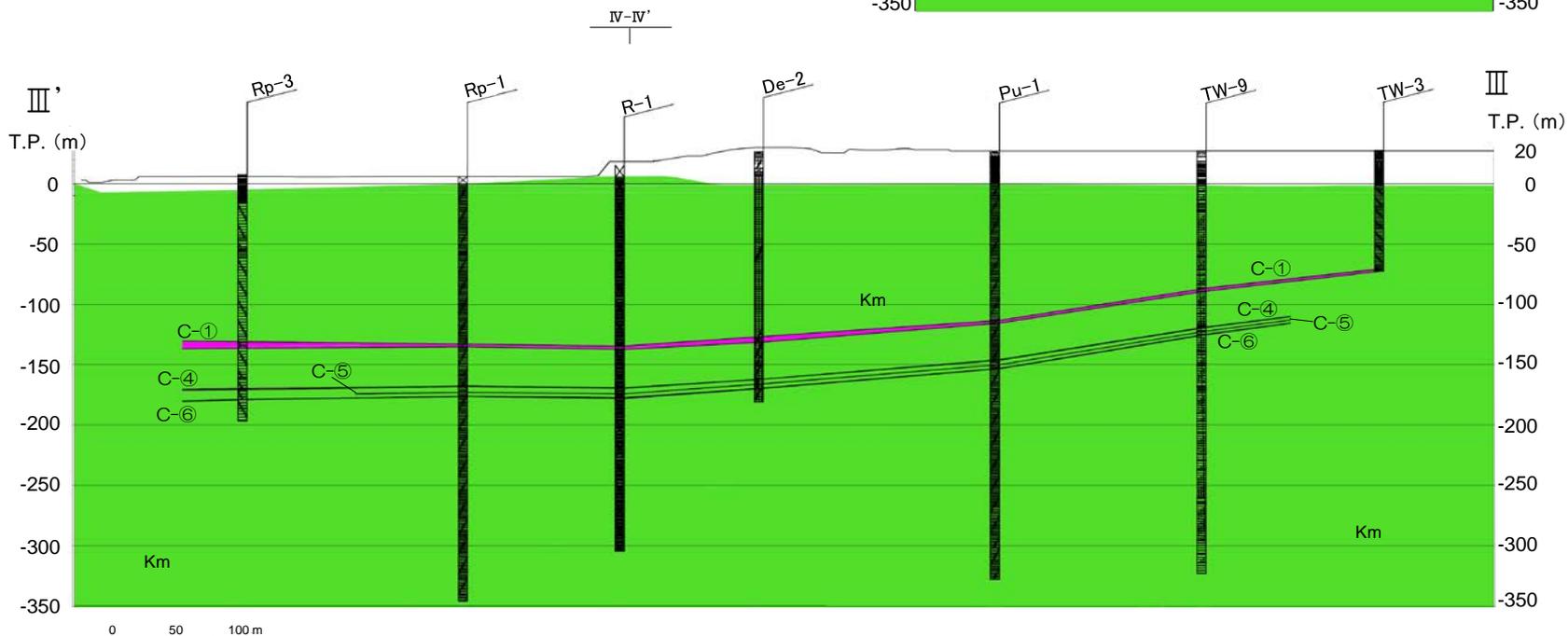
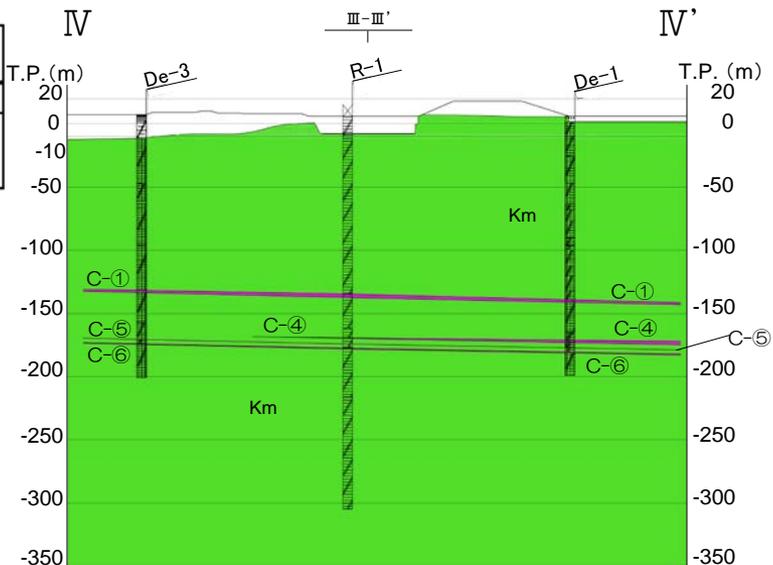
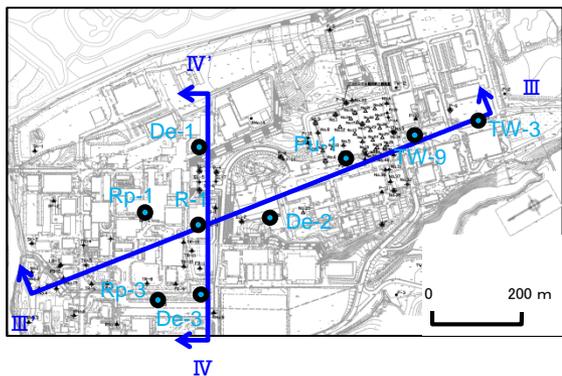


図1-20 敷地の地質・地質構造(鍵層の連続性)

## 2 基準地震動の策定

### 2.1 概要

基準地震動 $S_s$ の策定に当たり、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動において選定する敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）及び震源を特定せず策定する地震動において考慮する地震については、隣接する原子力科学研究所（JRR-3）における地震動評価を参照する。JRR-3の地震動評価では、敷地周辺における過去の被害地震及び活断層の分布状況並びに国等が想定する地震等、最新の知見を踏まえ、以下に示す地震学的見地から想定することが適切な地震及び地震動を考慮している。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」

- ・ F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震
- ・ 2011 年東北地方太平洋沖型地震
- ・ 茨城県南部の地震

「震源を特定せず策定する地震動」

- ・ 加藤ほか（2004）<sup>(1)</sup> に基づき設定した応答スペクトル
- ・ 2004 年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動

以上を踏まえ、再処理施設における「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、不確かさを考慮した地震動評価を行い、基準地震動 $S_s$ を策定する。

### 2.2 敷地周辺の地震発生状況

#### 2.2.1 過去の被害地震

宇佐美ほかの「日本被害地震総覧」（2013）<sup>(2)</sup> 及び気象庁の「気象庁地震カタログ」（2017）<sup>(3)</sup> に記載されている被害地震のうち、敷地からの震央距離が約 200 km 以内の被害地震の震央分布を図 2-1 に示す。ここで、地震の規模及び震央位置は、1922 年以前の地震については宇佐美ほか（2013）<sup>(2)</sup> を、1923 年以降の地震については気象庁（2017）<sup>(3)</sup> を用いている。

#### 2.2.2 活断層の分布状況

敷地周辺で実施した地質調査の結果に基づく敷地周辺の活断層等の分布を図 2-2 に示す。

### 2.3 敷地及び敷地近傍の地盤振動特性

### 2.3.1 解放基盤表面の設定

地質調査によると，新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層は敷地及び敷地近傍でほぼ水平で相当な広がりを持って分布しており，敷地内において G.L. 約-6 m 以深からボーリング調査下端の G.L. 約-344 m まで分布している。また，PS 検層結果によると G.L. -309 m 以深で S 波速度がおおむね 0.7 km/s 以上となり，著しい風化も見られない。以上を踏まえ，G.L. -309 m の位置に解放基盤表面を設定する。なお，地震動評価のうち応答スペクトルに基づく手法における解放基盤表面での地盤の弾性波速度値を，P 波速度については 1.855 km/s と，S 波速度については 0.7 km/s と設定する。敷地における解放基盤表面の設定を図 2-3 に示す。

### 2.3.2 地盤構造モデル

地震動評価に用いる地盤構造モデルについては，解放基盤表面付近以浅をモデル化した浅部の地盤構造モデルと，解放基盤表面付近以深をモデル化した深部の地盤構造モデルを設定する。

浅部の地盤構造モデルは，地震観測記録から表層地盤の影響を取り除くはぎとり解析に用いることとし，敷地内で実施したボーリング孔（RP-1）における PS 検層等の地質構造調査結果を踏まえ，その付近に設置された地中地震計から得られた地震観測記録を用いて最適化したものを採用する。

一方，深部の地盤構造モデルは，敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価及び震源を特定せず策定する地震動の評価に用いることとし，敷地及び敷地周辺で実施した微動アレイ探査や地震波速度トモグラフィ解析等の地質構造調査結果を踏まえて最適化したものを採用する。

浅部の地盤構造モデルを表 2-1 に，深部の地盤構造モデルを表 2-2 に示す。

## 2.4 基準地震動 $S_s$

### 2.4.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

#### (1) 検討用地震の選定

地震発生様式ごとに，敷地に大きな影響を及ぼすと予想される地震を検討用地震として選定する。

##### (i) 内陸地殻内地震

敷地周辺における過去の被害地震及び活断層の分布状況を踏まえ，

敷地への影響が大きい F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震を検討用地震として選定する。

(ii) プレート間地震

敷地周辺における過去の被害地震及び地震動評価機関によって想定される地震を踏まえ、敷地への影響が大きい 2011 年東北地方太平洋沖地震の本震を検討用地震として選定する。なお、以降の地震動の評価に当たっては、2011 年東北地方太平洋沖型地震として扱う。

(iii) 海洋プレート内地震

敷地周辺における過去の被害地震及び地震動評価機関によって想定される地震を踏まえ、敷地への影響が大きい茨城県南部の地震を検討用地震として選定し、中央防災会議（2004）<sup>(4)</sup>（2013）<sup>(5)</sup>の知見を踏まえて地震動評価を行う。

(2) 検討用地震の地震動評価

(i) 内陸地殻内地震

a. 基本震源モデルの設定

F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の基本震源モデルは、原則として地震調査研究推進本部（2017）<sup>(6)</sup>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。）及び地質調査結果に基づき設定する。

設定した基本震源モデルの断層パラメータを表 2-3 に、断層モデルを図 2-4 に示す。

b. 不確かさを考慮するパラメータの選定

地震動評価における不確かさとして、短周期レベル、断層傾斜角及びアスペリティ位置について考慮する。

地震動評価において考慮する各検討ケースを表 2-4 に、設定した各検討ケースの断層パラメータを表 2-5 に、断層モデルを図 2-5 に示す。

c. 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

応答スペクトルに基づく手法による地震動評価は、Noda *et al.*（2002）<sup>(7)</sup>に基づき行うものとし、福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震による補正係数を考慮し、Noda *et al.*（2002）<sup>(7)</sup>による内陸地殻内地震に対する補正については考慮しない。設定した補正係数を図 2-6 に示す。

表 2-4 に示す検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを図 2-7 に示す。

d. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

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及び波数積分法を用いたハイブリッド法により行う。要素地震の諸元を表 2-6 に、震央位置を図 2-8 に示す。

表 2-4 に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを図 2-9 に示す。

(ii) プレート間地震

a. 基本震源モデルの設定

2011 年東北地方太平洋沖型地震の基本震源モデルは、諸井ほか(2013)<sup>(8)</sup>における検討を踏まえ、強震動予測レシピに基づき設定する。

設定した基本震源モデルの断層パラメータを表 2-7 に、断層モデルを図 2-10 に示す。

b. 不確かさを考慮するパラメータの選定

地震動評価における不確かさとして、SMGA 位置、短周期レベル及び両者の重畳について考慮する。

地震動評価において考慮する各検討ケースを表 2-8 に、設定した各検討ケースの断層パラメータを表 2-9 に、断層モデルを図 2-11 に示す。

c. 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

2011 年東北地方太平洋沖地震の本震のような複雑な震源過程から生成される強震動を、短周期から長周期にわたり精度良く評価できる距離減衰式はないと考えられるため、応答スペクトルに基づく手法による地震動評価として、2011 年東北地方太平洋沖地震の本震における解放基盤波を基に、それを包絡した応答スペクトルを用いる。

上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを図 2-12 に示す。

d. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

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。要素地震の諸元を表 2-10 に、震央位置を図 2-13 に示す。

表 2-8 に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを図 2-14 に示す。

(iii) 海洋プレート内地震

a. 基本震源モデルの設定

茨城県南部の地震の基本震源モデルは、原則として最新の知見である中央防災会議（2013）<sup>(5)</sup>に基づき設定する。

設定した基本震源モデルの断層パラメータを表 2-11 に、断層モデルを図 2-15 に示す。

b. 不確かさを考慮するパラメータの選定

地震動評価における不確かさとして、断層傾斜角、アスペリティ位置、応力降下量及び地震規模について考慮する。

地震動評価において考慮する各検討ケースを表 2-12 に、設定した各検討ケースの断層パラメータを表 2-13 に、断層モデルを図 2-16 に示す。

c. 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

応答スペクトルに基づく手法による地震動評価は、Noda *et al.* (2002)<sup>(7)</sup>に基づき行うものとし、陸域寄りで発生した海洋プレート内地震による補正係数を考慮する。設定した補正係数を図 2-17 に示す。

表 2-12 に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを図 2-18 に示す。

d. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価は、統計的グリーン関数法により行う。

表 2-12 に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを図 2-19 に示す。

## 2.4.2 震源を特定せず策定する地震動

### (1) 評価方針

震源を特定せず策定する地震動の策定に当たっては、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震で得られた震源近傍における観測記録を収集し、それらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定する。

### (2) 既往の知見

加藤ほか（2004）<sup>(1)</sup>は、内陸地殻内地震を対象として、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模をあらかじめ特定できない地震（以下「震源を事前に特定できない地震」という。）による震源近傍の硬質地盤上における強震記録を用いて、震源を事前に

特定できない地震による水平成分の地震動の上限スペクトルを提案している。この加藤ほか（2004）<sup>(1)</sup>による「震源を事前に特定できない地震」は、「震源を特定せず策定する地震動」と同等の考え方に基づく知見と考えられる。

以上を踏まえ、加藤ほか（2004）<sup>(1)</sup>による水平成分の応答スペクトルに対し、Noda *et al.*（2002）<sup>(7)</sup>の方法を用いて敷地の地盤物性を考慮した水平成分及び鉛直成分の応答スペクトルを「震源を特定せず策定する地震動」として考慮する。

加藤ほか（2004）<sup>(1)</sup>に基づき設定した応答スペクトルを図 2-20 に示す。

### (3) 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

震源と断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震に関する震源近傍の観測記録の収集においては、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない Mw6.5 以上の地震及び断層破壊領域が地震発生層内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模も分からない地震として、地震学的見地から全国共通で考慮すべき Mw6.5 未満の地震を対象とする。検討対象地震を表 2-14 に示す。

#### (i) Mw6.5 以上の地震

表 2-14 に示す検討対象地震のうち、Mw6.5 以上の地震である 2008 年岩手・宮城内陸地震及び 2000 年鳥取県西部地震は、事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部痕跡が確認された地震である。これらの地震の震源域と敷地近傍には、地質・地質構造、変動地形、火山フロント、地震地体構造、応力場等について地域差があると考えられる。

2008 年岩手・宮城内陸地震の震源域と敷地近傍の比較を表 2-15 に、2000 年鳥取県西部地震の震源域と敷地近傍の比較を表 2-16 に示す。表に示すように、震源域と敷地近傍の特徴には類似性がないことから、敷地近傍において 2008 年岩手・宮城内陸地震及び 2000 年鳥取県西部地震と同様の地震が発生する可能性は低いと考えられるため、観測記録の収集対象外とする。

#### (ii) Mw6.5 未満の地震

表 2-14 に示した検討対象地震のうち、2008 年岩手・宮城内陸地震及び 2000 年鳥取県西部地震を除いた 14 地震について、震源近傍

の観測記録を収集し、その地震動レベルを整理した。その結果、加藤ほか（2004）<sup>(1)</sup>による応答スペクトルとの比較から敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる記録として、2004年北海道留萌支庁南部地震、2011年茨城県北部地震、2013年栃木県北部地震、2011年和歌山県北部地震及び2011年長野県北部地震における防災科学技術研究所の強震観測網 K-NET 及び KiK-net 観測点の記録を選定した。このうち、2004年北海道留萌支庁南部地震の記録については、佐藤ほか（2013）<sup>(9)</sup>により K-NET 港町観測点において詳細な地盤調査及び基盤地震動の推定が行われ、信頼性の高い基盤地震動が得られていることから、これらを参考に K-NET 港町観測点の地盤構造モデルの不確かさを考慮した基盤地震動を評価する。

#### (4) 震源を特定せず策定する地震動の設定

震源を特定せず策定する地震動として、「2.4.2 (2) 既往の知見」で示した加藤ほか（2004）<sup>(1)</sup>に基づき設定した応答スペクトル及び「2.4.2 (3) 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集 (ii) Mw6.5 未満の地震」で評価した基盤地震動に K-NET 港町観測点と敷地の解放基盤表面相当位置の地盤物性の相違 (S 波速度で K-NET 港町観測点 938 m/s に対し、敷地は表 2-2 に示す地盤構造モデル (深部) において 700 m/s) による影響等を考慮して評価した地震動の応答スペクトルを考慮する。

ここで、解放基盤表面相当位置の地盤物性の相違による影響等を考慮する際には、「地盤物性の影響を考慮した検討」と「PS 検層に基づく検討」を踏まえた地盤構造モデルを用いて評価した地震動に、保守性を考慮する。検討に当たり設定した地盤構造モデルを表 2-17 に示す。

以上を踏まえた、「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを図 2-21 に示す。

#### 2.4.3 基準地震動 $S_s$ の策定

基準地震動  $S_s$  は、「2.4.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「2.4.2 震源を特定せず策定する地震動」の評価に基づき、敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動として策定する。

##### (1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に基づく基準地震動

Ss

(i) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 Ss

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 Ss は、「2.4.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における各検討用地震の応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果を全て包絡するように設定した基準地震動 Ss-D とする（水平成分を Ss-D<sub>H</sub> と、鉛直成分を Ss-D<sub>V</sub> とする。）。

各検討用地震の応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果と基準地震動 Ss-D の設計用応答スペクトルを比較したものを図 2-22 に示す。また、基準地震動 Ss-D の設計用応答スペクトルのコントロールポイントの値を表 2-18 に示す。

(ii) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss

断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss は、「2.4.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における各検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果と、前節で示した基準地震動 Ss-D の設計用応答スペクトルを比較し、包絡関係を考慮して選定する。

各検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果と基準地震動 Ss-D の設計用応答スペクトルを比較したものを図 2-23 に示す。図 2-23 より、包絡関係を考慮して選定した基準地震動 Ss-1 及び基準地震動 Ss-2 の応答スペクトルを図 2-24 に示す。

(2) 震源を特定せず策定する地震動に基づく基準地震動 Ss

震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 Ss は、「2.4.2 震源を特定せず策定する地震動」における震源を特定せず策定する地震動の評価結果と、「2.4.3 (1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に基づく基準地震動 Ss」に示す基準地震動 Ss を比較し、包絡関係を考慮して選定する。

震源を特定せず策定する地震動の評価結果と基準地震動 Ss-D の設計用応答スペクトルを比較したものを図 2-25 に示す。図 2-25 より、基準地震動 Ss-D の設計用応答スペクトルが全ての周期帯において震源を特定せず策定する地震動の評価結果を上回ることを確認した。

(3) 基準地震動 Ss の応答スペクトル

「2.4.3 (1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に基づく

基準地震動  $S_s$ 」及び「2.4.3 (2) 震源を特定せず策定する地震動に基づく基準地震動  $S_s$ 」を踏まえて策定した基準地震動  $S_s$  の応答スペクトルを図 2-26 に示す。

#### (4) 基準地震動 $S_s$ の時刻歴波形

基準地震動  $S_s$  の時刻歴波形は、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動  $S_s$ -D の設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波と、断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s$ -1 及び基準地震動  $S_s$ -2 の地震波とする。

基準地震動  $S_s$ -D の設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波は、乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成するものとし、振幅包絡線の経時的变化については、Noda *et al.* (2002)<sup>(7)</sup> の方法に基づき、表 2-19 に示す形状とする。

策定した基準地震動  $S_s$ -D の時刻歴波形を図 2-27 に、断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s$ -1 及び基準地震動  $S_s$ -2 の時刻歴波形を図 2-28 に示す。また、基準地震動  $S_s$  の最大加速度値を表 2-20 に示す。

#### (参考文献)

- (1) 加藤研一，宮腰勝義，武村雅之，井上大榮，上田圭一，壇一男．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．vol.4，no.4，2004，pp.46-86.
- (2) 宇佐美龍夫，石井寿，今村隆正，武村雅之，松浦律子．日本被害地震総覧 599-2012．東京大学出版会．2013，724p.
- (3) 気象庁．地震月報（カタログ編）．2017-05-31 時点．ほか
- (4) 中央防災会議．中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」（第 12 回）地震ワーキンググループ報告書．2004-11-17.
- (5) 中央防災会議．首都直下地震モデル検討会「首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書」．2013-12-19.
- (6) 地震調査研究推進本部地震調査委員会．震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）．2017.
- (7) Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsuya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide

Watanabe. RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES. OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Istanbul, 16-18 October, 2002.

- (8) 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. 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. 2013, pp.381-382.
- (9) 佐藤浩章, 芝良昭, 東貞成, 功刀卓, 前田宜浩, 藤原広行. 物理探査・室内試験に基づく 2004 年留萌支庁南部の地震による K-NET 港町観測点 (HKD020) の基盤地震動とサイト特性評価. 電力中央研究所報告. 2013.

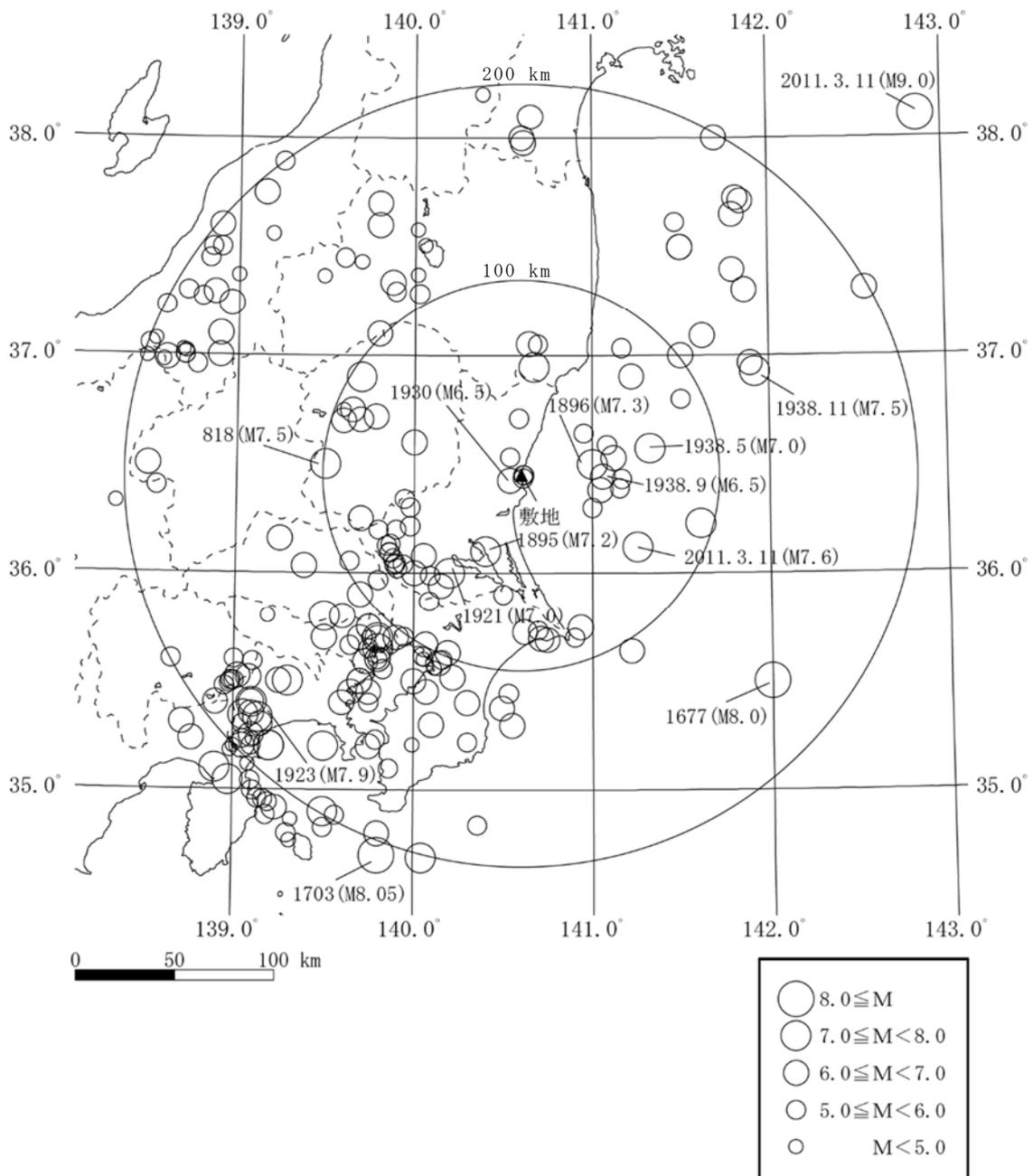


図 2-1 敷地周辺における過去の被害地震の震央分布

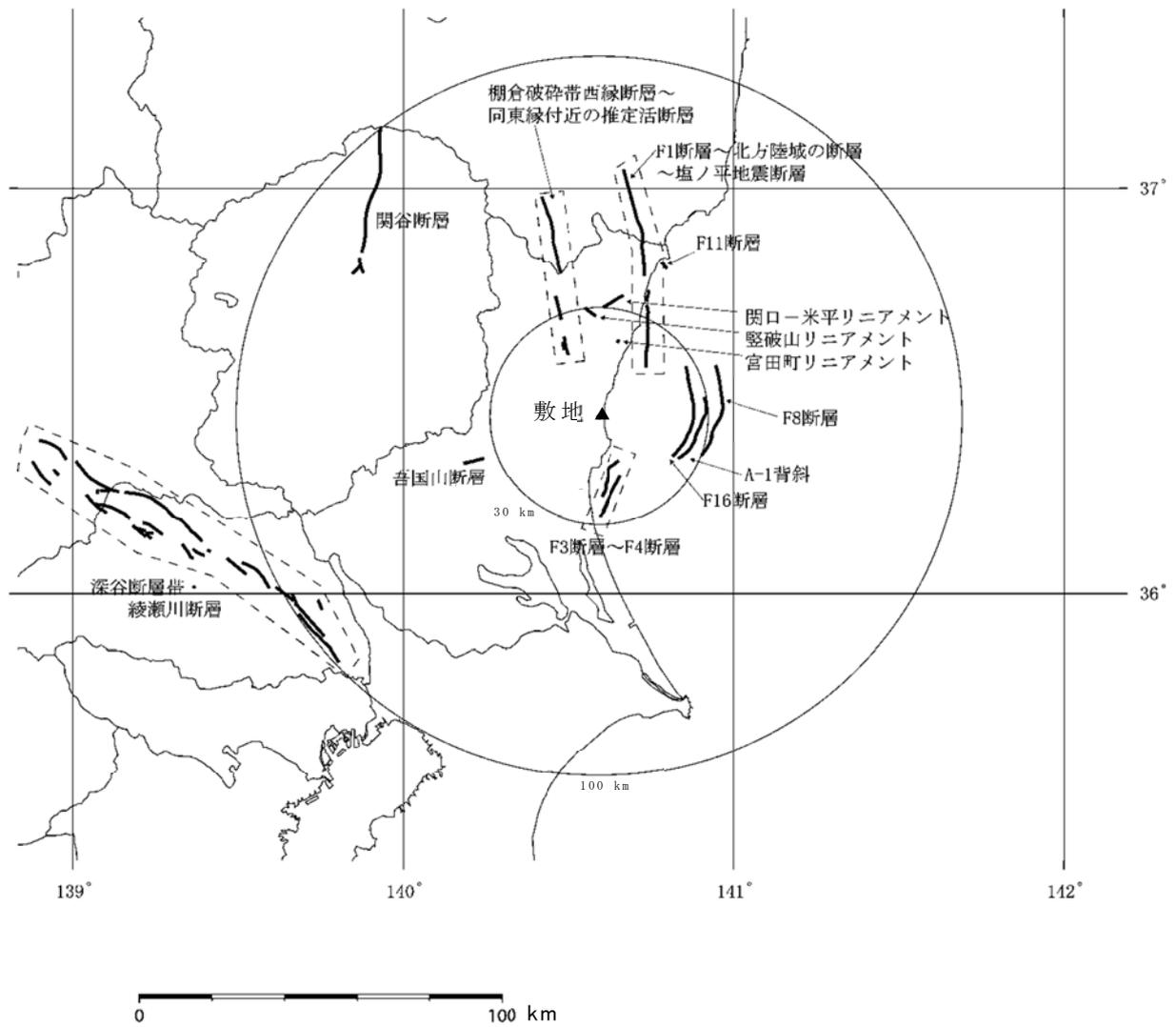
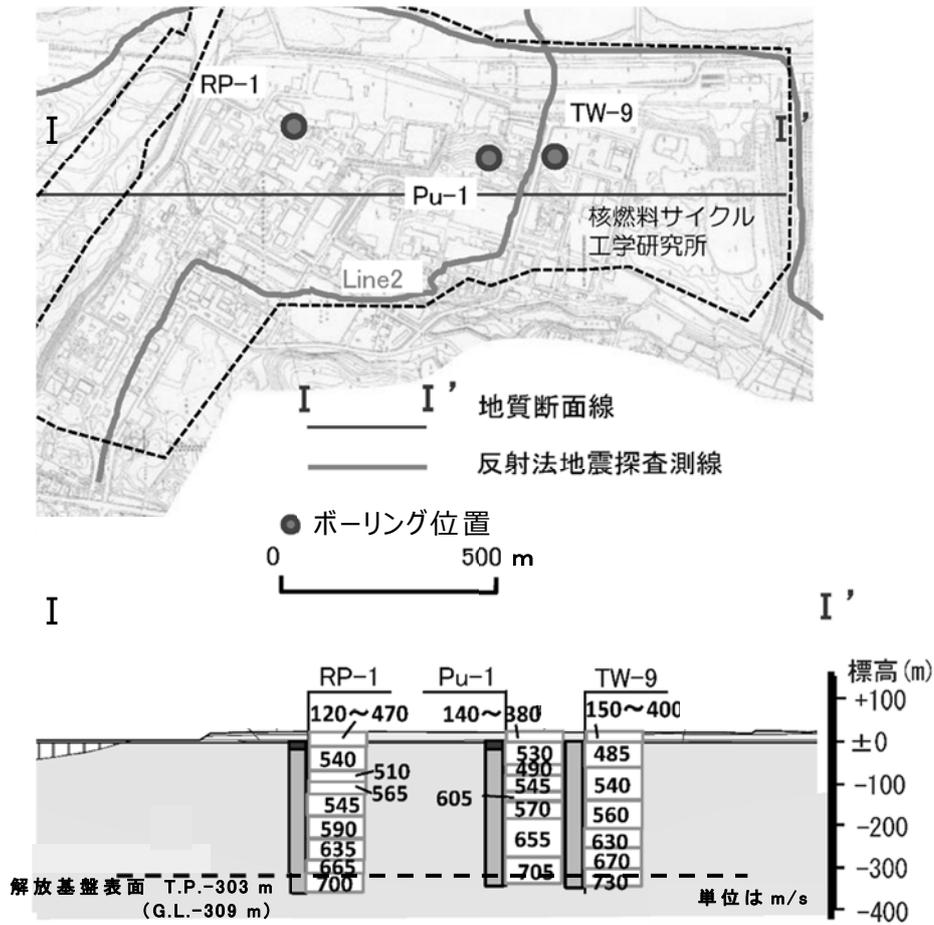


図 2-2 地質調査結果に基づく敷地周辺の活断層等の分布



※ 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成 18 年 9 月 19 日 原子力安全委員会決定）改訂以降に実施した調査結果を記載

図 2-3 敷地における解放基盤表面の設定

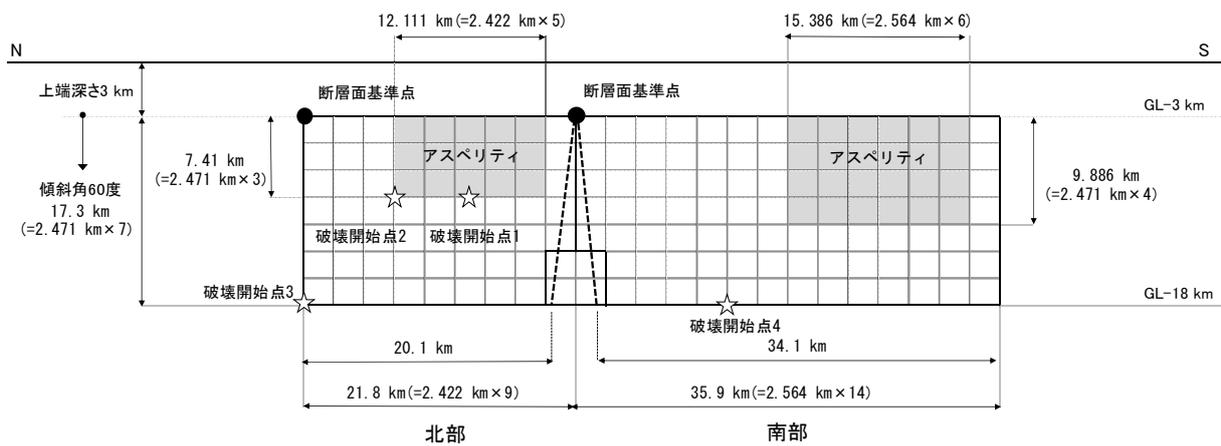
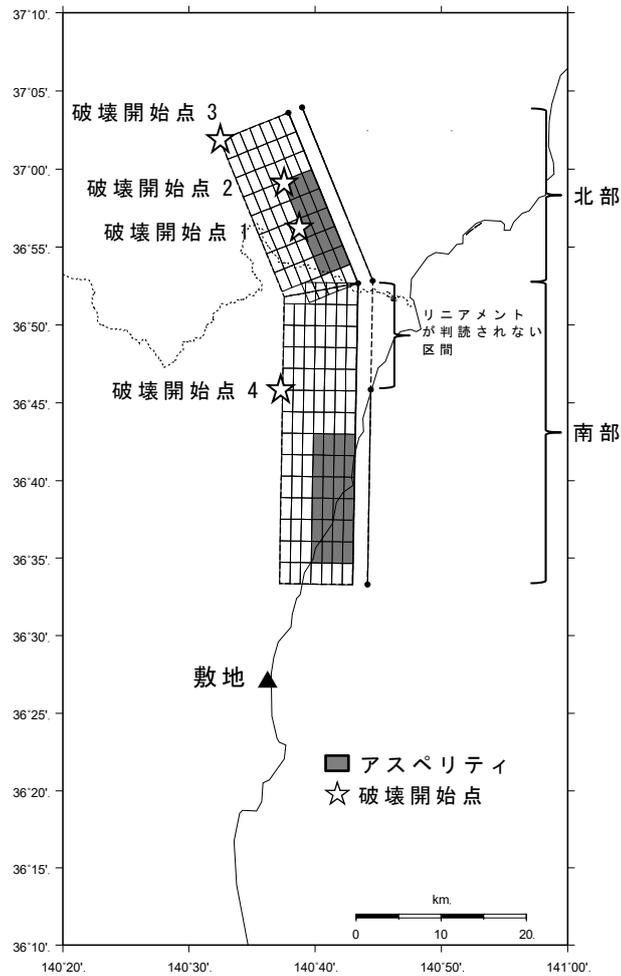


図 2-4 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル (基本震源モデル)

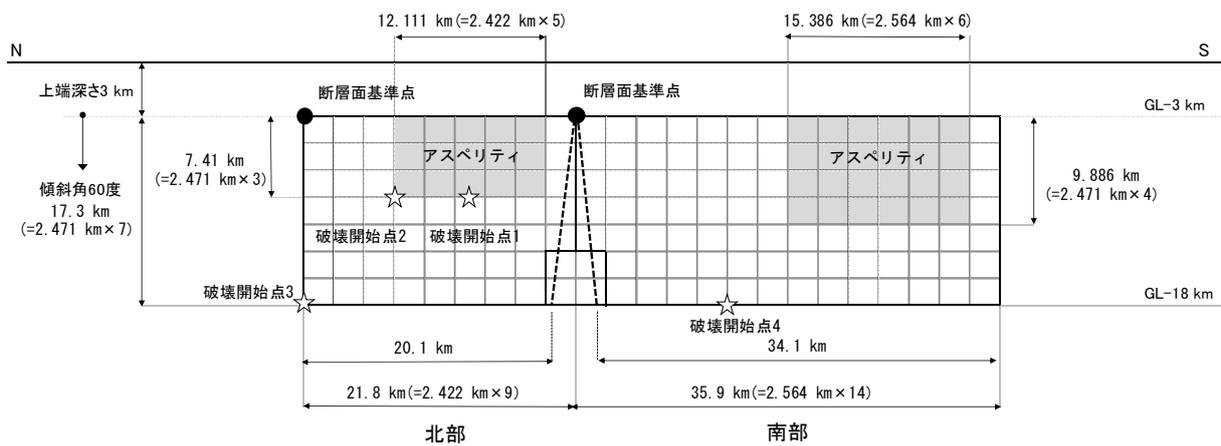
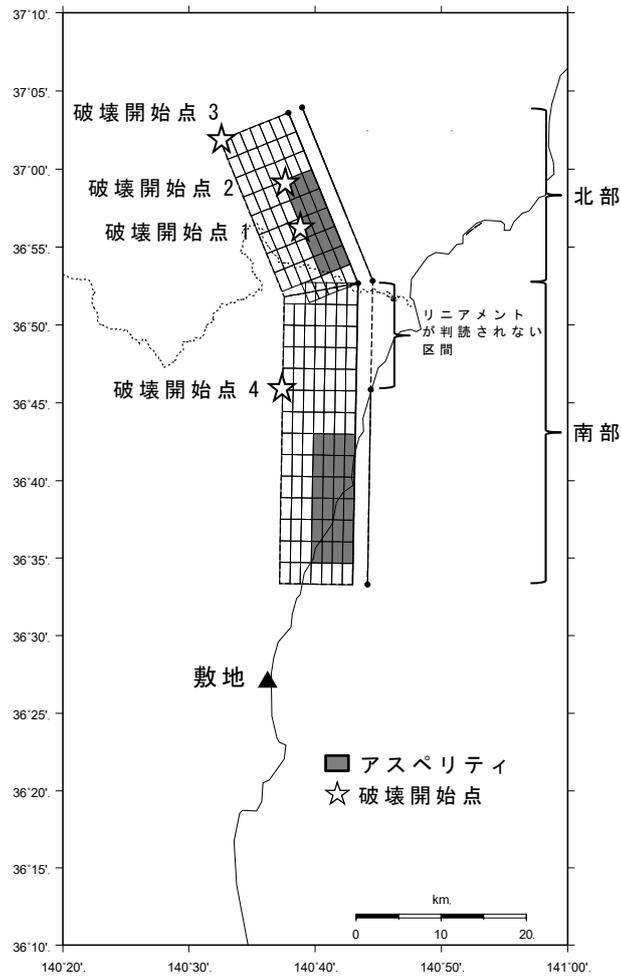


図 2-5(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル (不確かさを考慮したケース: 短周期レベル)

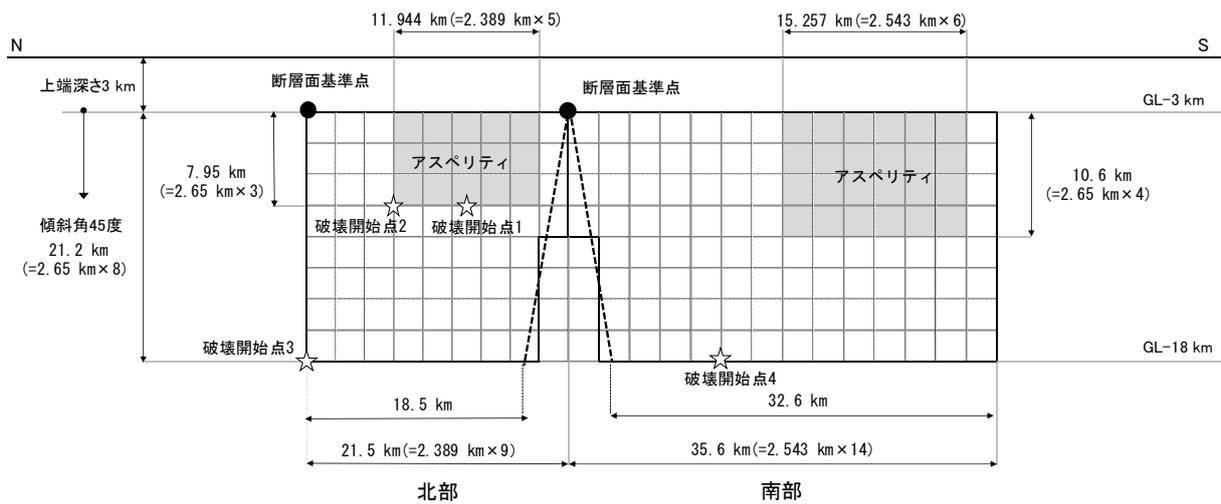
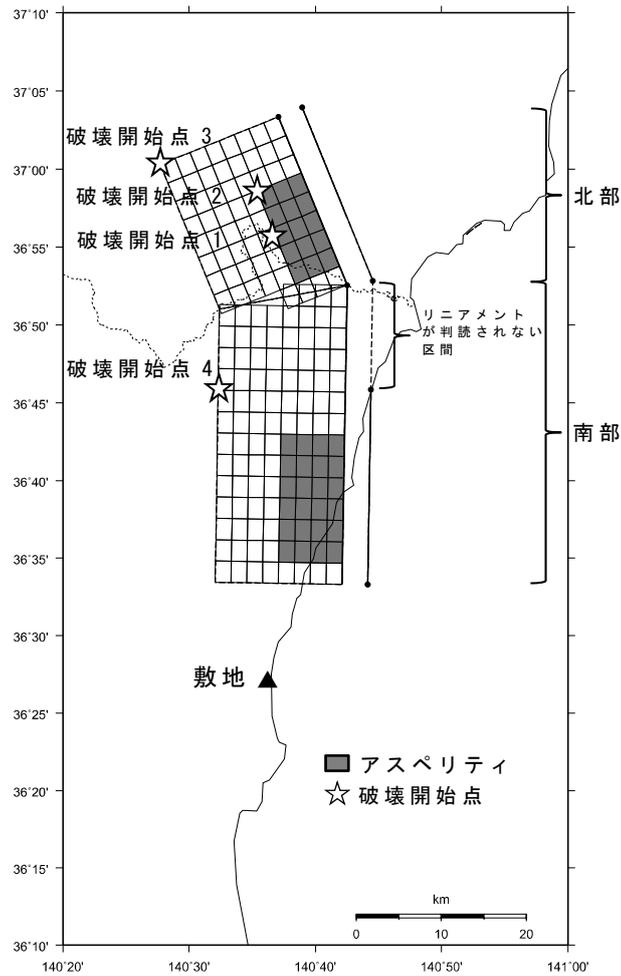


図 2-5(2) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル (不確かさを考慮したケース: 断層傾斜角)

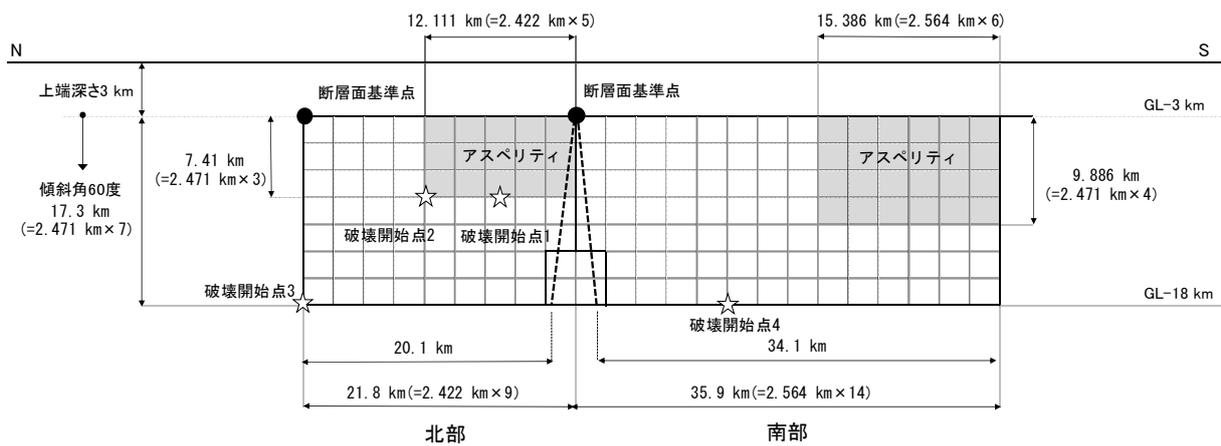
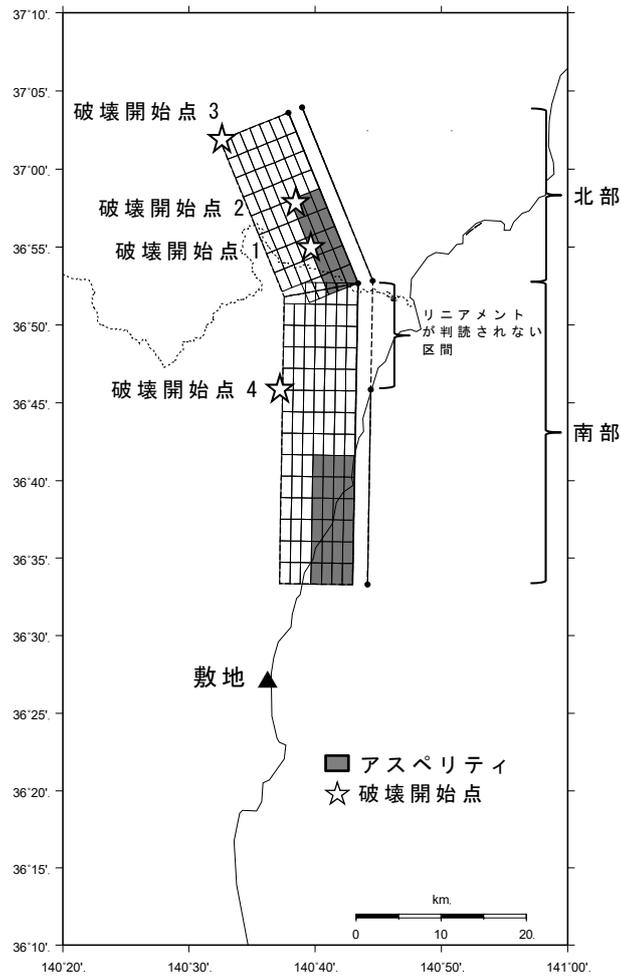
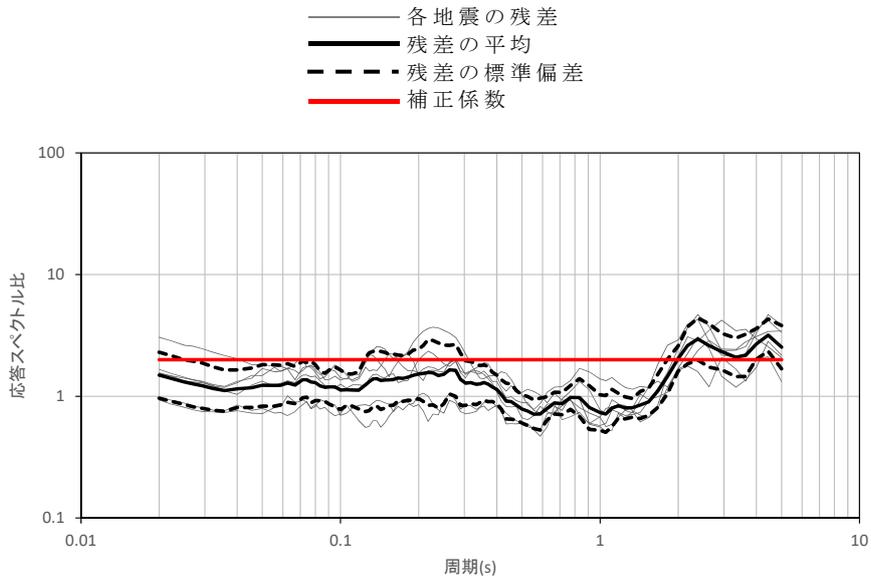
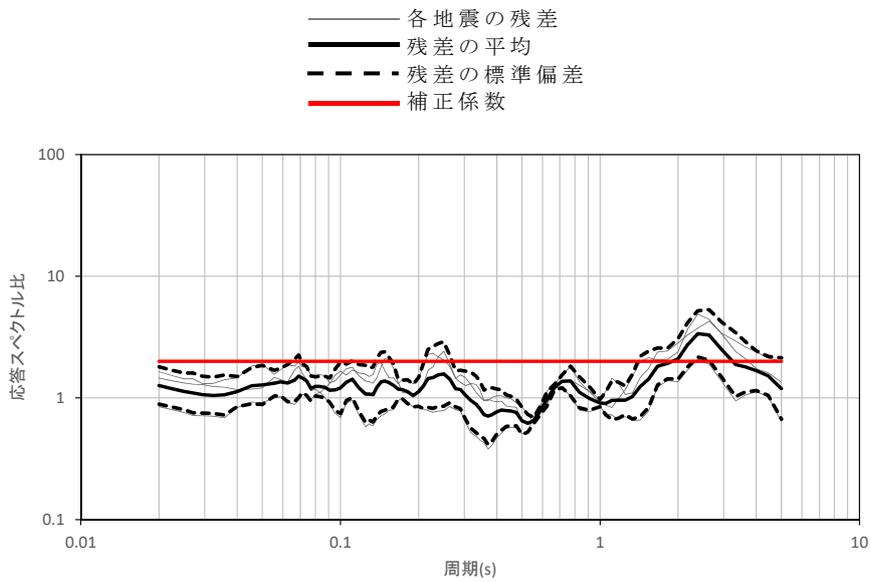


図 2-5(3) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル (不確かさを考慮したケース: アスペリティ位置)



(水平成分)



(鉛直成分)

図 2-6 解放基盤波と Noda *et al.* (2002) の方法による応答スペクトルの比  
(福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震)

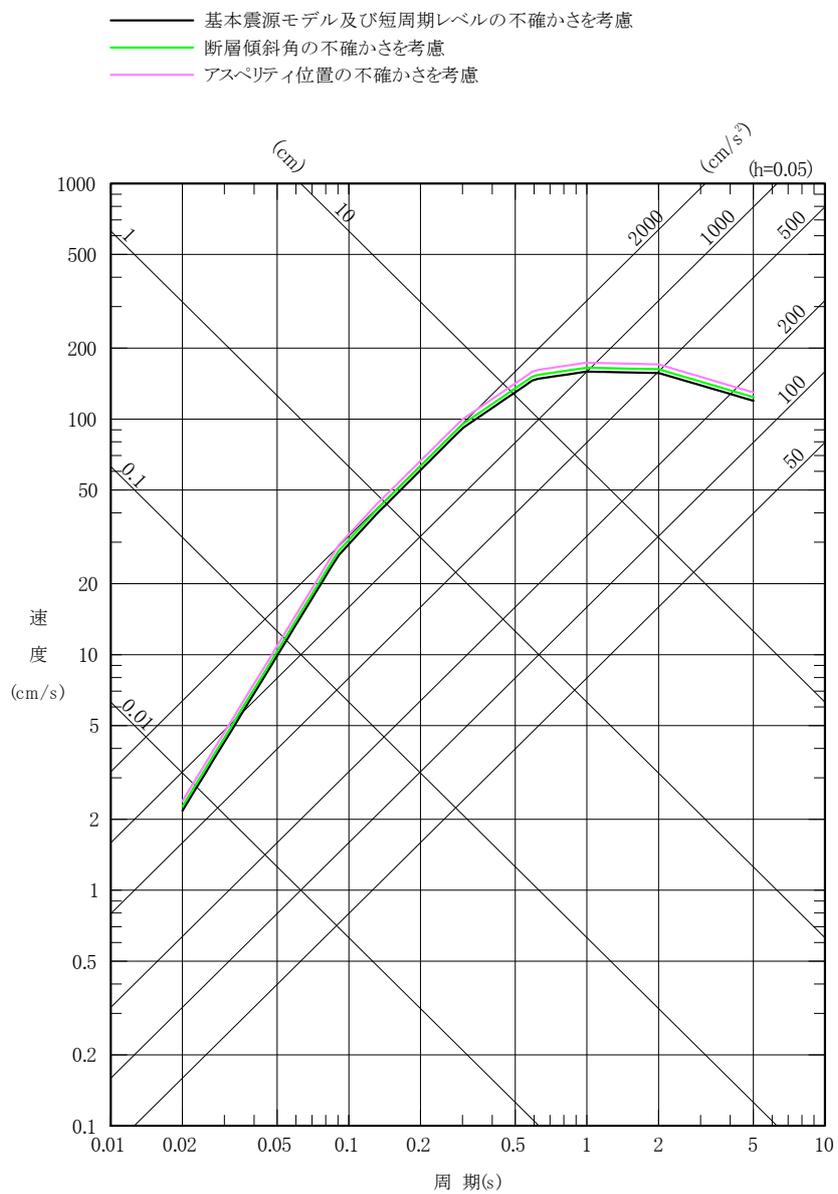


図 2-7(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果  
 (水平成分)

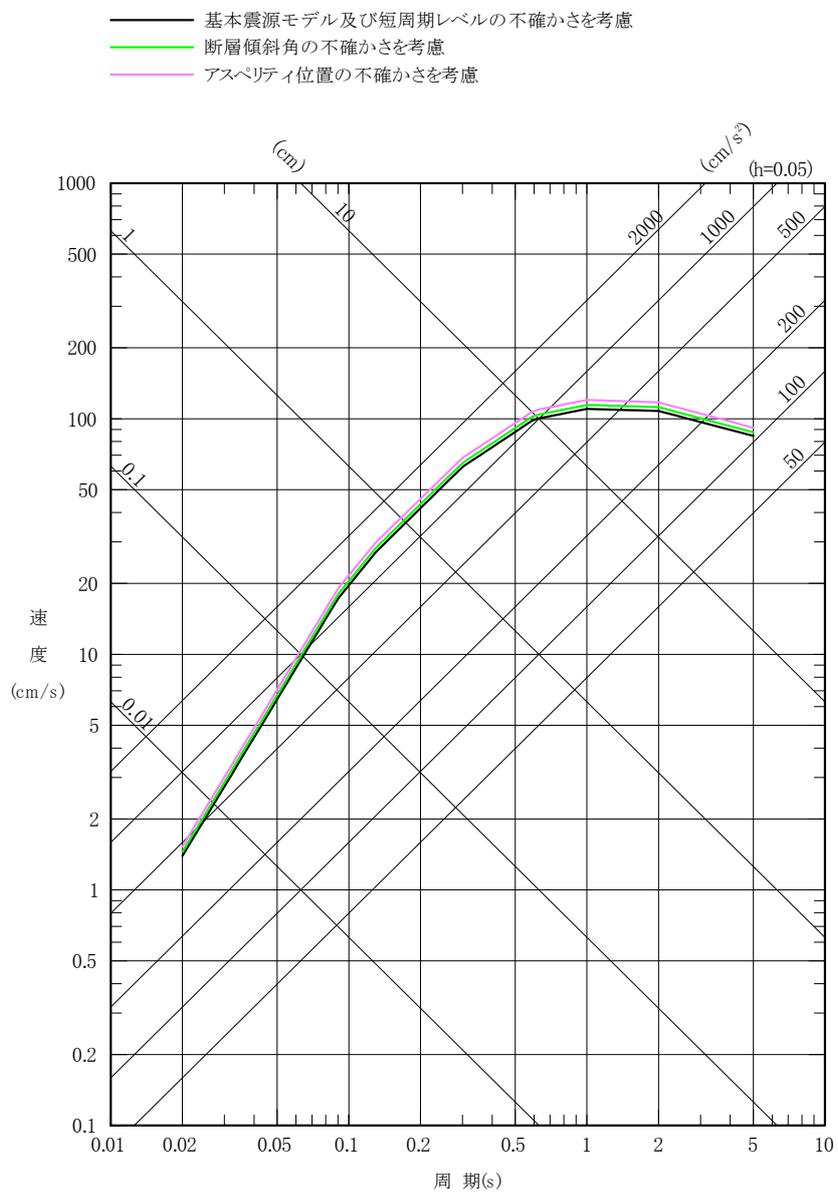


図 2-7(2) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果  
 (鉛直成分)

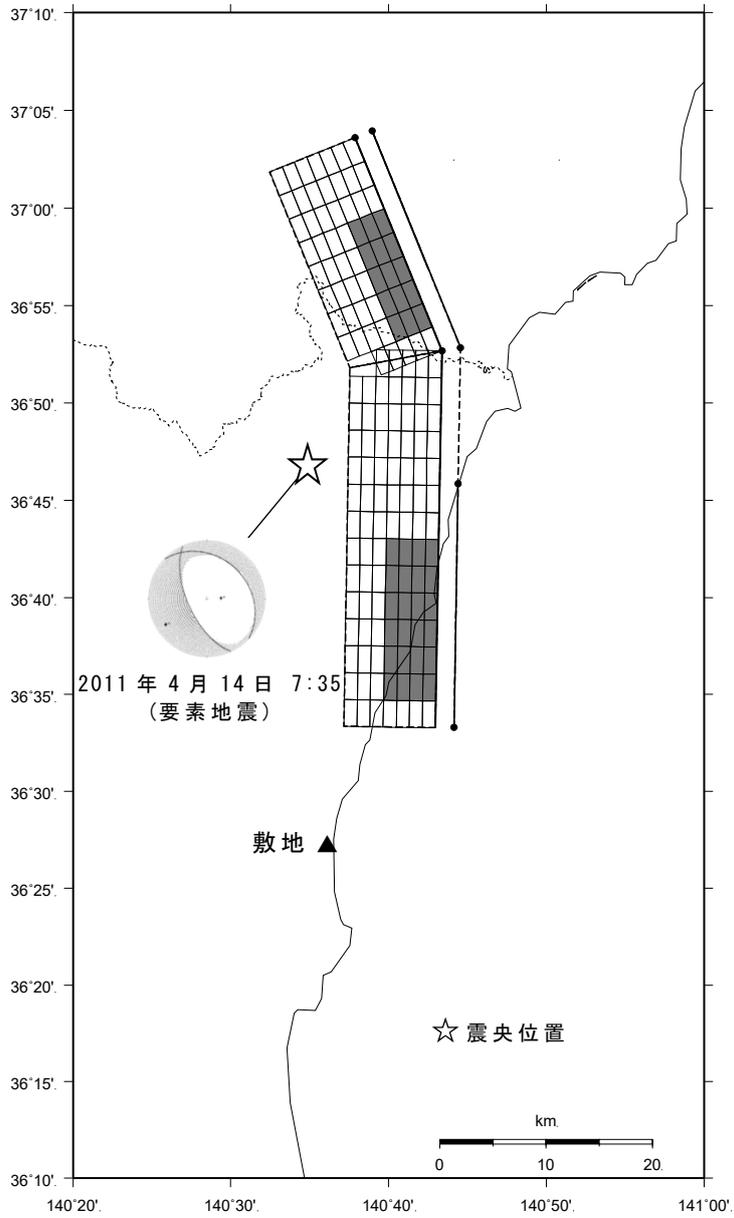


図 2-8 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
地震動評価に用いる要素地震の震央位置

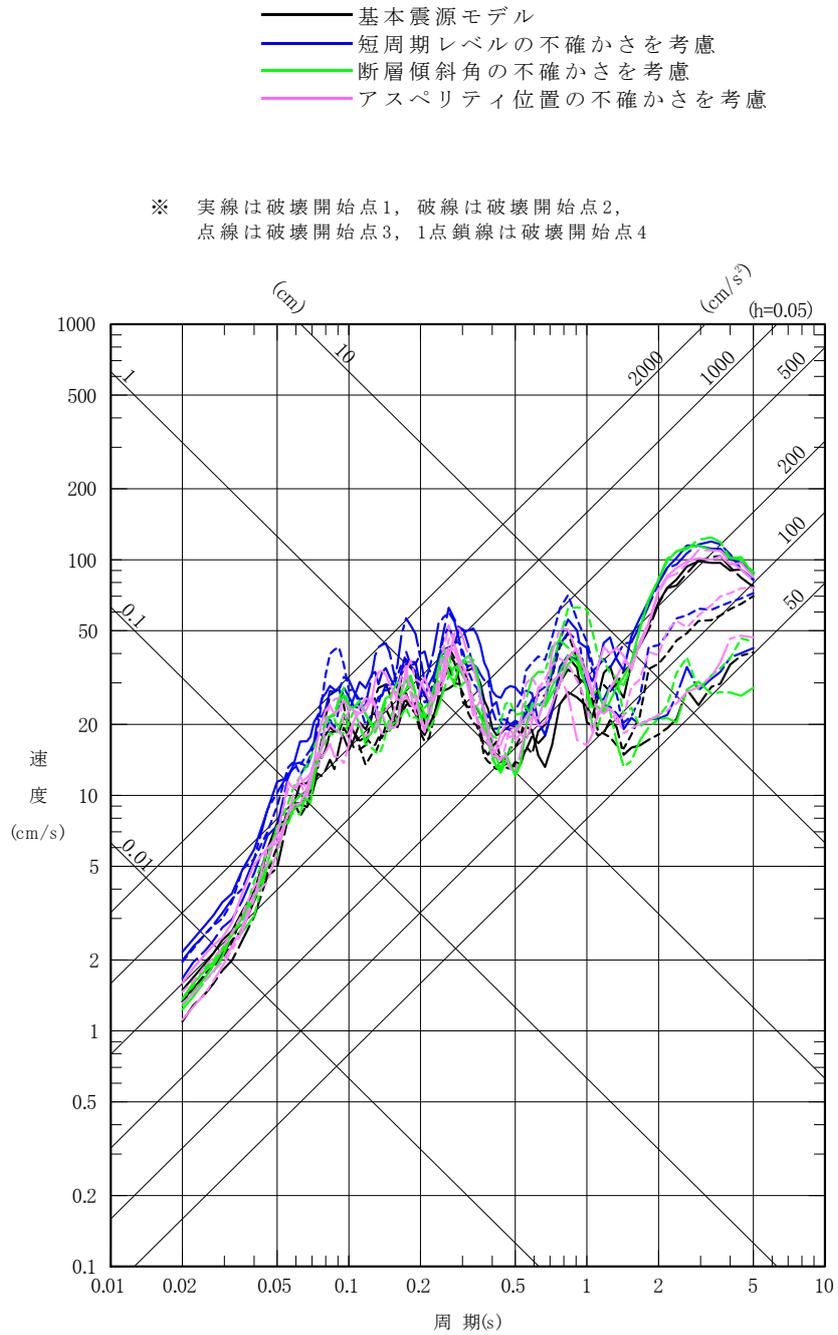


図 2-9(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
(NS 成分)

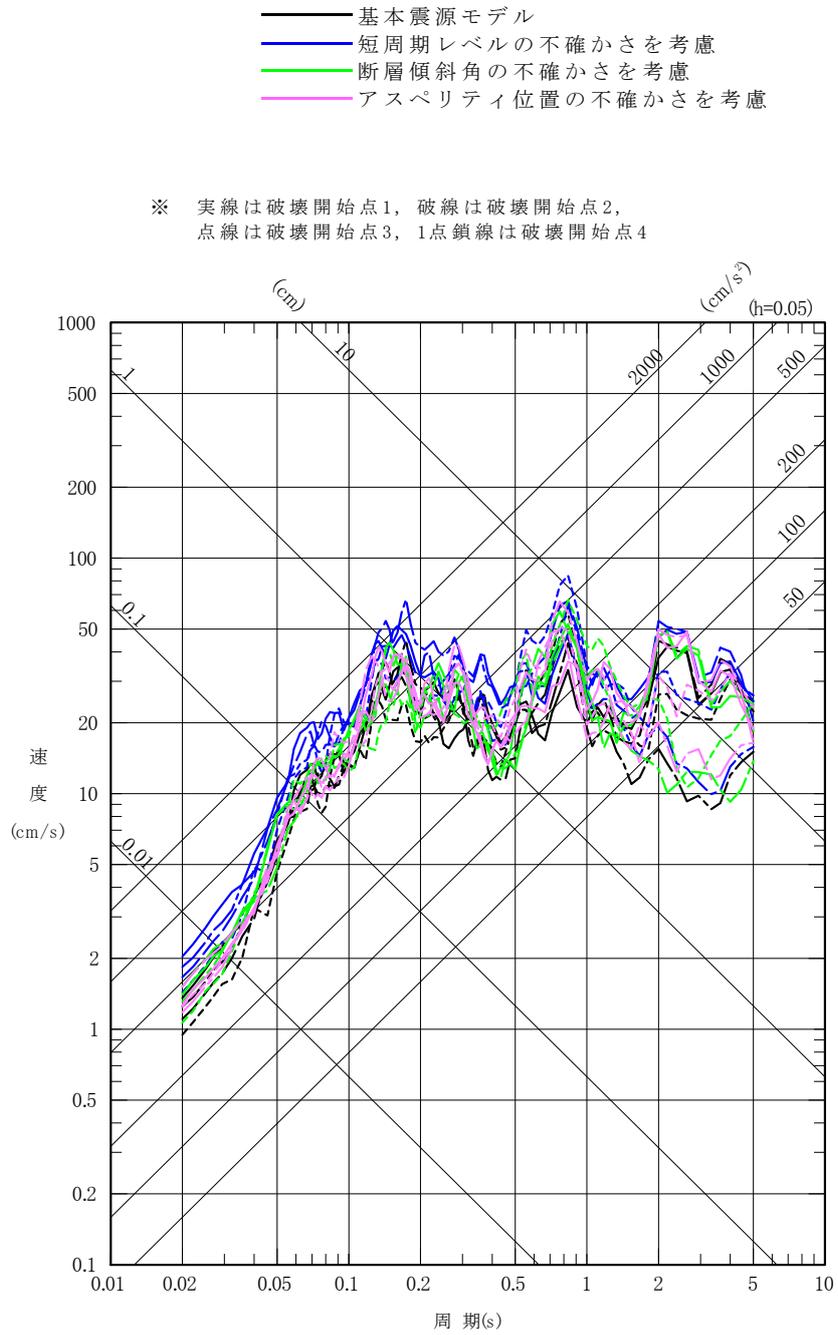


図 2-9(2) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
(EW 成分)

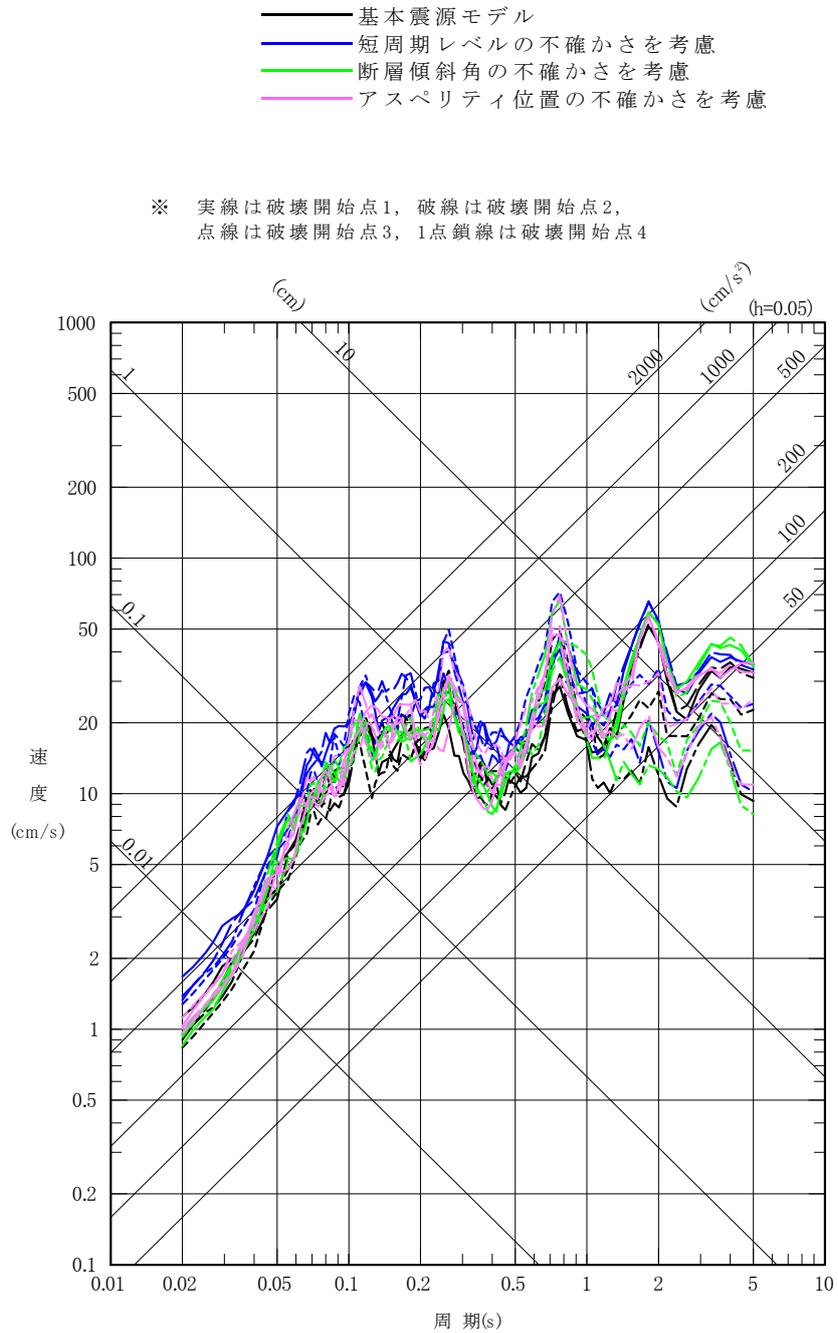


図 2-9 (3) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
(UD 成分)

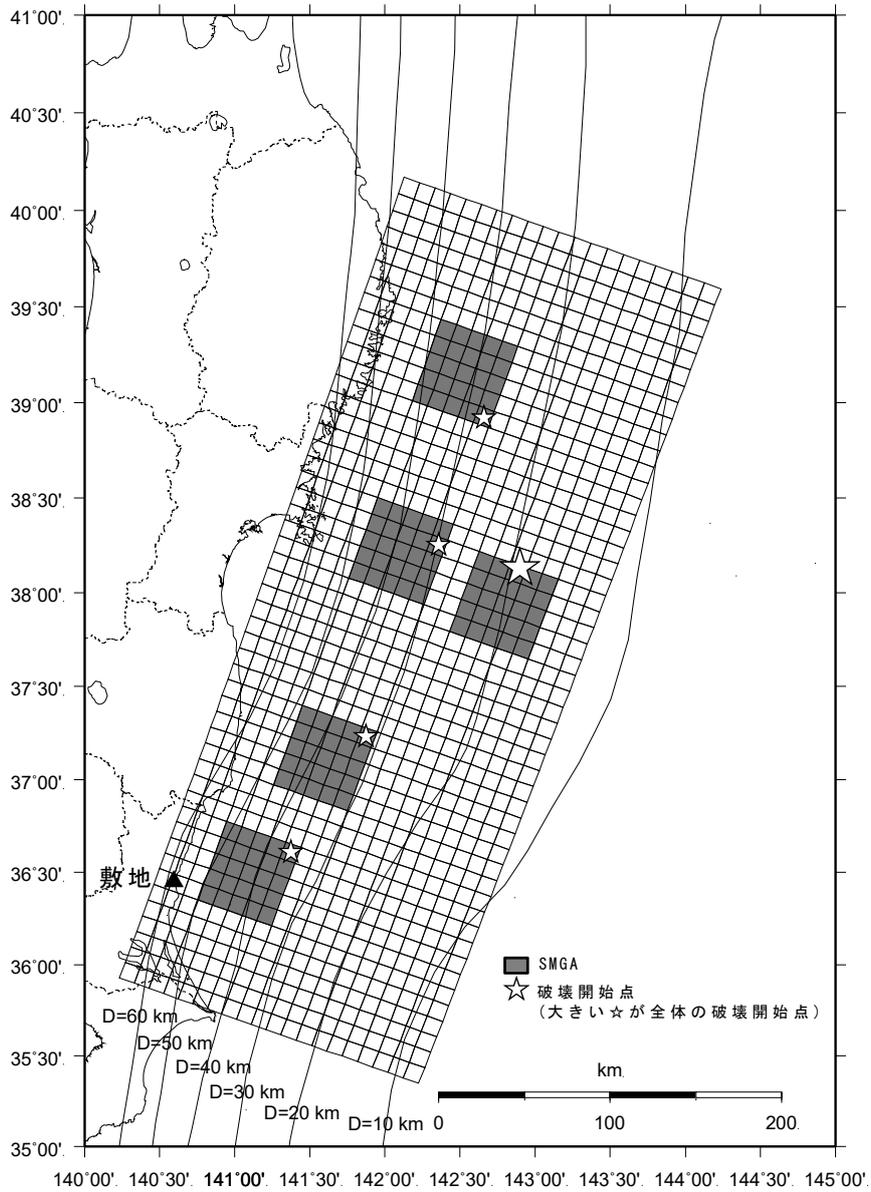


図 2-10 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル  
(基本震源モデル)



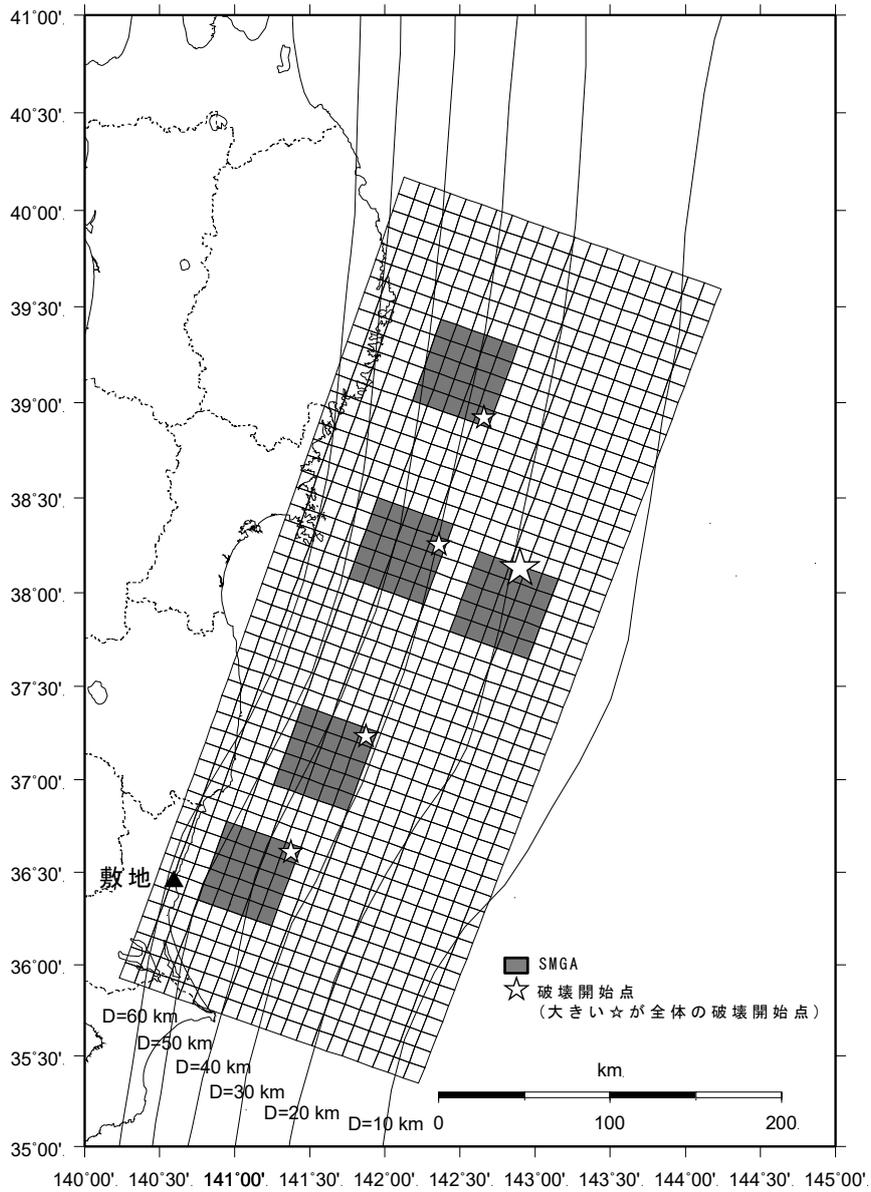


図 2-11(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル  
 (不確かさを考慮したケース：短周期レベル)

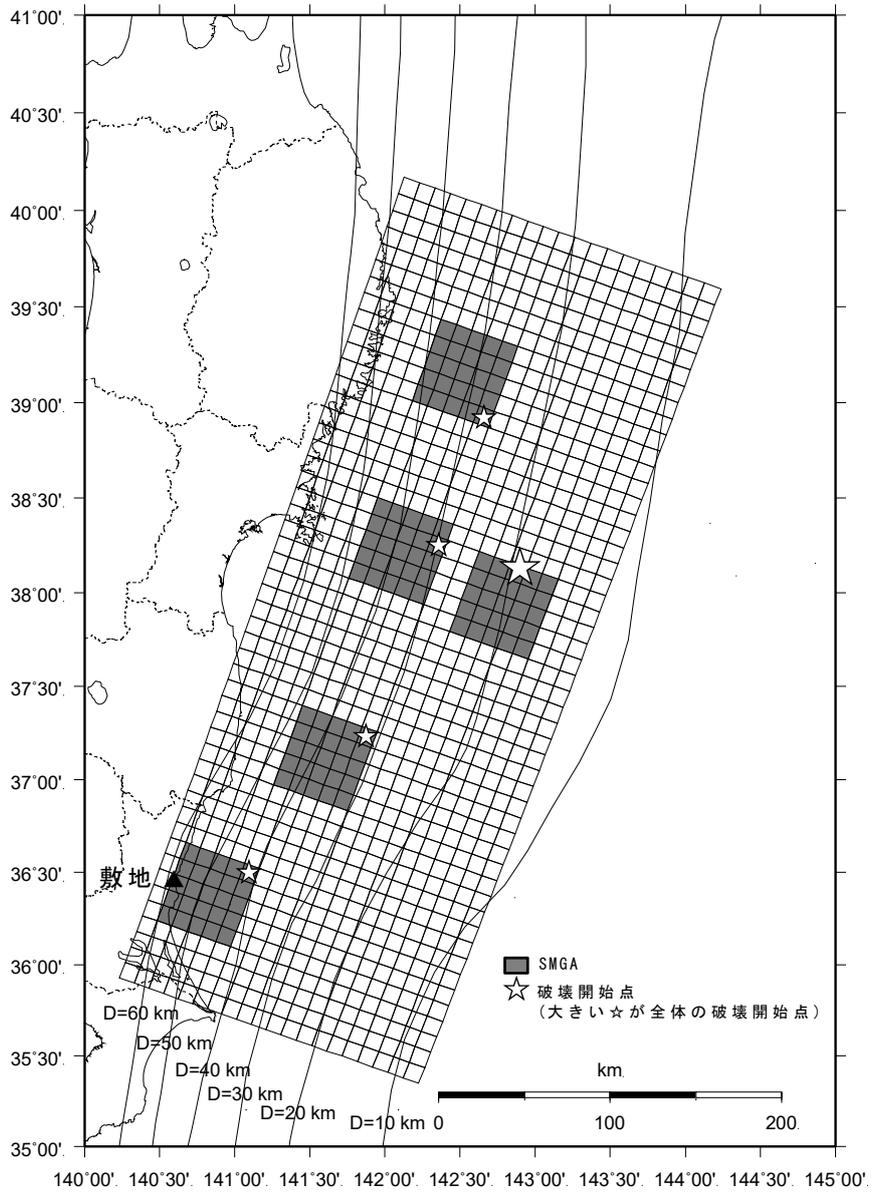


図 2-11(3) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル

(不確かさを考慮したケース：SMGA 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)

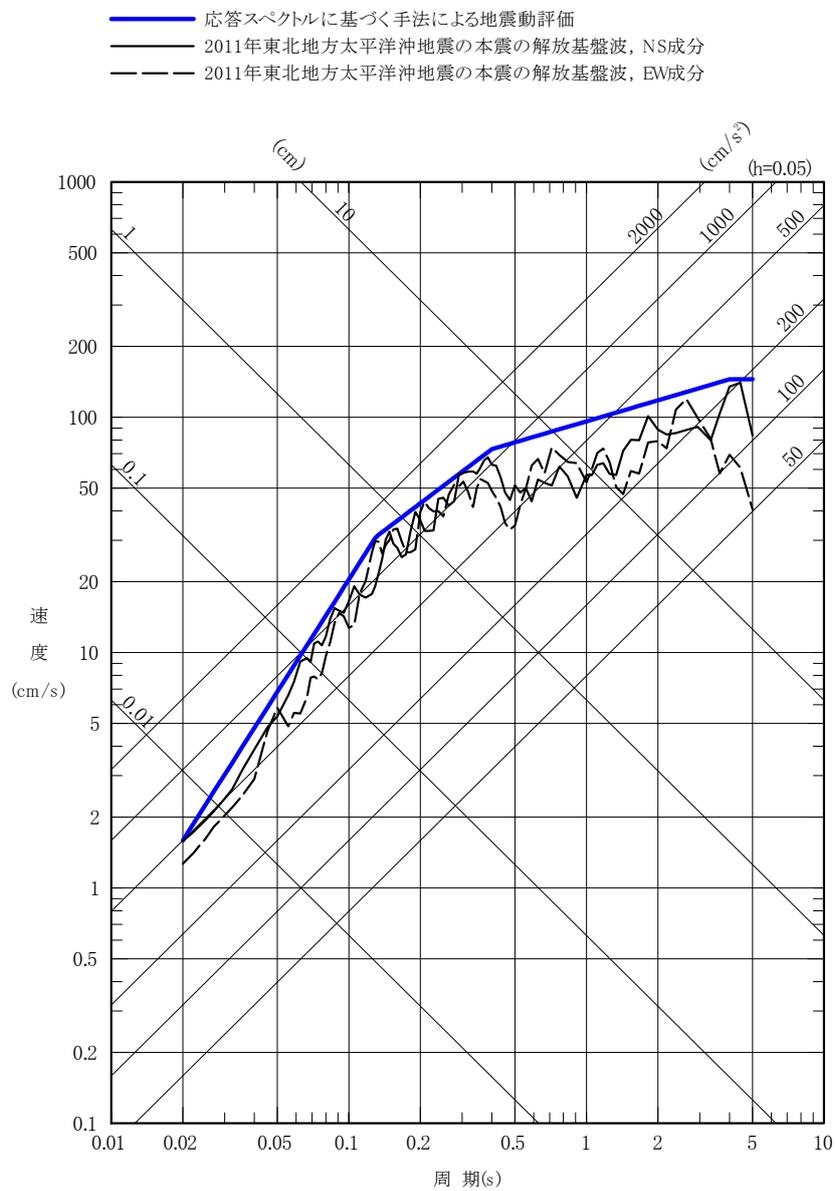


図 2-12(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の  
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果と  
 2011 年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波の比較  
 (水平成分)

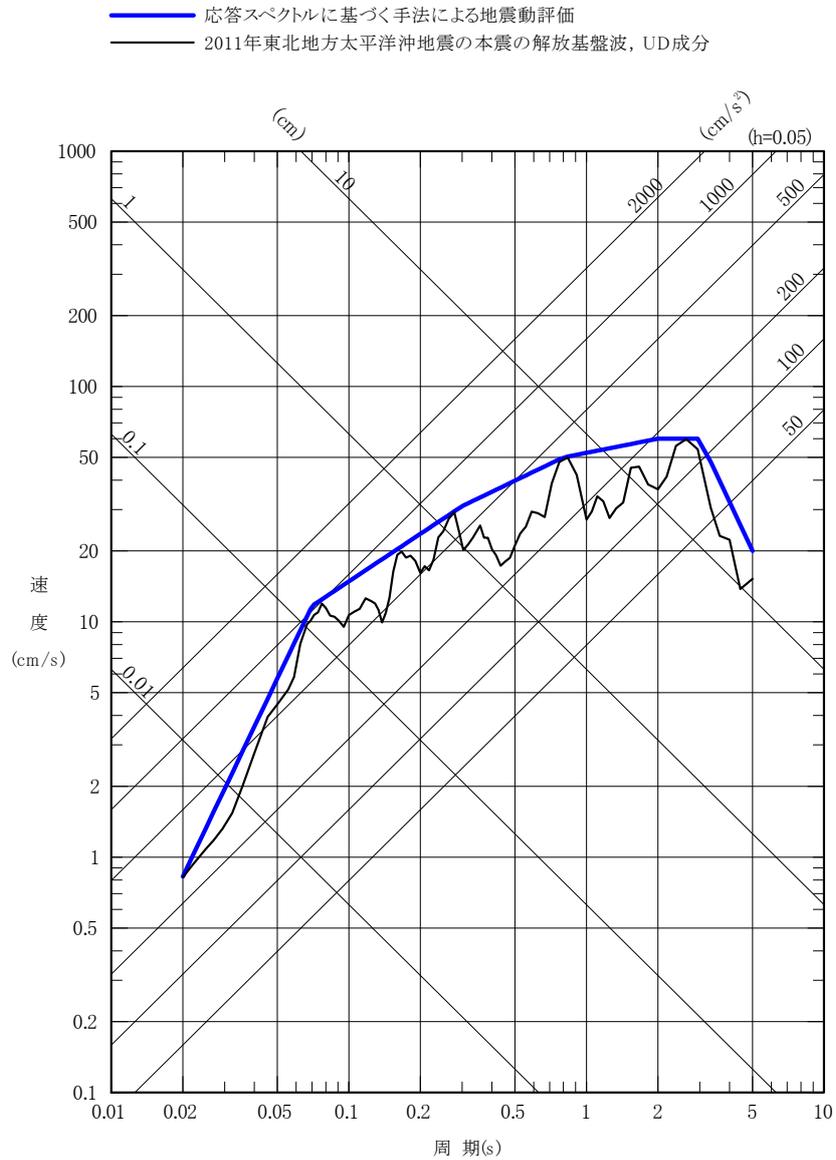


図 2-12(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の  
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果と  
 2011 年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波の比較  
 (鉛直成分)

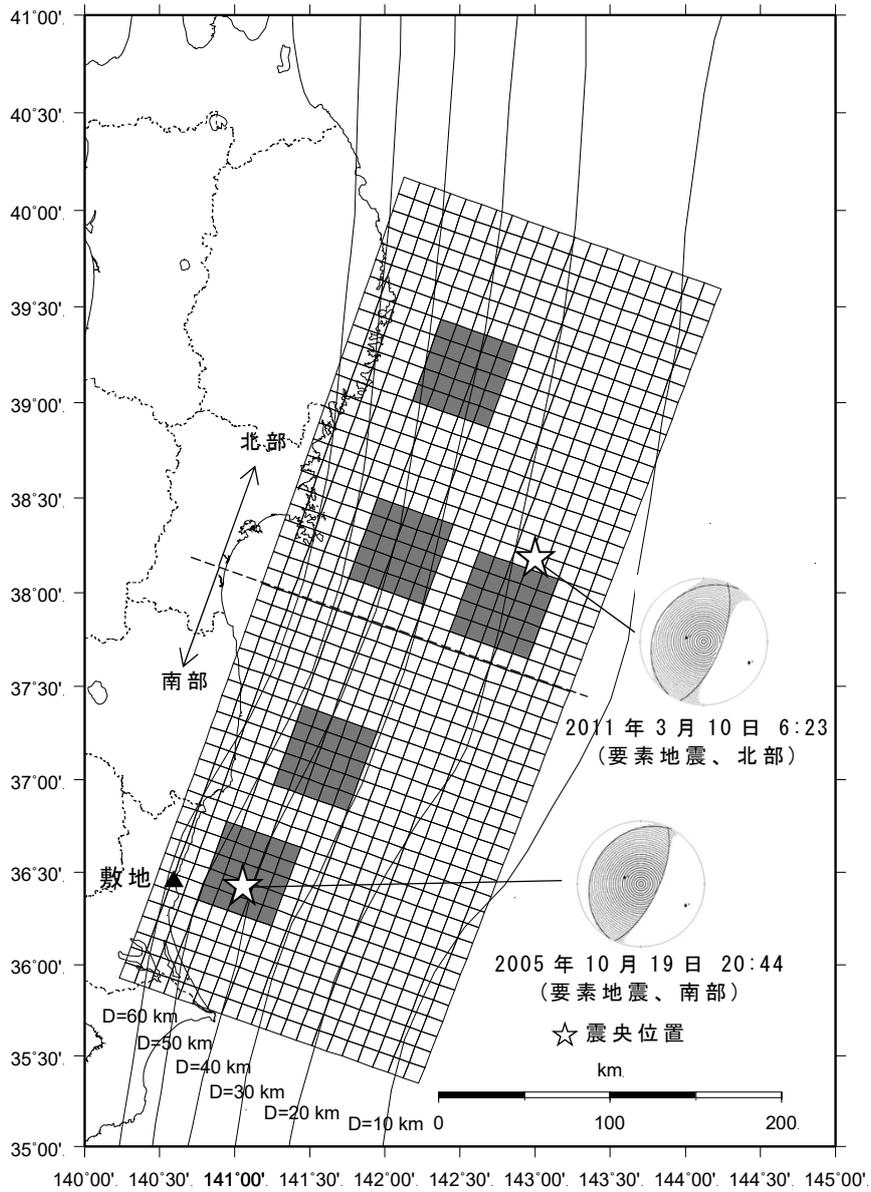


図 2-13 2011 年東北地方太平洋沖型地震の  
地震動評価に用いる要素地震の震央位置

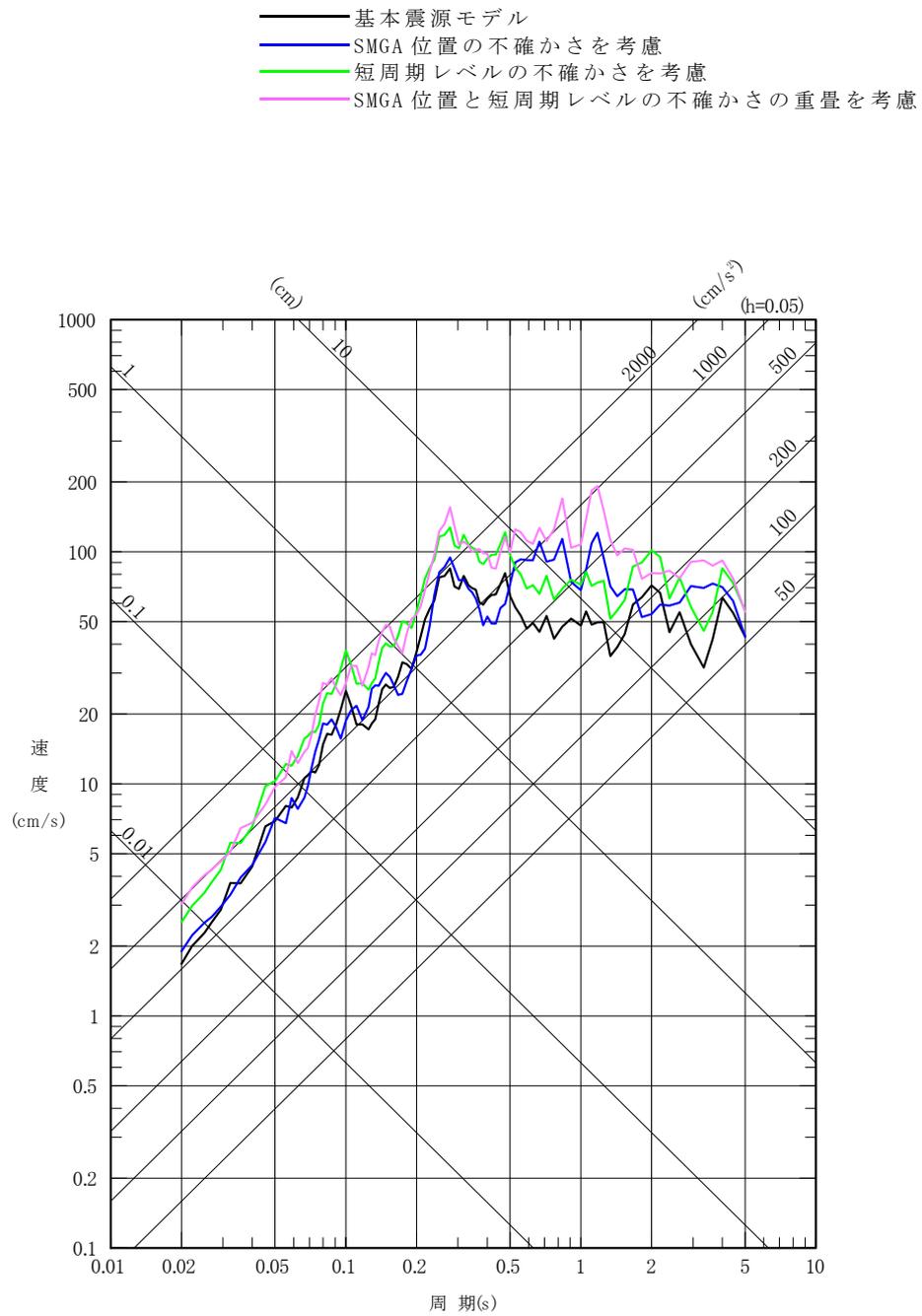


図 2-14(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の  
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
 (NS 成分)

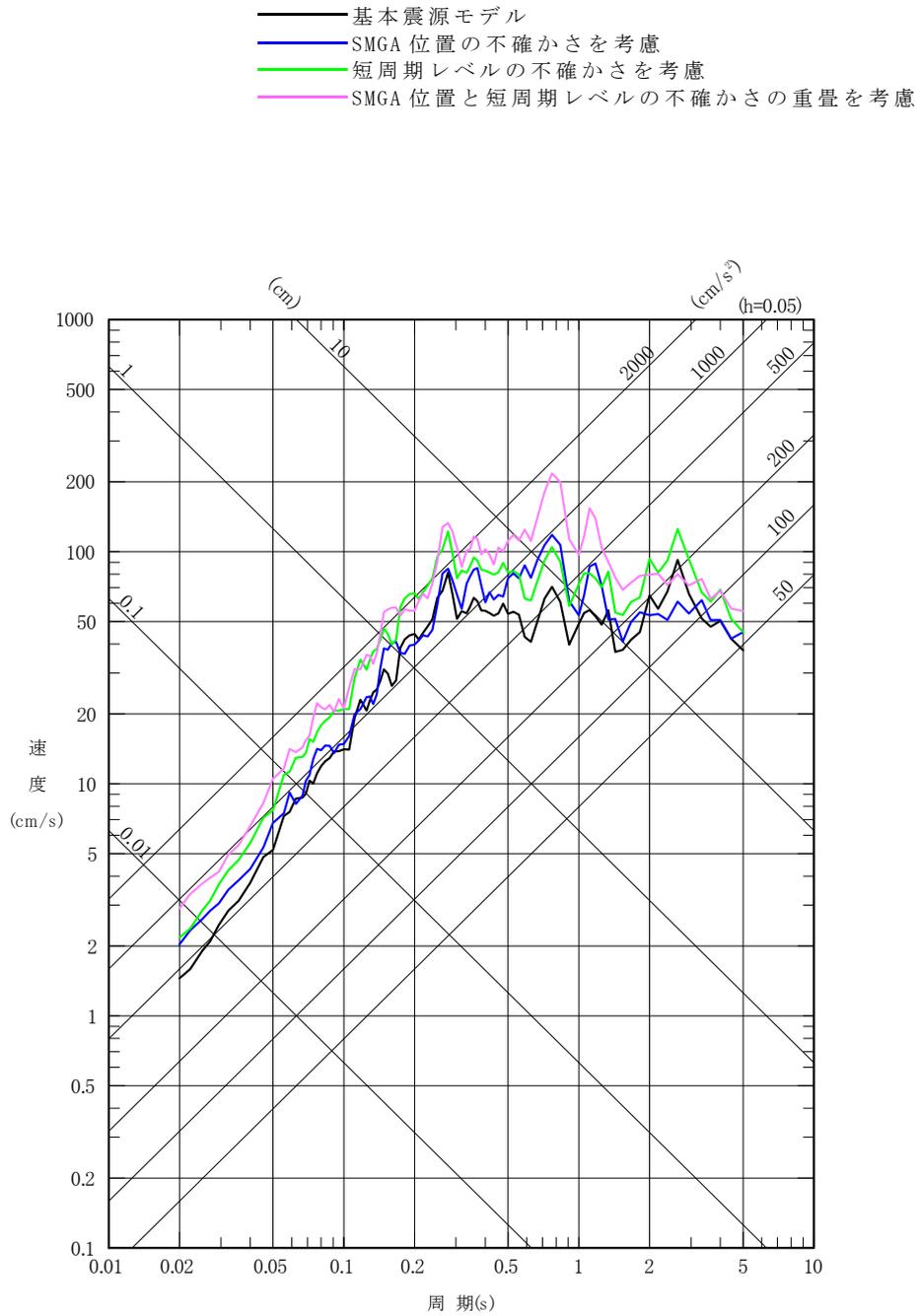


図 2-14(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の  
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
 (EW 成分)

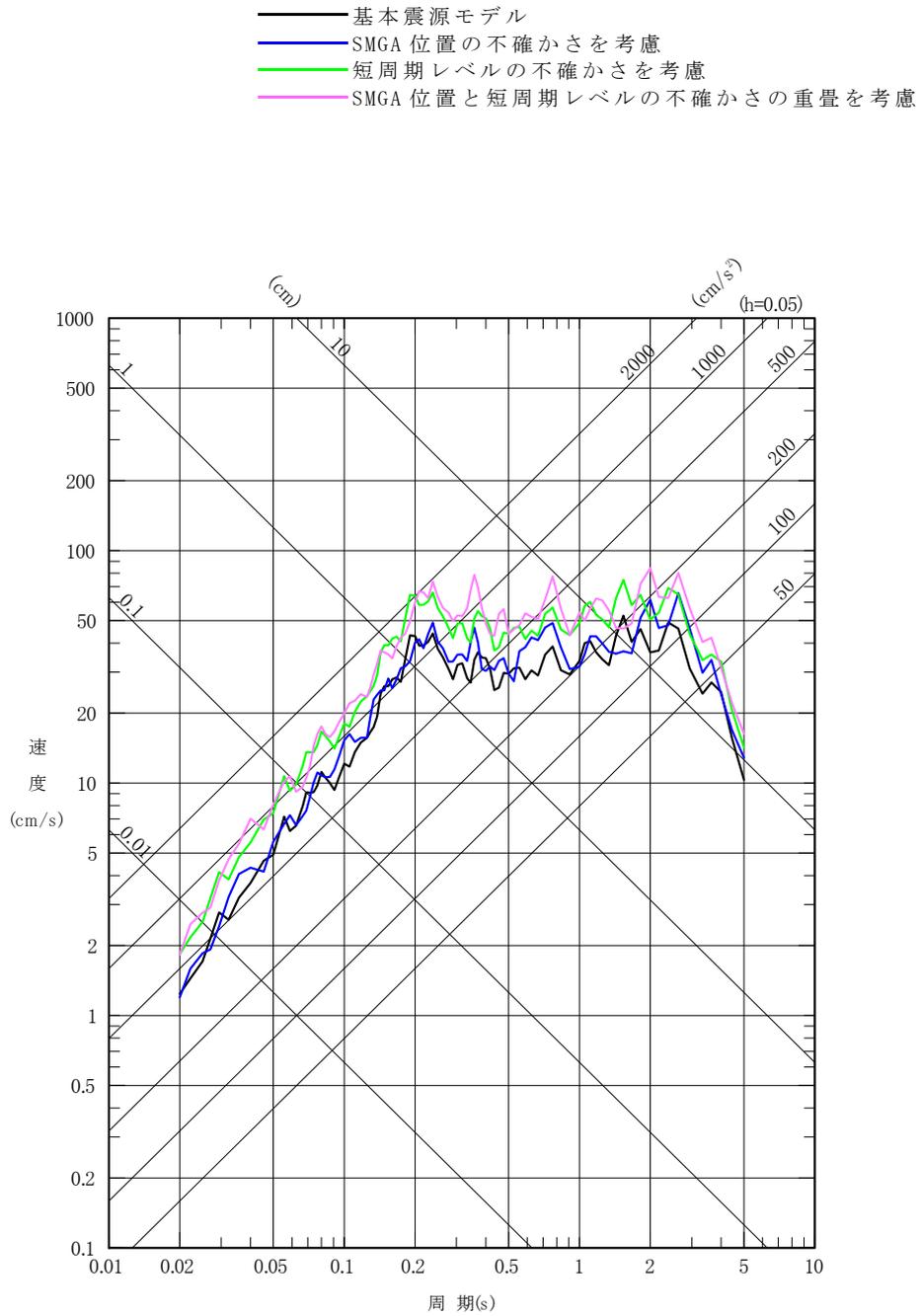


図 2-14(3) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の  
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
 (UD 成分)

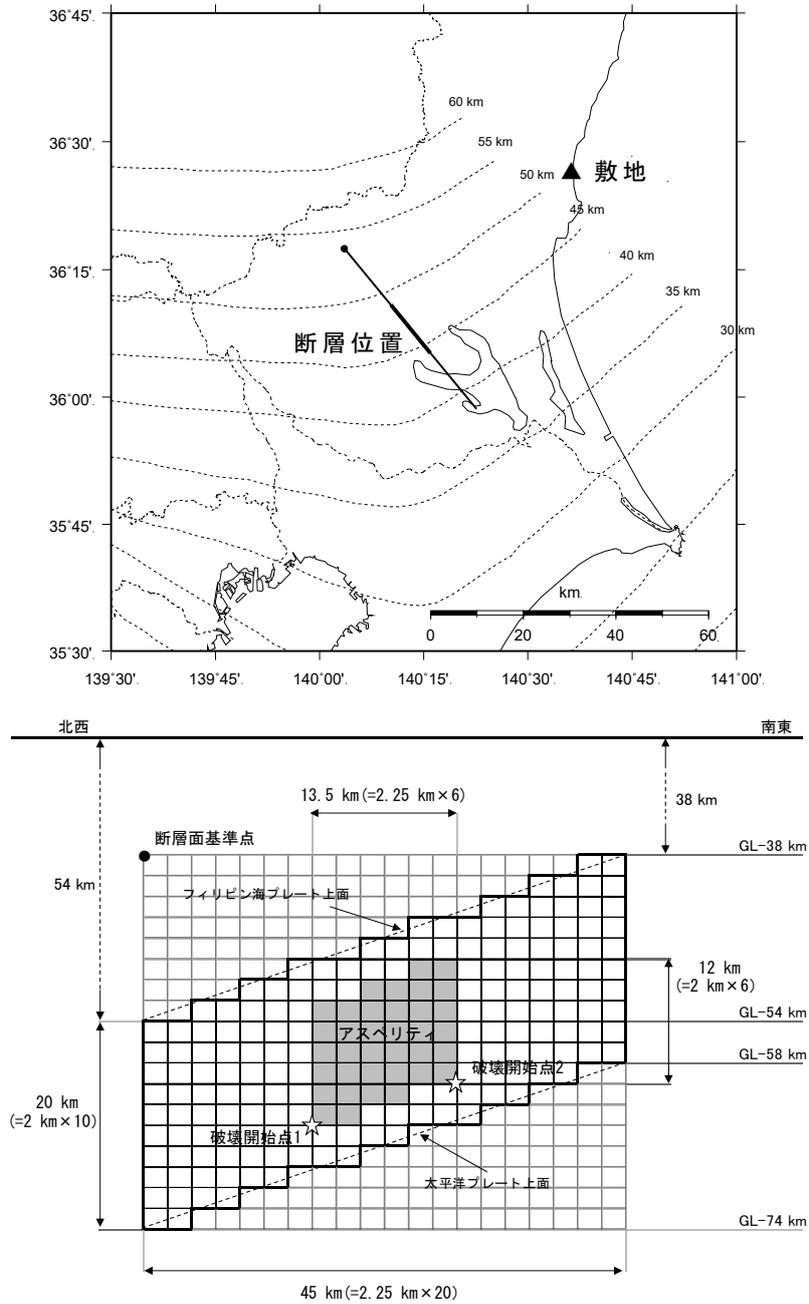


図 2-15 茨城県南部の地震の断層モデル  
(基本震源モデル)

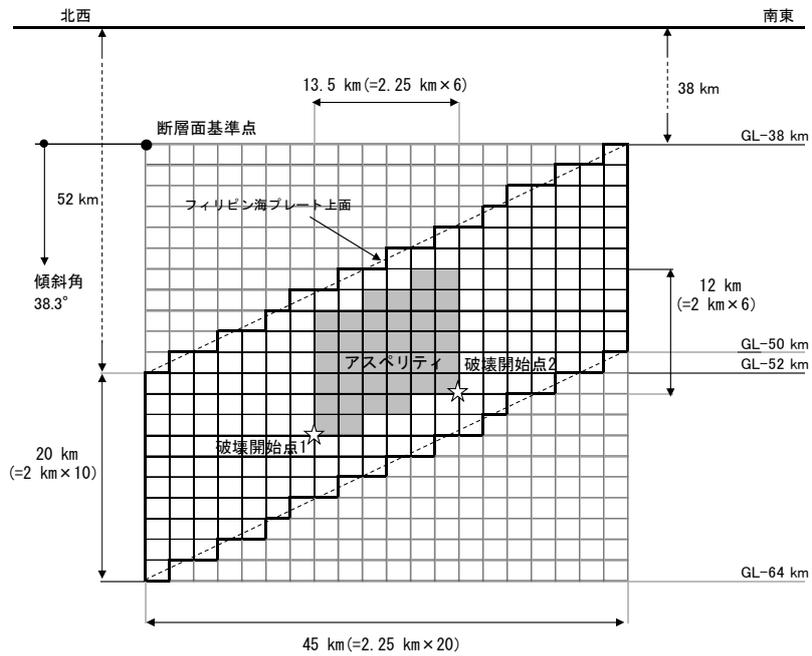
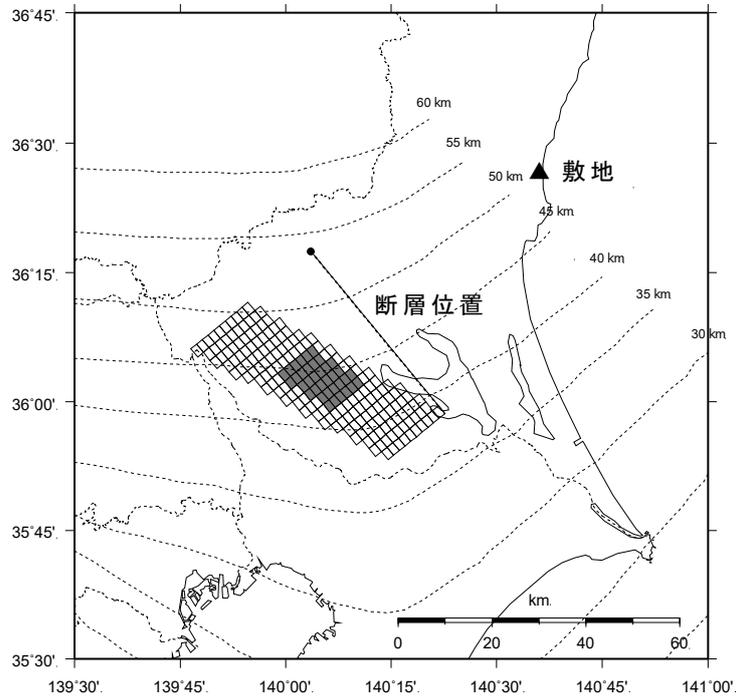


図 2-16(1) 茨城県南部の地震の断層モデル  
(不確かさを考慮したケース：断層傾斜角)

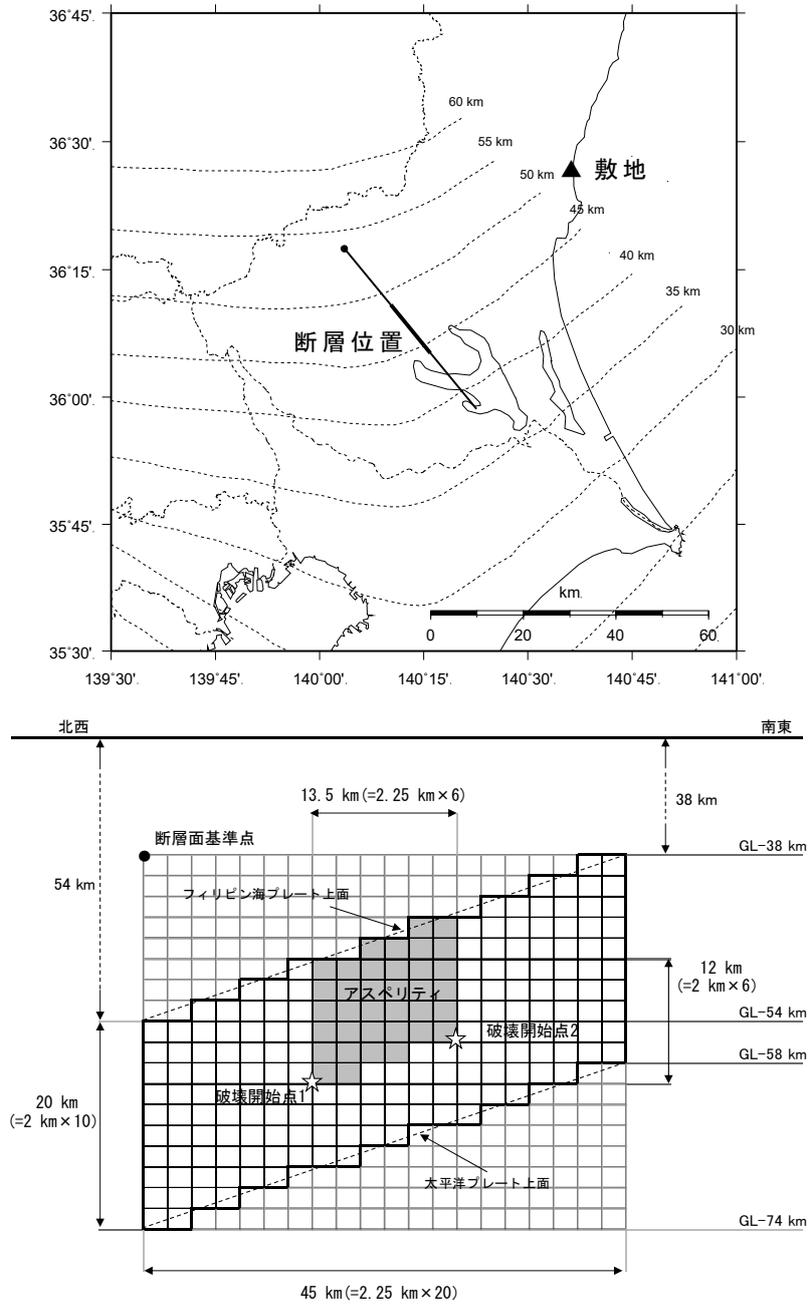


図 2-16(2) 茨城県南部の地震の断層モデル  
(不確かさを考慮したケース：アスペリティ位置)

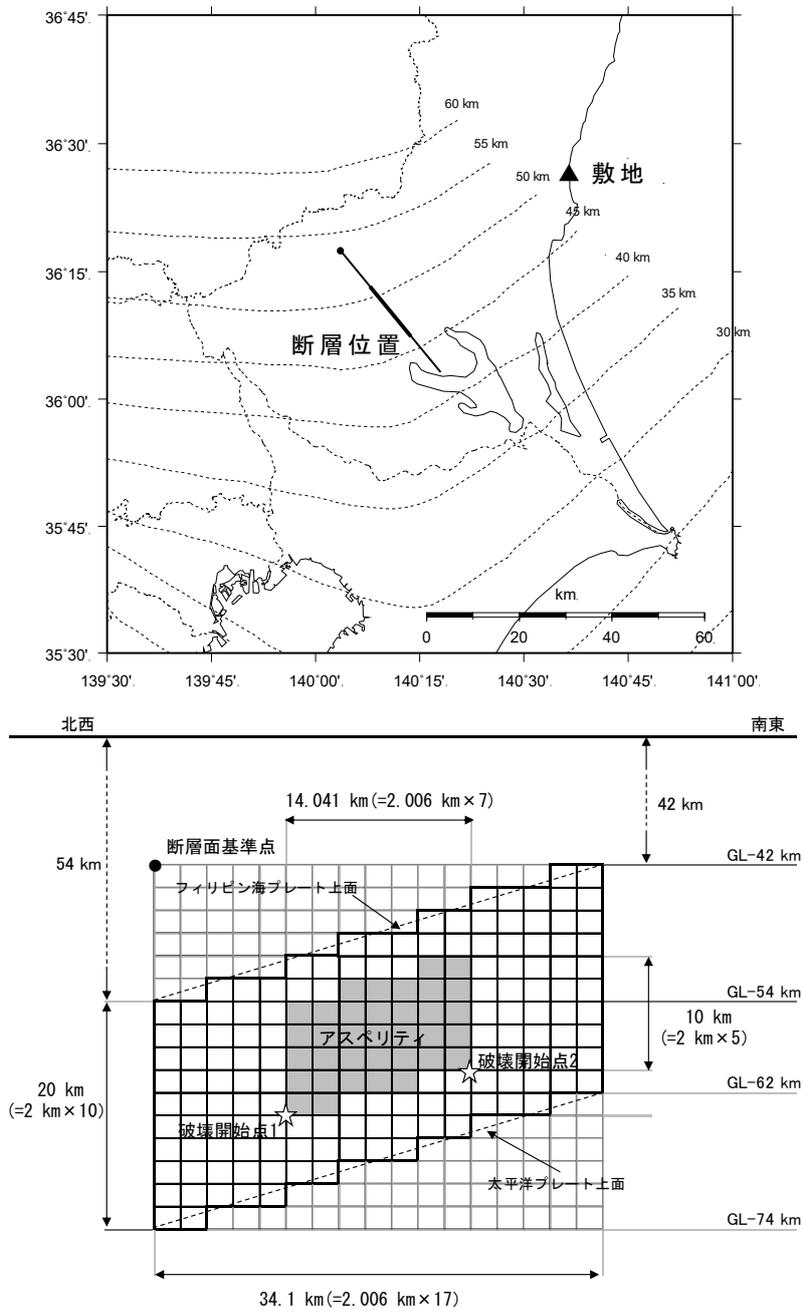


図 2-16(3) 茨城県南部の地震の断層モデル  
(不確かさを考慮したケース：応力降下量)

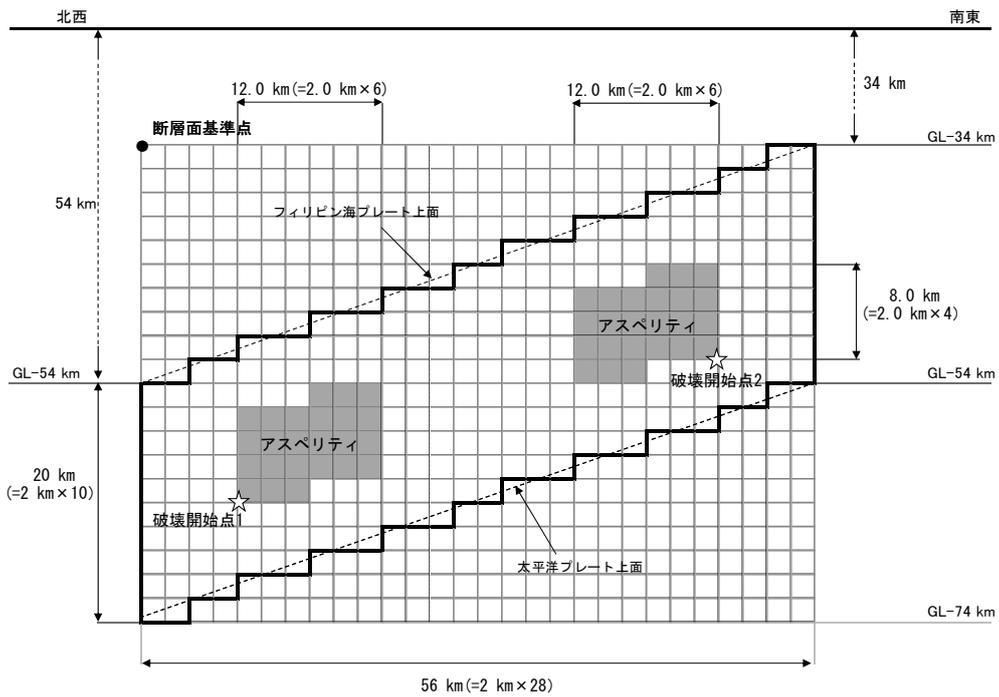
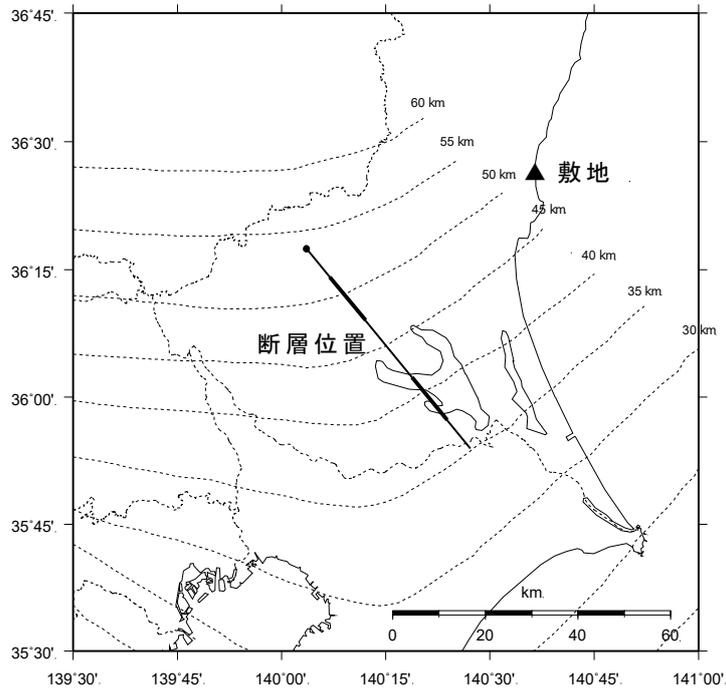
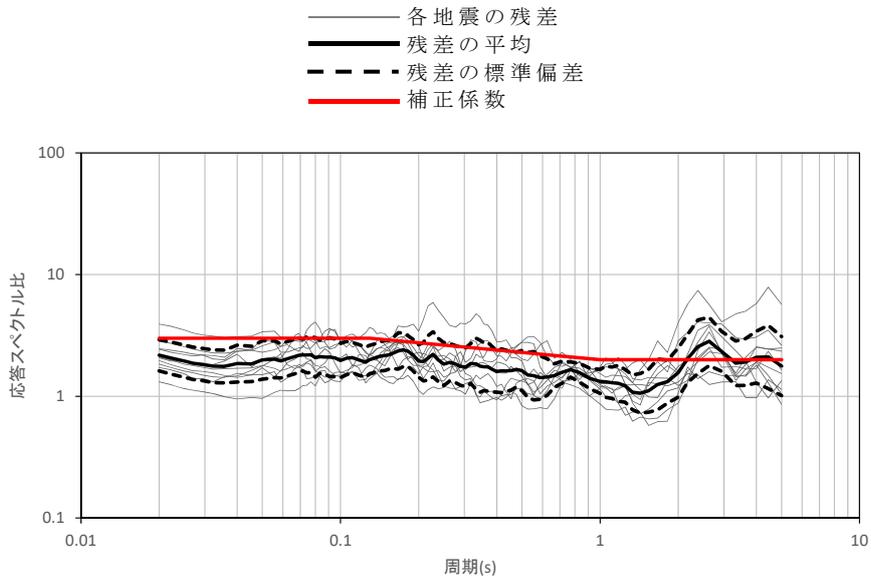
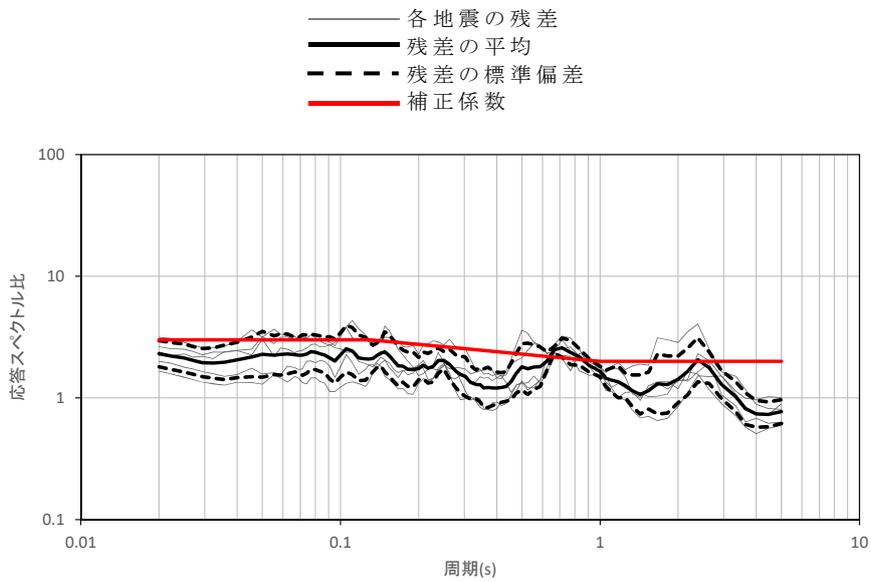


図 2-16(4) 茨城県南部の地震の断層モデル  
(不確かさを考慮したケース：地震規模)



(水平成分)



(鉛直成分)

図 2-17 解放基盤波と Noda *et al.* (2002) の方法による応答スペクトルの比  
(陸域寄りで発生した海洋プレート内地震)

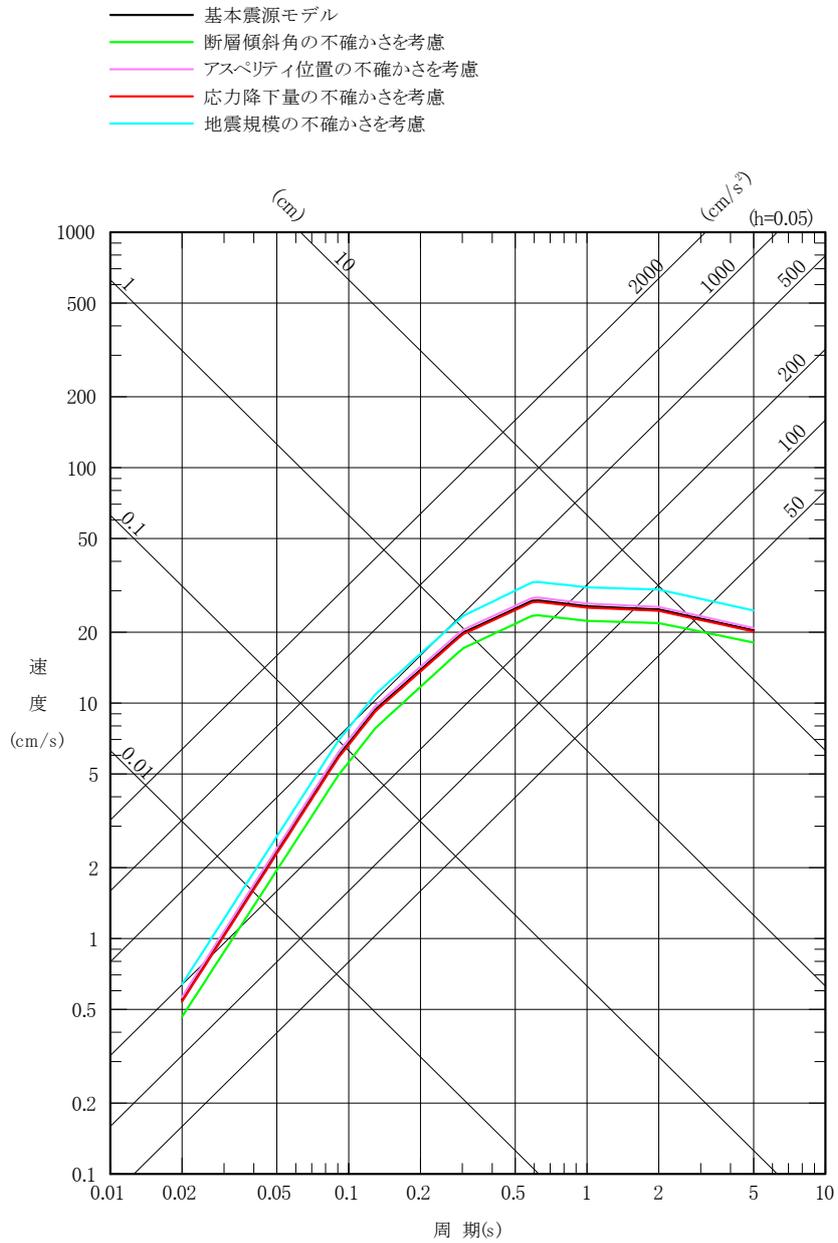


図 2-18(1) 茨城県南部の地震の  
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果  
 (水平成分)

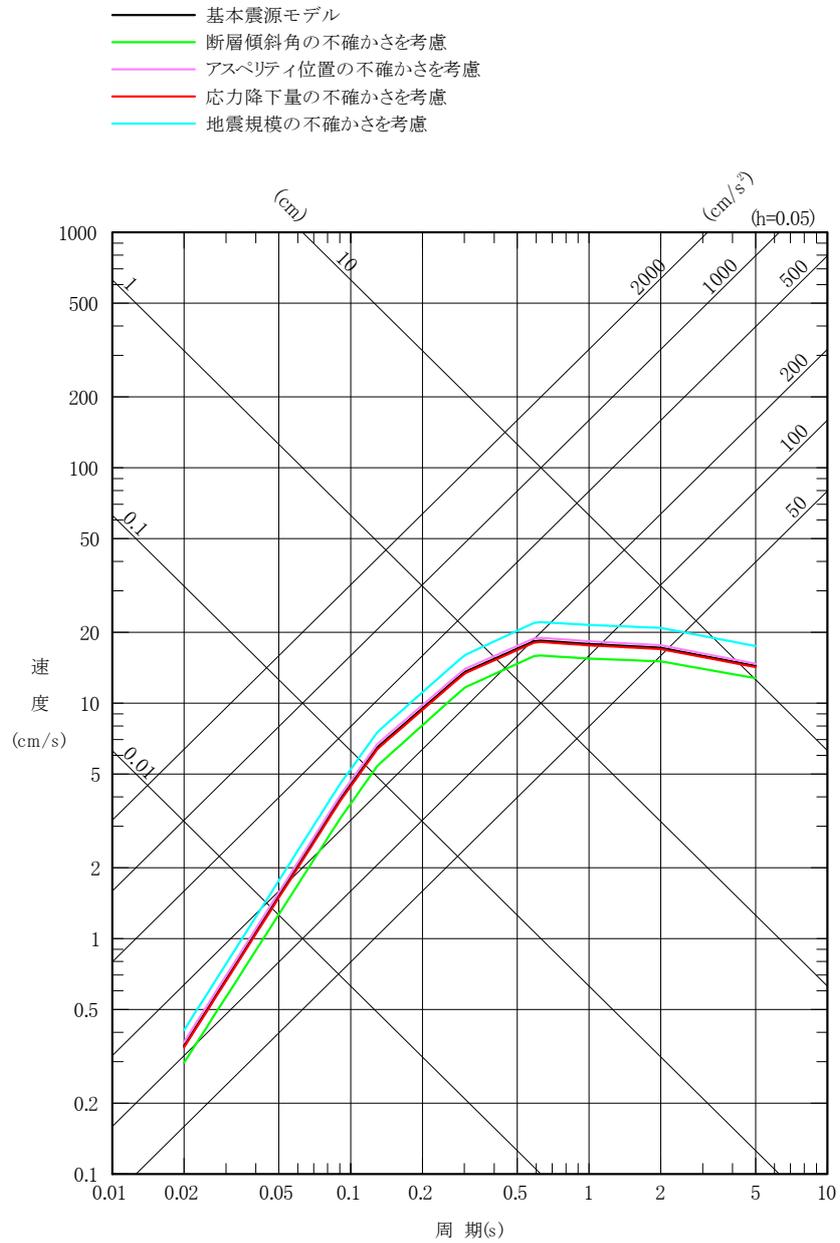


図 2-18(2) 茨城県南部の地震の  
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果  
 (鉛直成分)

- 基本震源モデル
- 断層傾斜角の不確かさを考慮(右横ずれ)
- 断層傾斜角の不確かさを考慮(縦ずれ)
- アスペリティ位置の不確かさを考慮
- 応力降下量の不確かさを考慮
- 地震規模の不確かさを考慮

※ 実線は破壊開始点1, 破線は破壊開始点2

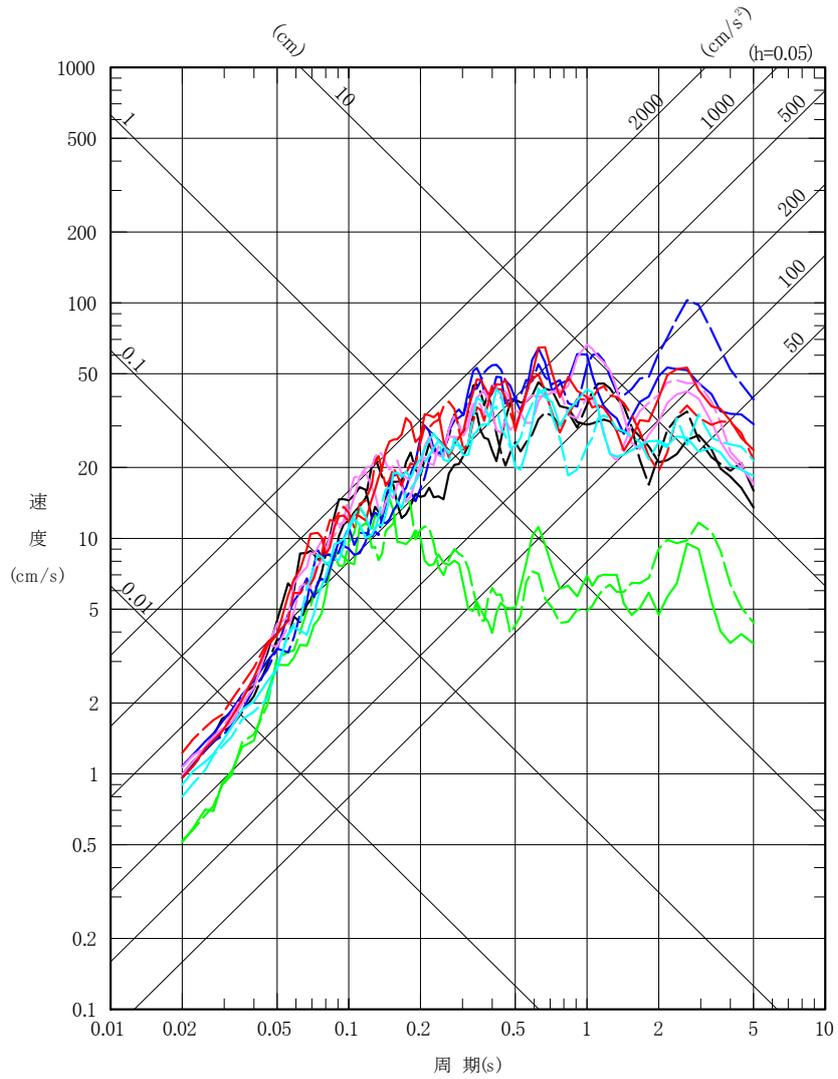


図 2-19(1) 茨城県南部の地震の  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
(NS 成分)

- 基本震源モデル
- 断層傾斜角の不確かさを考慮(右横ずれ)
- 断層傾斜角の不確かさを考慮(縦ずれ)
- アスペリティ位置の不確かさを考慮
- 応力降下量の不確かさを考慮
- 地震規模の不確かさを考慮

※ 実線は破壊開始点1, 破線は破壊開始点2

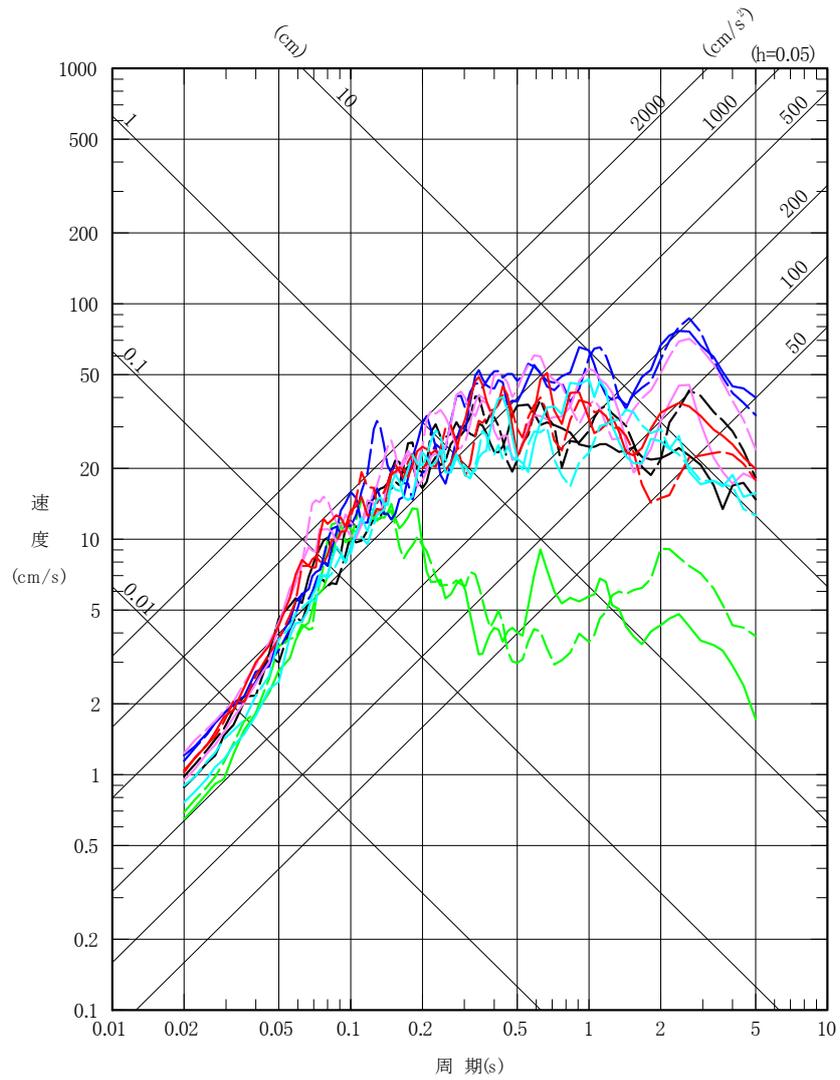


図 2-19(2) 茨城県南部の地震の  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
(EW 成分)

- 基本震源モデル
- 断層傾斜角の不確かさを考慮(右横ずれ)
- 断層傾斜角の不確かさを考慮(縦ずれ)
- アスペリティ位置の不確かさを考慮
- 応力降下量の不確かさを考慮
- 地震規模の不確かさを考慮

※ 実線は破壊開始点1, 破線は破壊開始点2

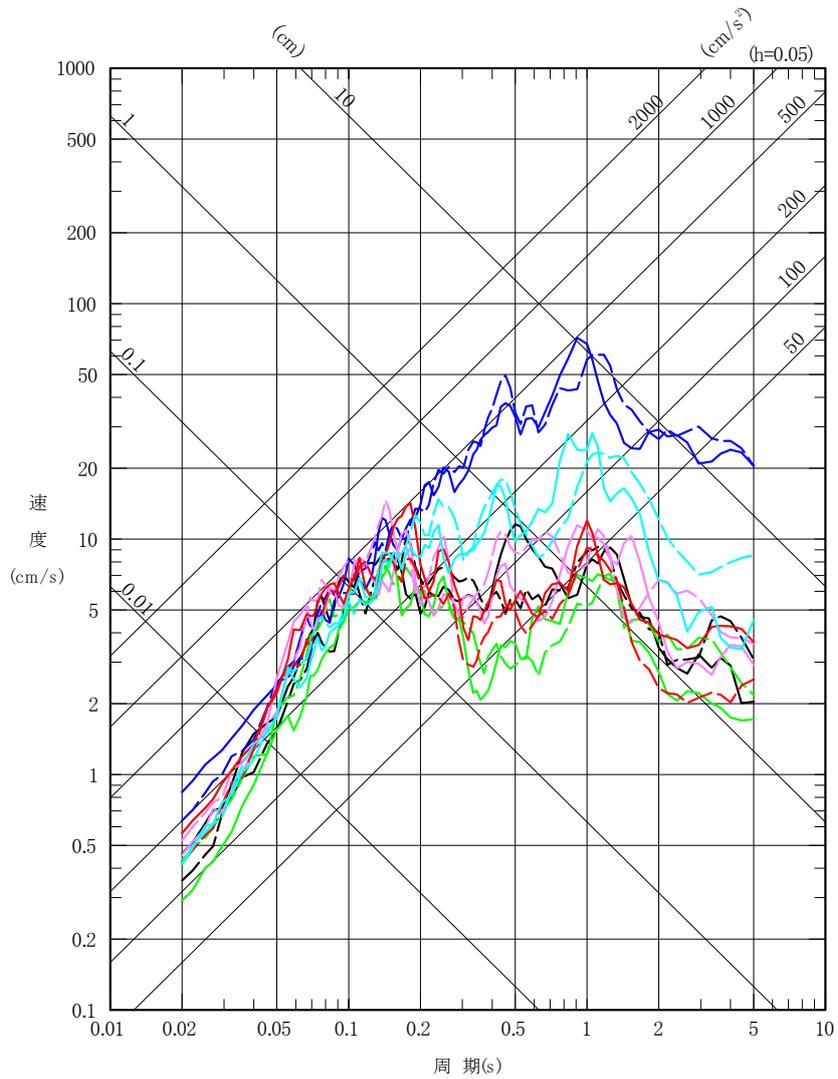


図 2-19(3) 茨城県南部の地震の  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果  
(UD 成分)

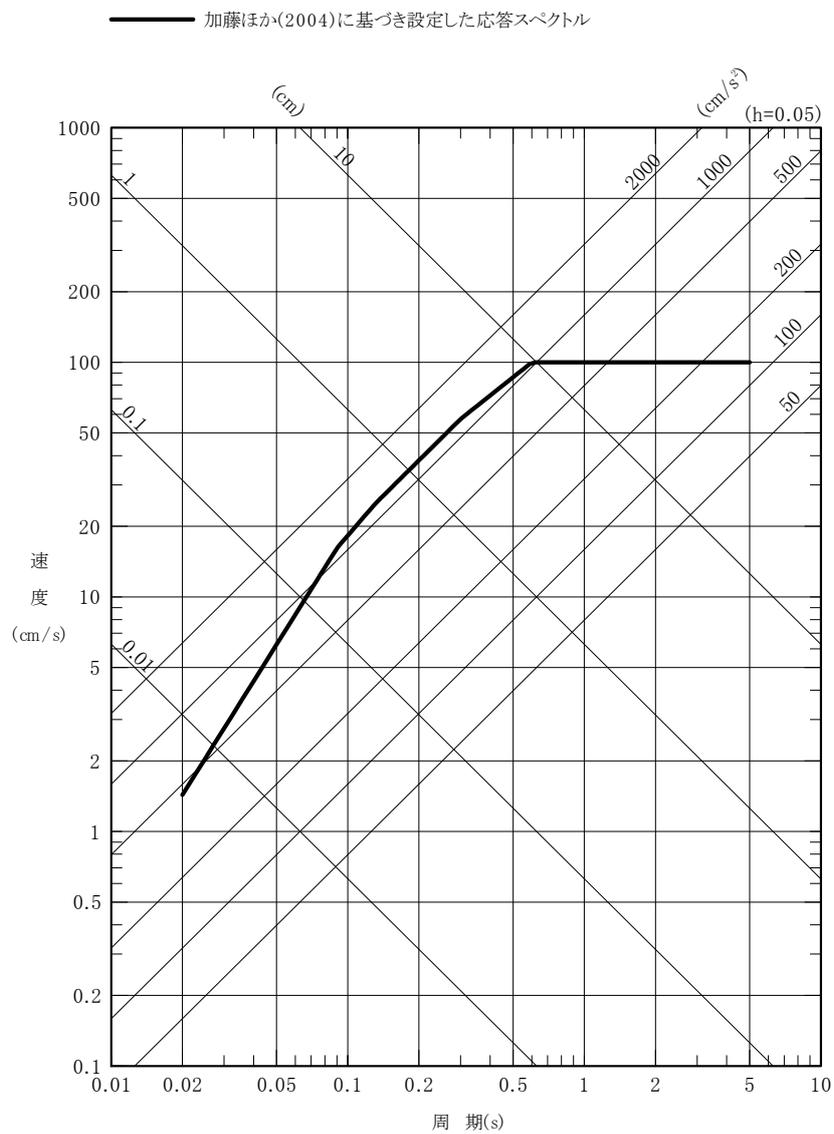


図 2-20(1) 加藤ほか (2004) に基づき設定した応答スペクトル  
(水平成分)

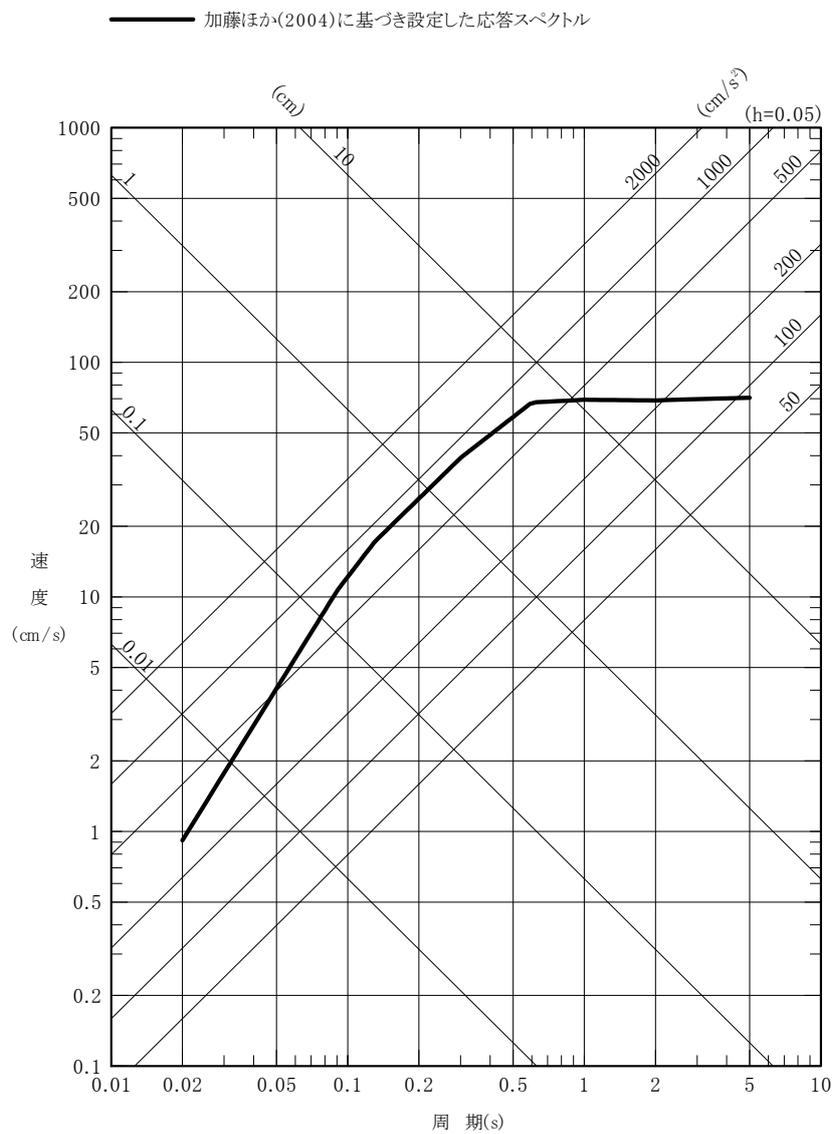


図 2-20(2) 加藤ほか (2004) に基づき設定した応答スペクトル  
(鉛直成分)

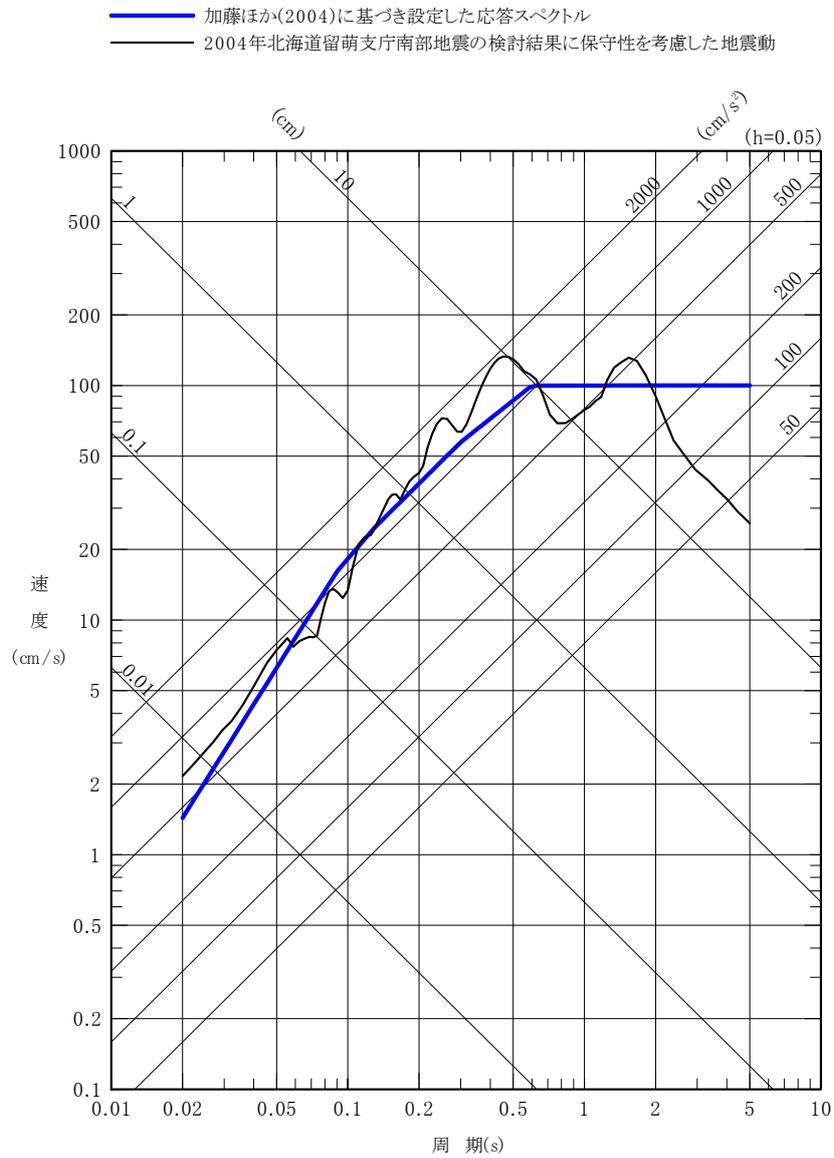


図 2-21(1) 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル  
 (水平成分)

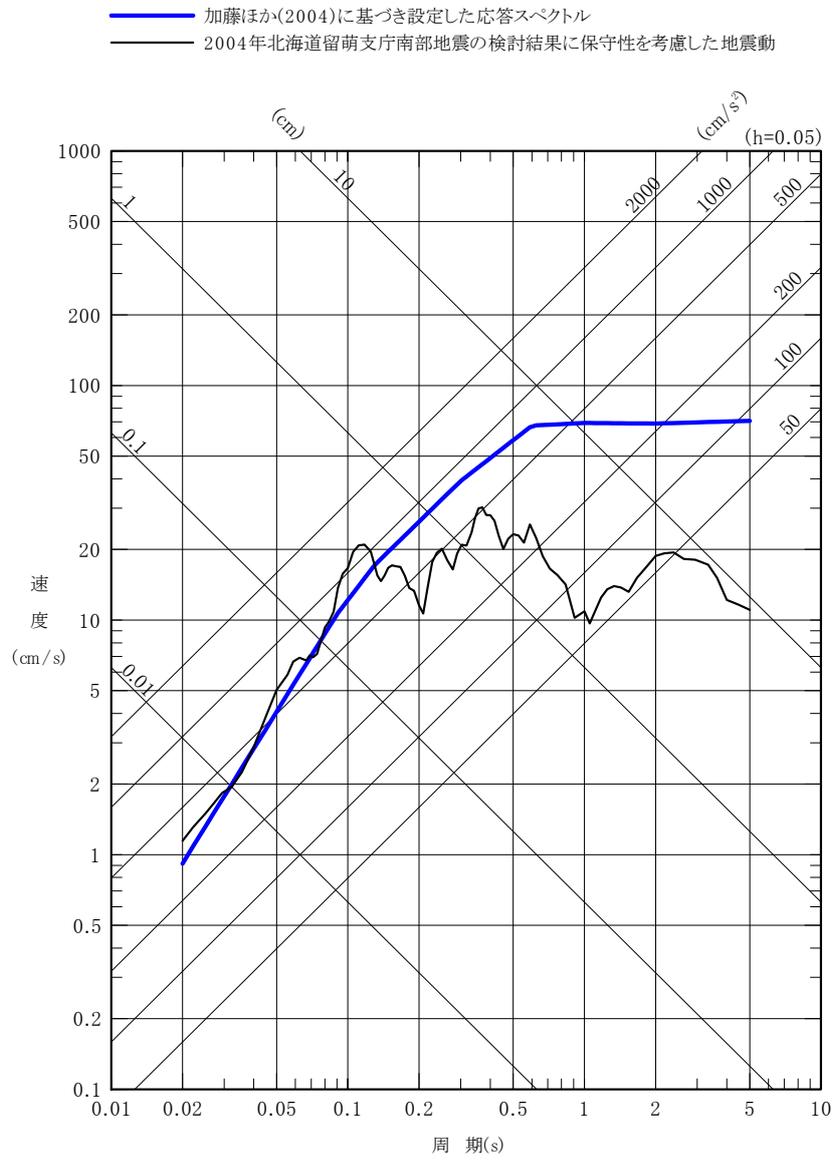


図 2-21(2) 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル  
 (鉛直成分)

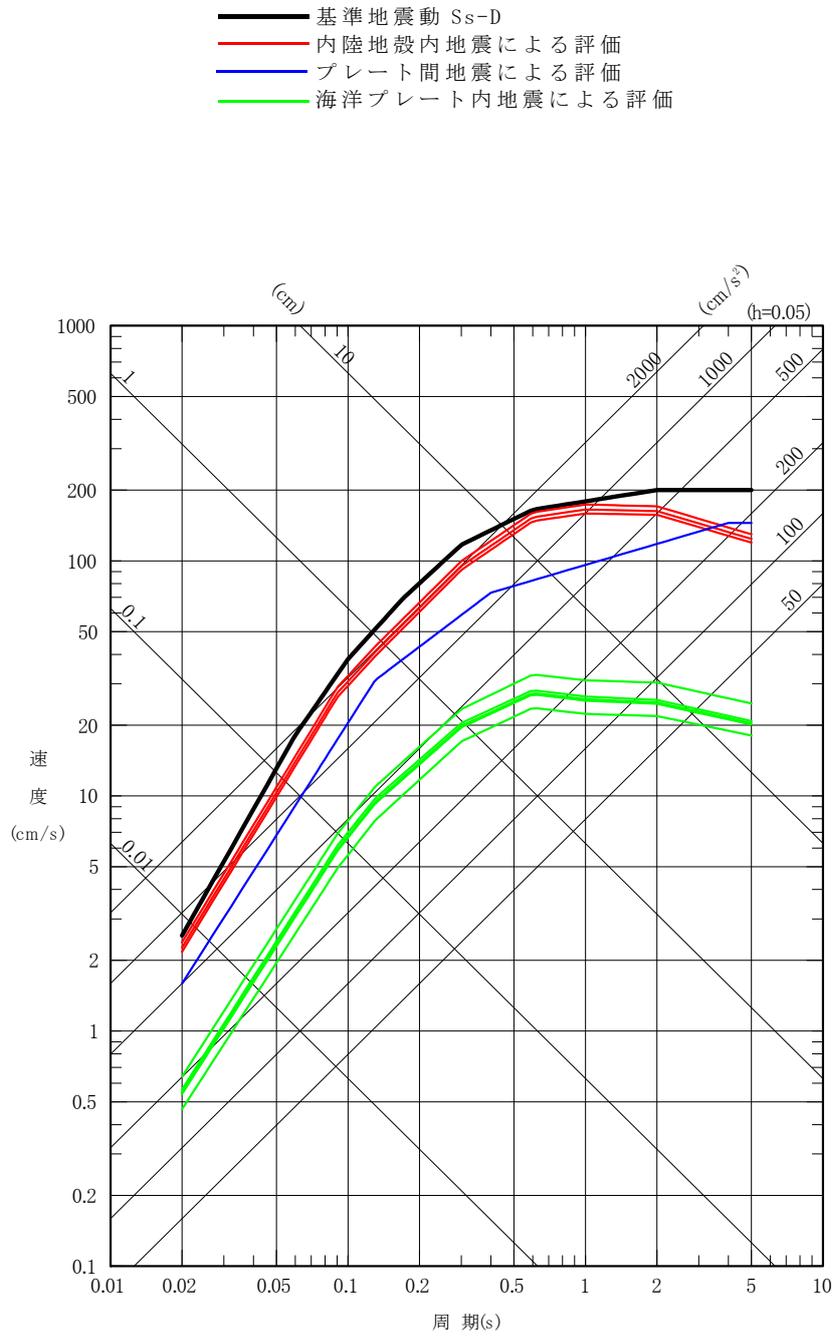


図 2-22(1) 基準地震動  $S_{s-D}$  の設計用応答スペクトル  
(水平成分、 $S_{s-D_H}$ )

- 基準地震動  $S_s-D$
- 内陸地殻内地震による評価
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価

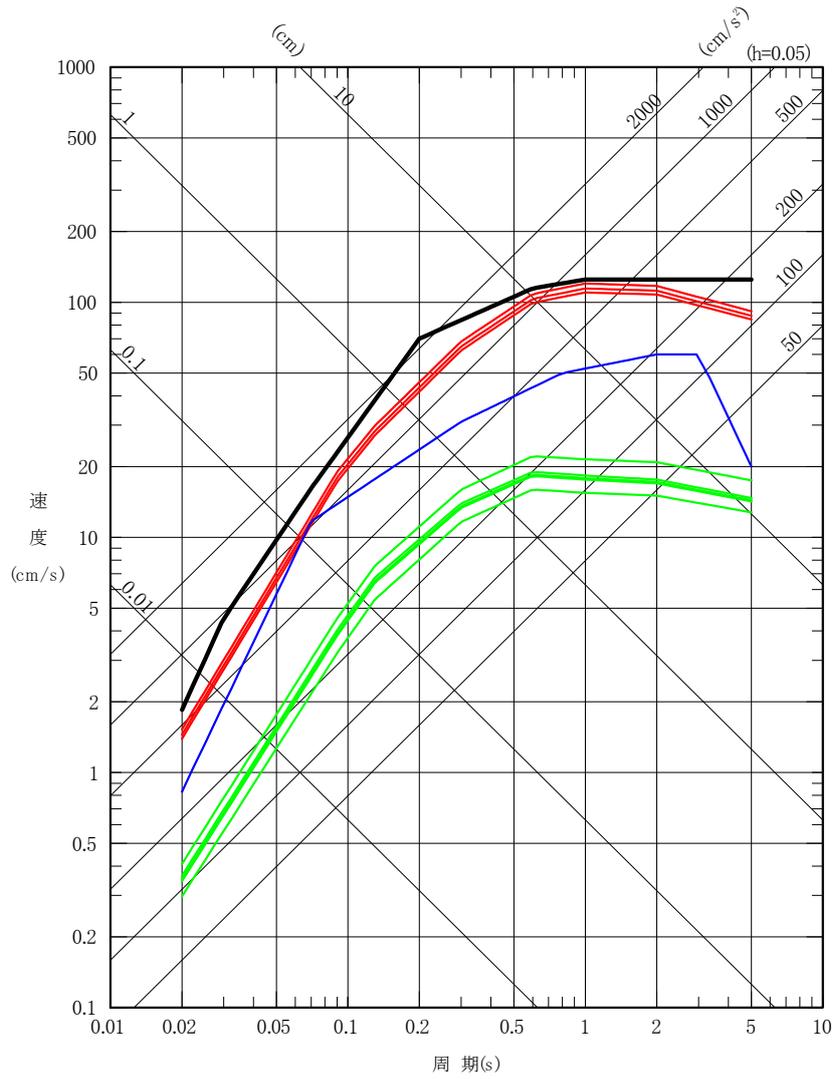


図 2-22(2) 基準地震動  $S_s-D$  の設計用応答スペクトル  
(鉛直成分、 $S_s-D_v$ )

- 基準地震動 S<sub>s</sub>-D
- 内陸地殻内地震による評価
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価

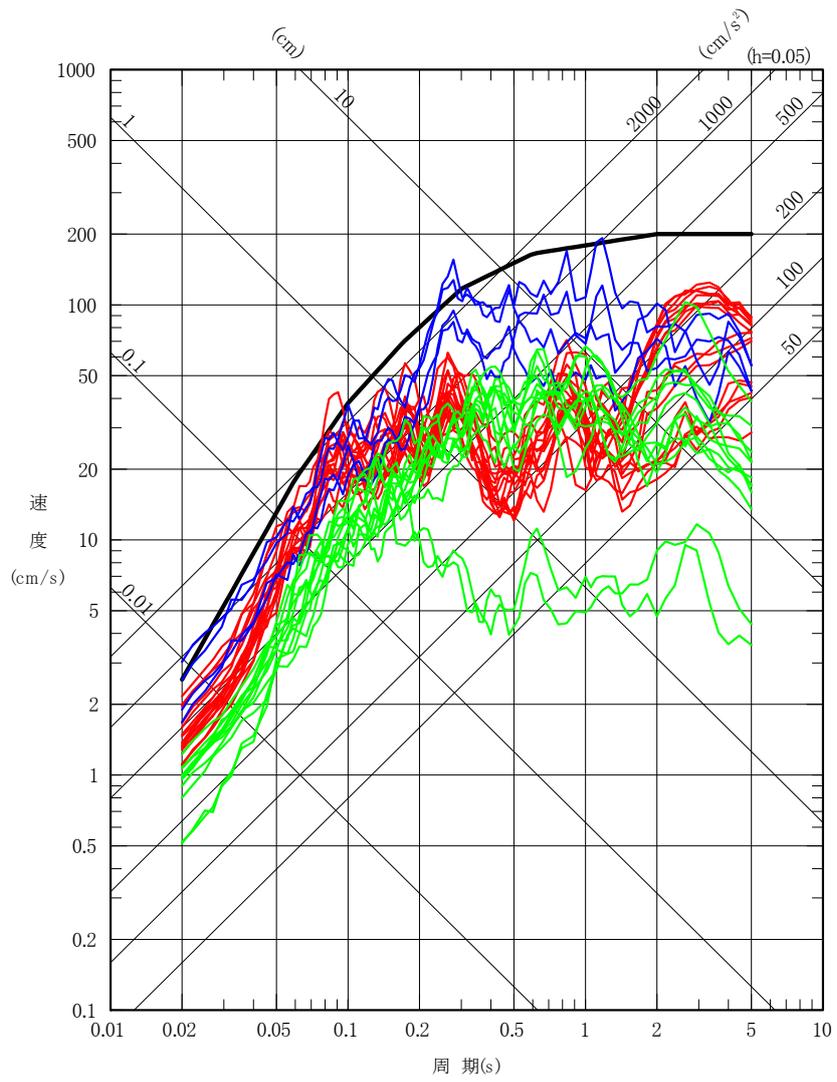


図 2-23(1) 基準地震動 S<sub>s</sub>-D と

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較

(NS 成分)

- 基準地震動 S<sub>s</sub>-D
- 内陸地殻内地震による評価
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価

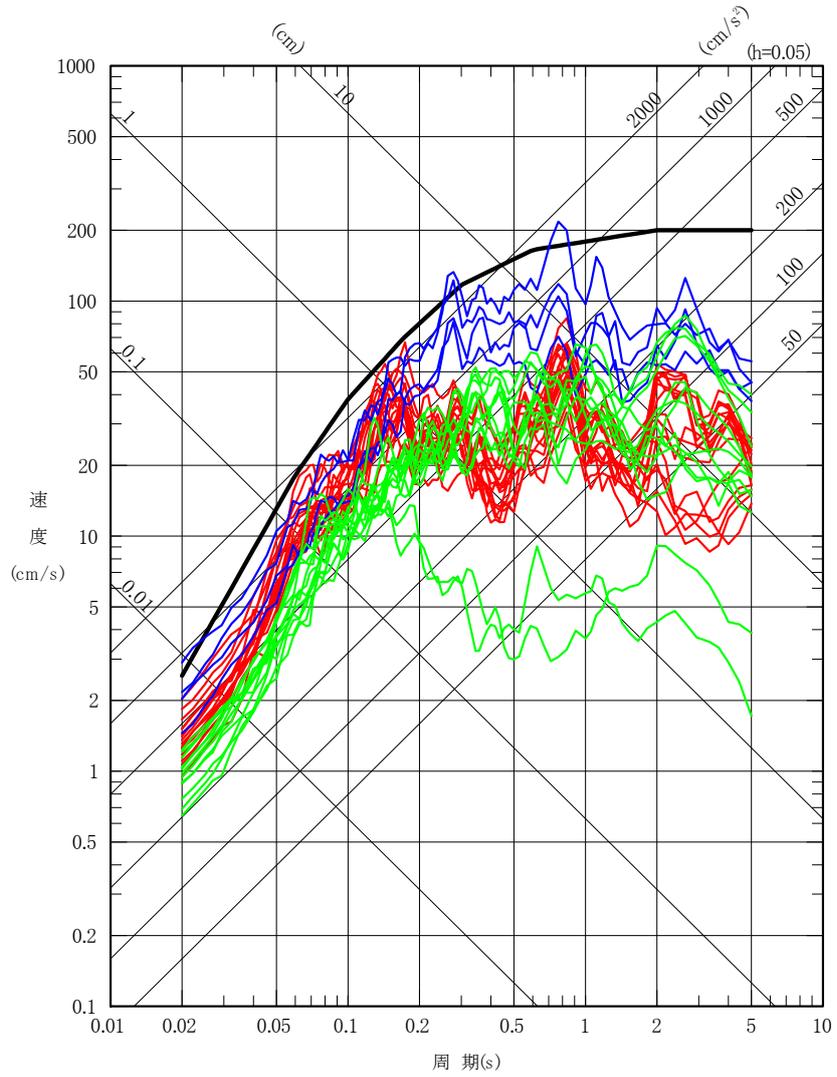


図 2-23(2) 基準地震動 S<sub>s</sub>-D と

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較

(EW 成分)

- 基準地震動 S<sub>s</sub>-D
- 内陸地殻内地震による評価
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価

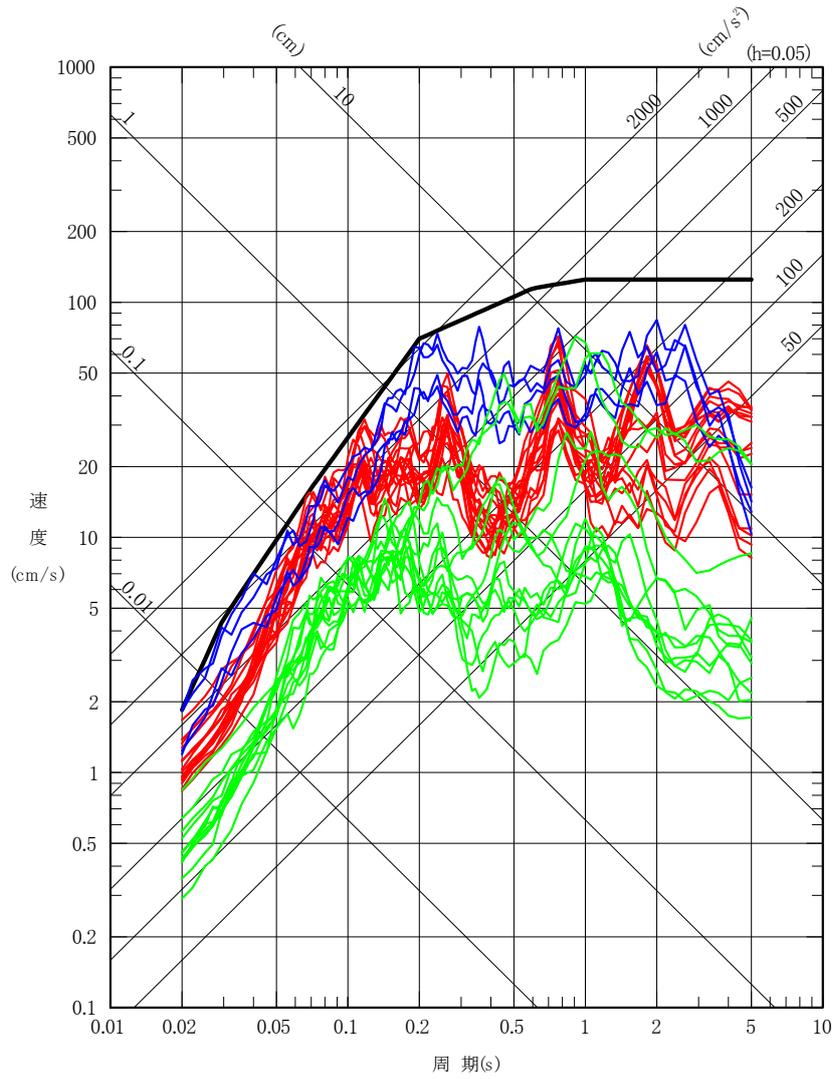


図 2-23(3) 基準地震動 S<sub>s</sub>-D と

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較

(UD 成分)

- 基準地震動 Ss-D
- 基準地震動 Ss-1  
F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震（短周期レベルの不確かさを考慮，破壊開始点3）
- 基準地震動 Ss-2  
2011年東北地方太平洋沖型地震（SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳を考慮）
- 断層モデルを用いた手法による各評価

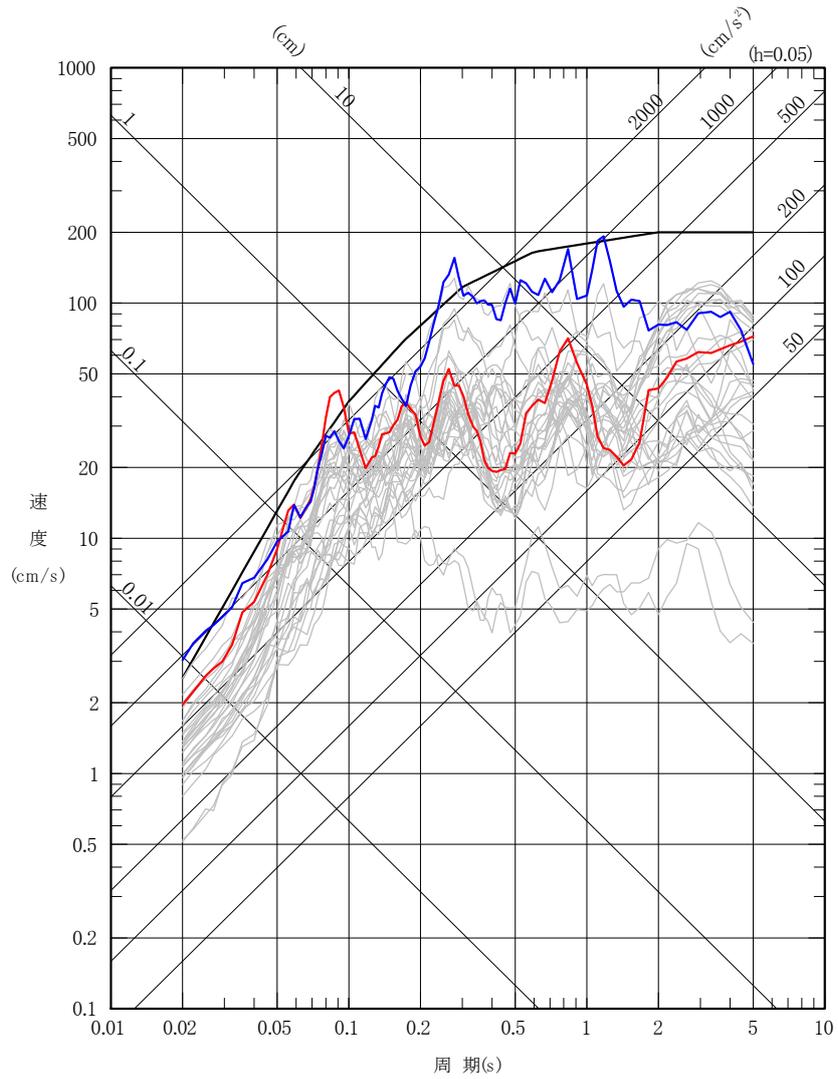


図 2-24(1) 基準地震動 Ss-D と

断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss の比較

(NS 成分)

- 基準地震動 Ss-D
- 基準地震動 Ss-1  
F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震（短周期レベルの不確かさを考慮，破壊開始点3）
- 基準地震動 Ss-2  
2011年東北地方太平洋沖型地震（SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳を考慮）
- 断層モデルを用いた手法による各評価

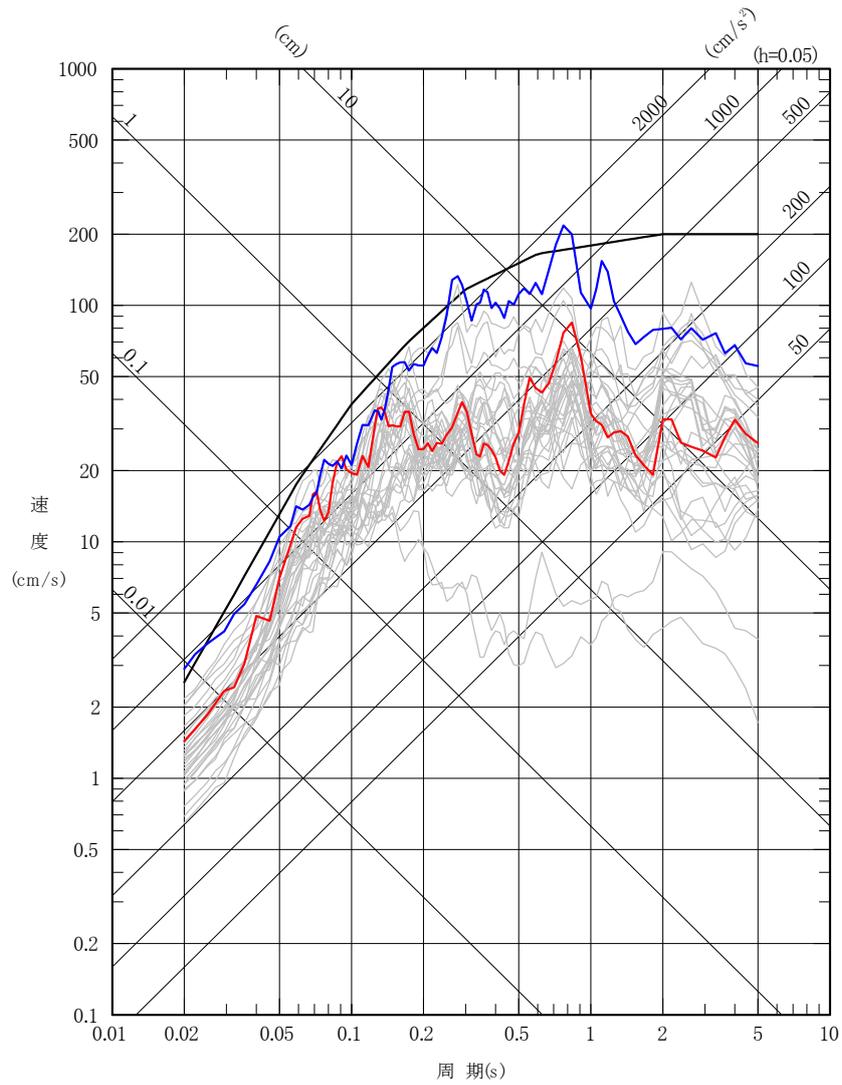


図 2-24(2) 基準地震動 Ss-D と

断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss の比較

(EW 成分)

- 基準地震動 Ss-D
- 基準地震動 Ss-1  
F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震（短周期レベルの不確かさを考慮，破壊開始点3）
- 基準地震動 Ss-2  
2011年東北地方太平洋沖型地震（SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳を考慮）
- 断層モデルを用いた手法による各評価

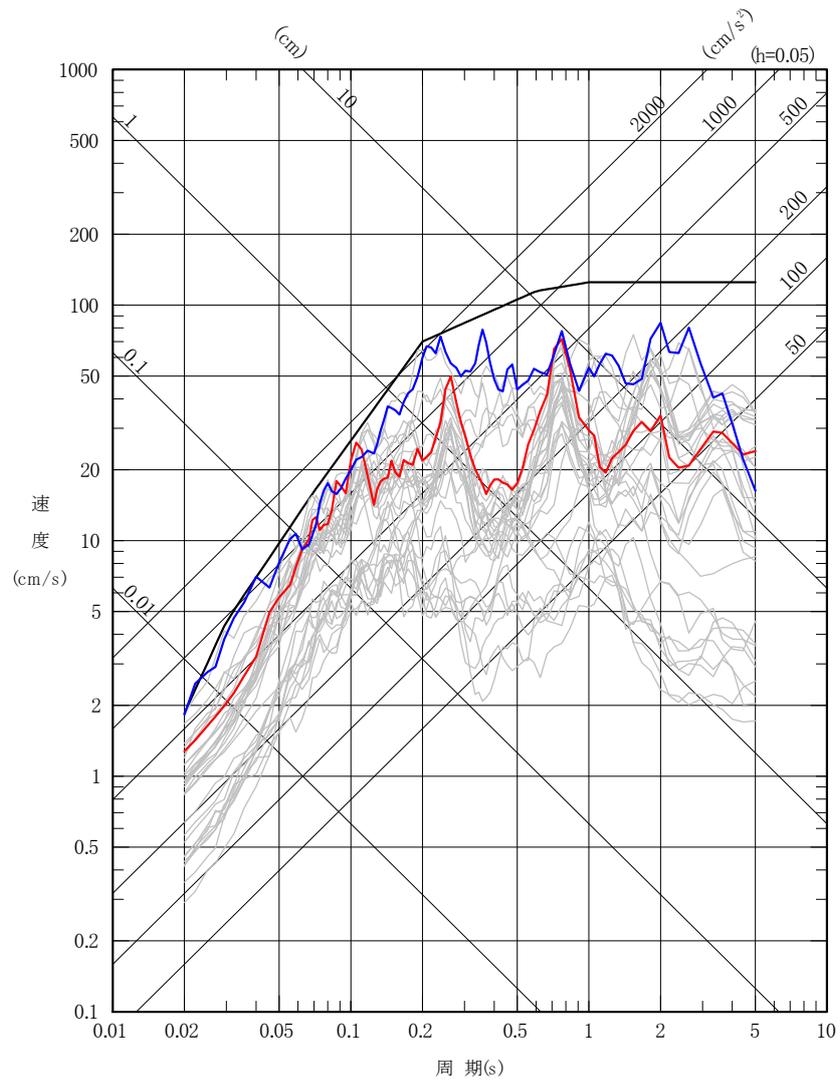


図 2-24(3) 基準地震動 Ss-D と

断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss の比較

(UD 成分)

- 基準地震動 Ss-D
- 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
- 加藤ほか(2004)に基づき設定した応答スペクトル

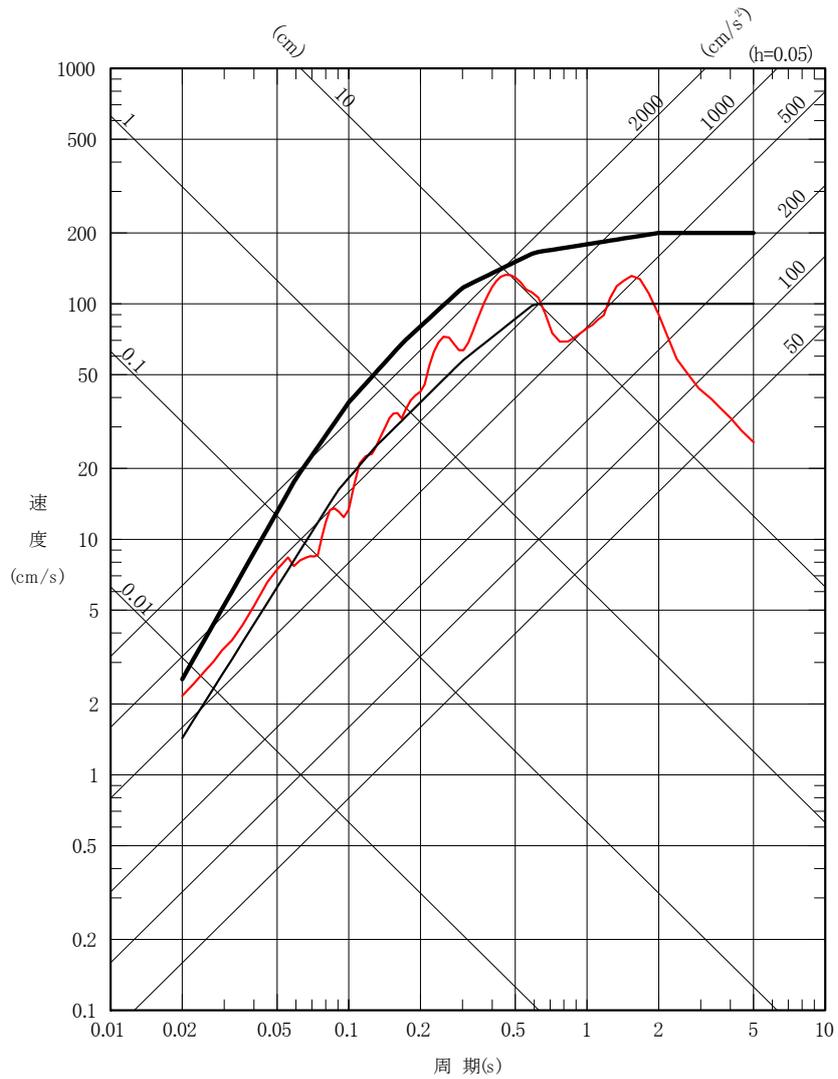


図 2-25(1) 基準地震動 Ss-D と震源を特定せず策定する地震動の比較  
(水平成分)

- 基準地震動 Ss-D
- 2004 年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
- 加藤ほか(2004)に基づき設定した応答スペクトル

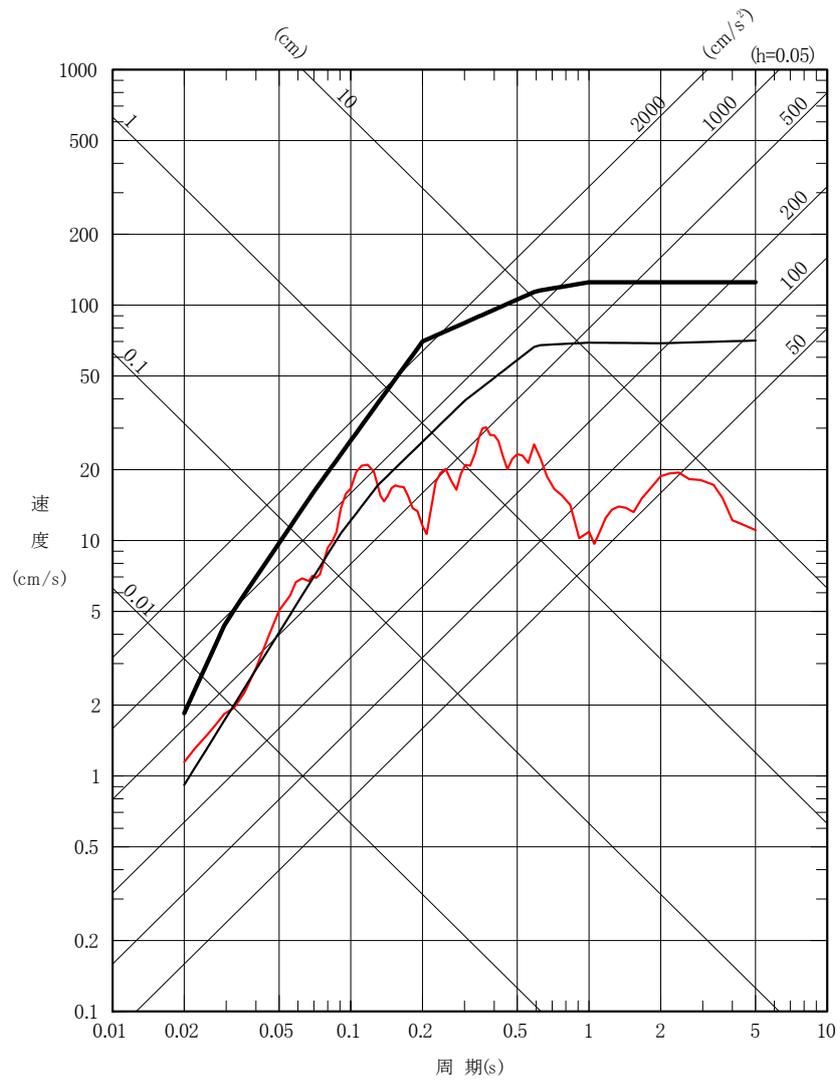


図 2-25(2) 基準地震動 Ss-D と震源を特定せず策定する地震動の比較  
(鉛直成分)

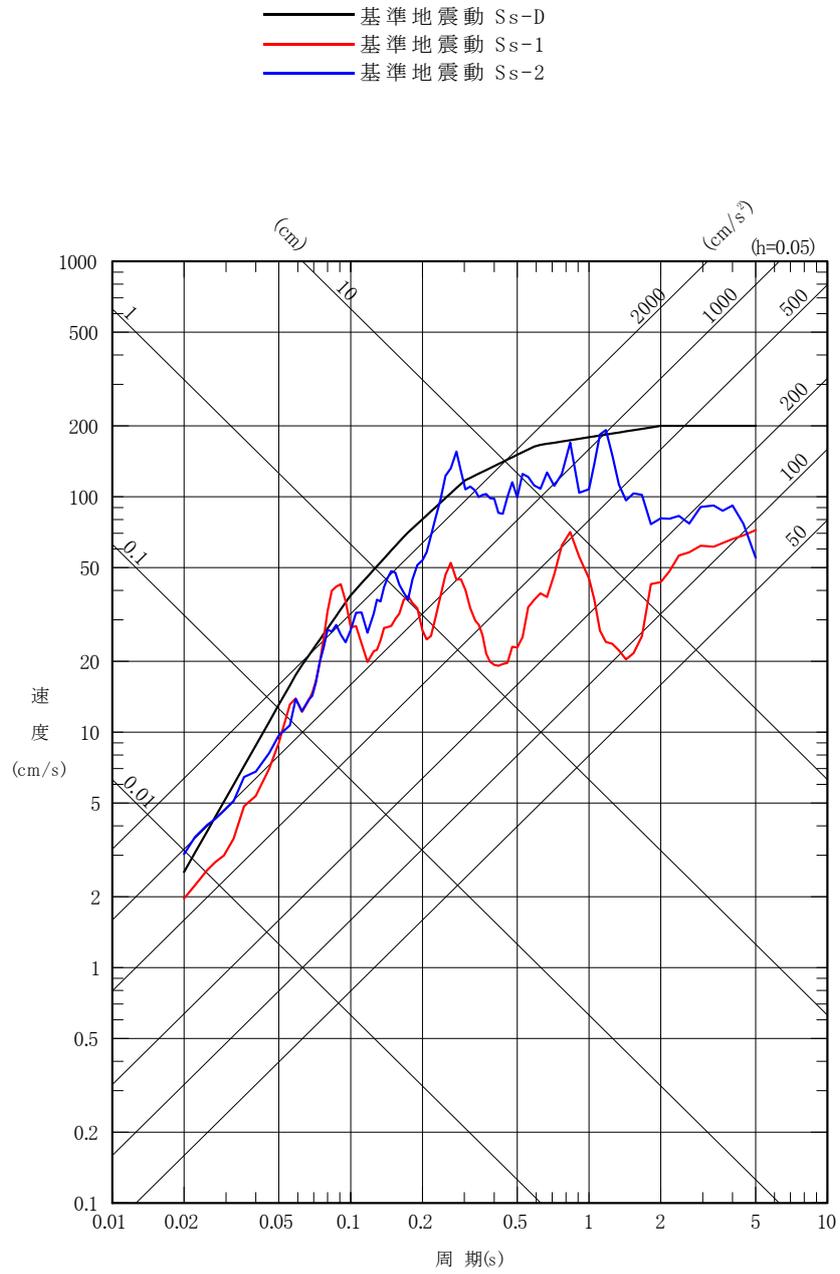


図 2-26(1) 基準地震動 Ss の応答スペクトル  
(NS 成分)

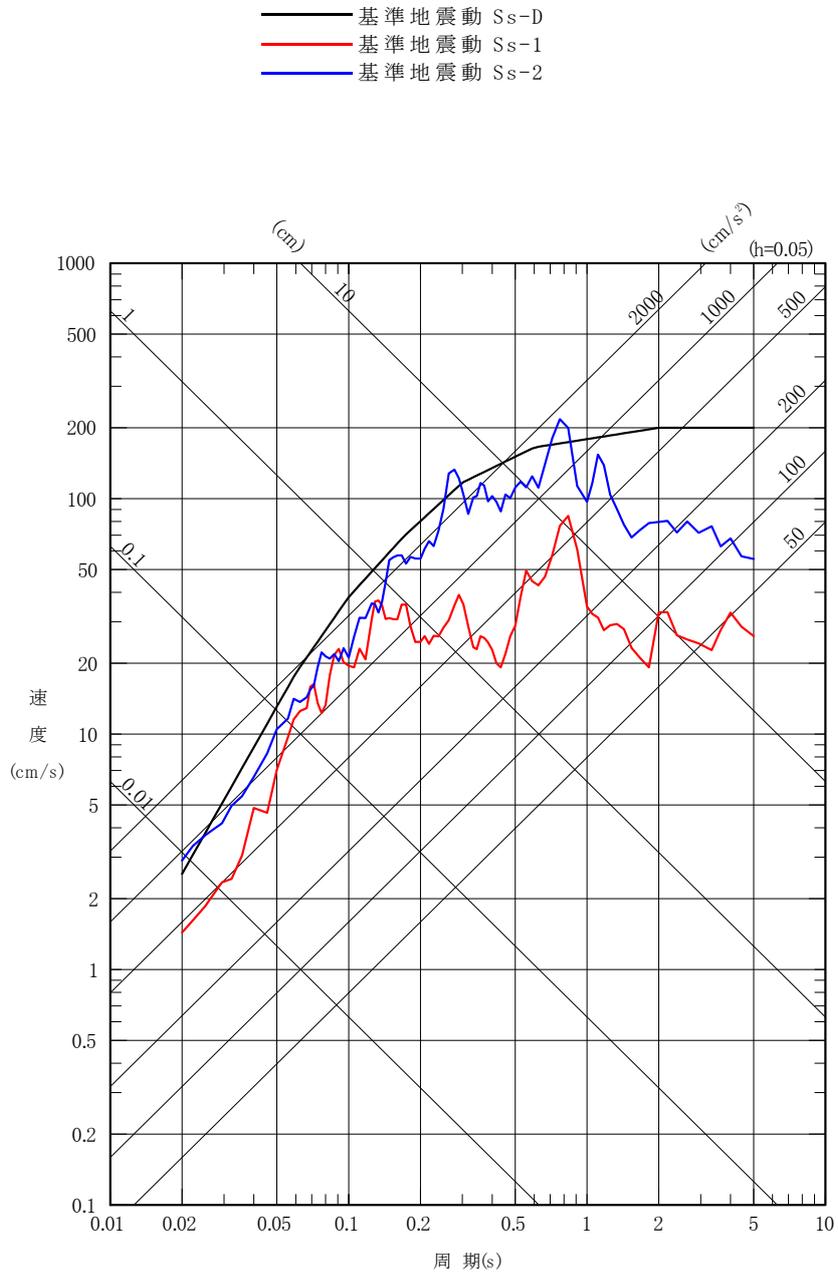


図 2-26(2) 基準地震動 Ss の応答スペクトル  
(EW 成分)

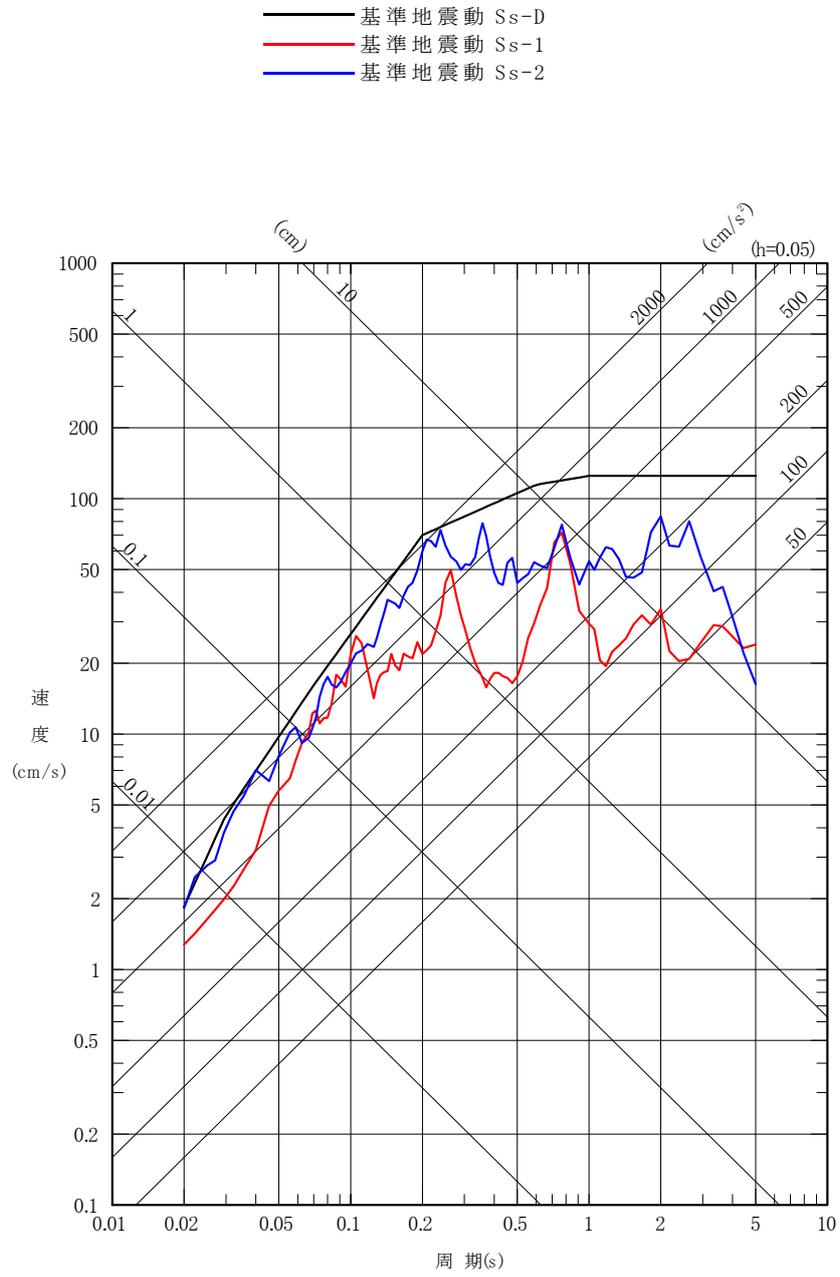


図 2-26(3) 基準地震動 Ss の応答スペクトル  
(UD 成分)

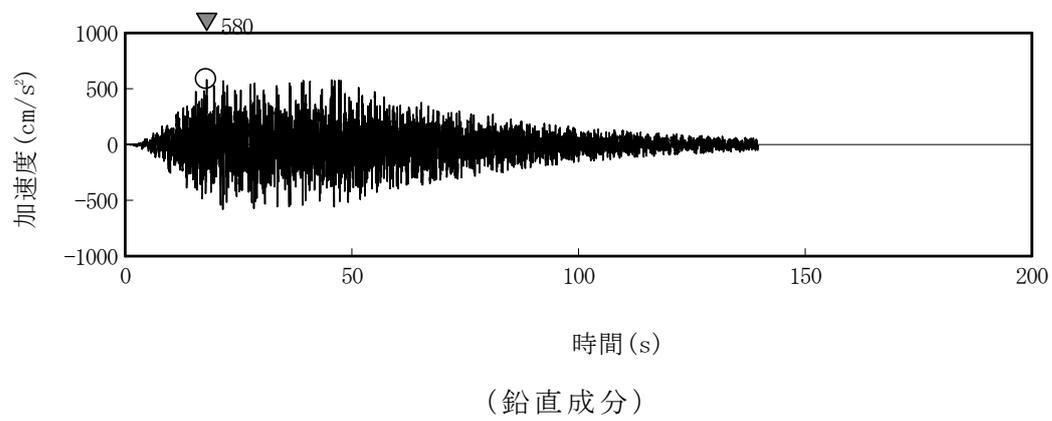
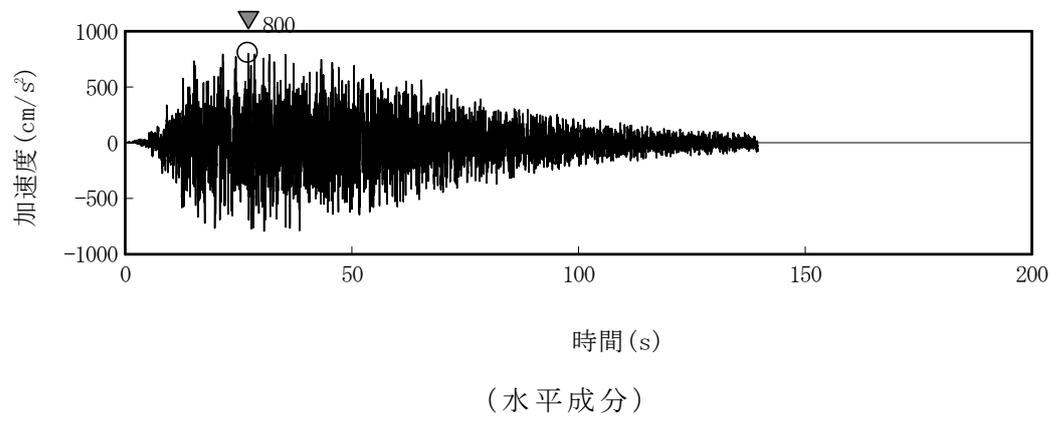


図 2-27 基準地震動 S<sub>s</sub>-D の時刻歴波形

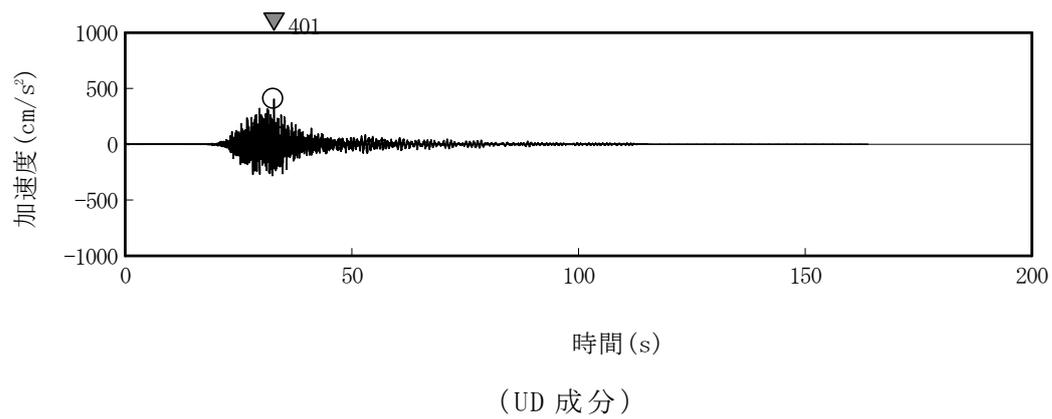
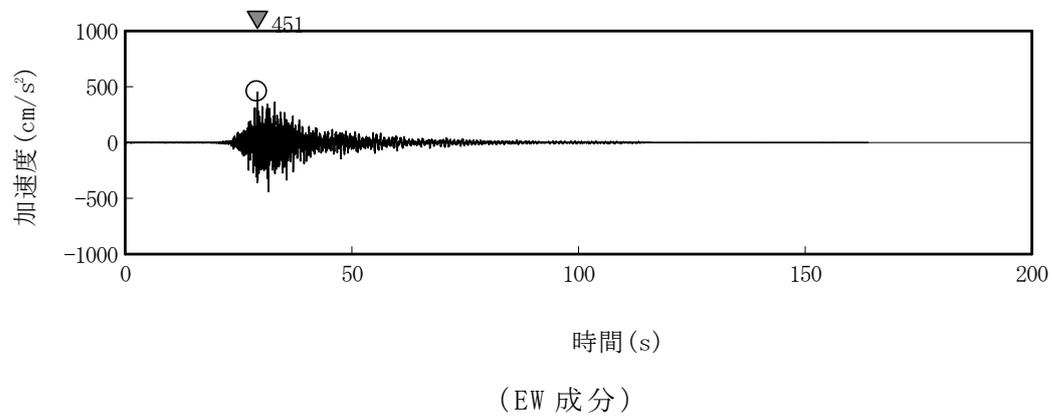
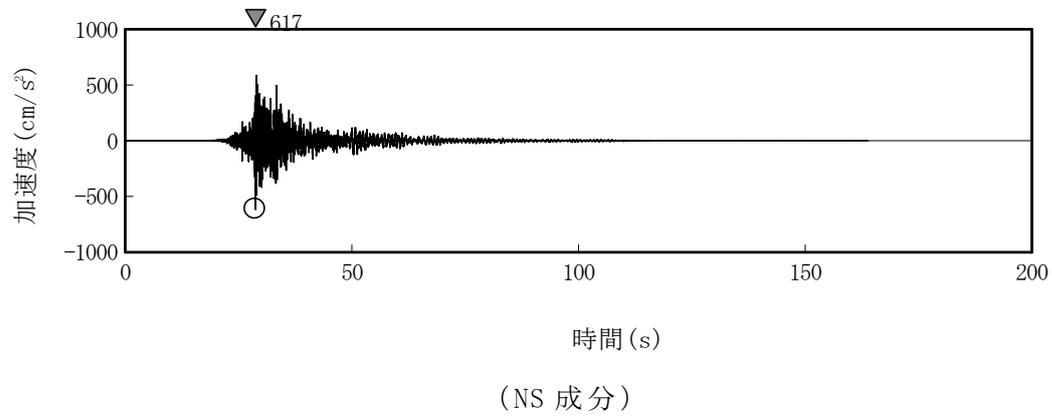


図 2-28(1) 基準地震動 S<sub>S-1</sub> の時刻歴波形

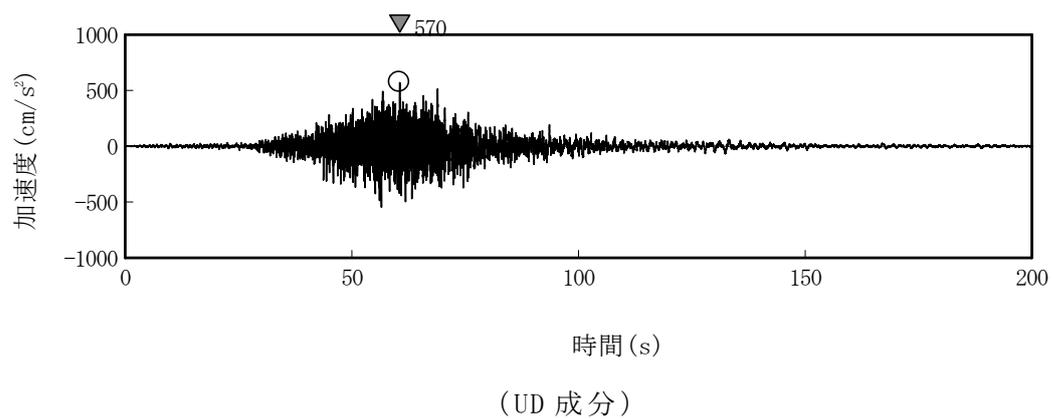
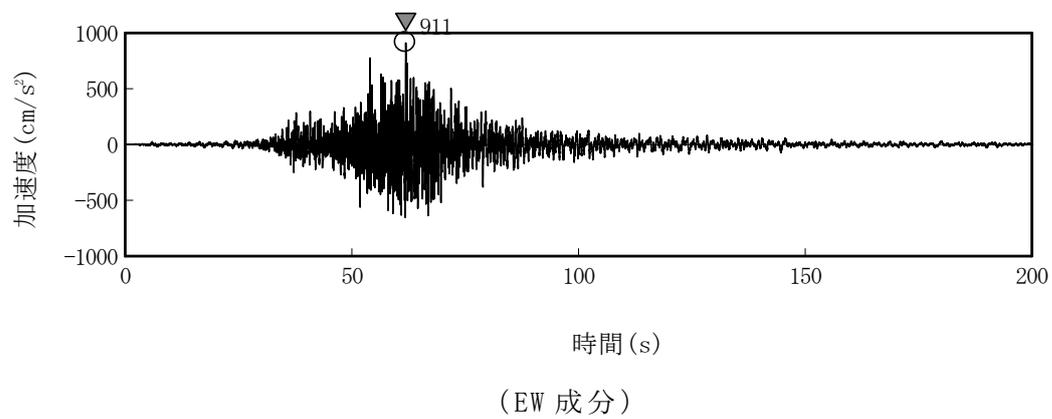
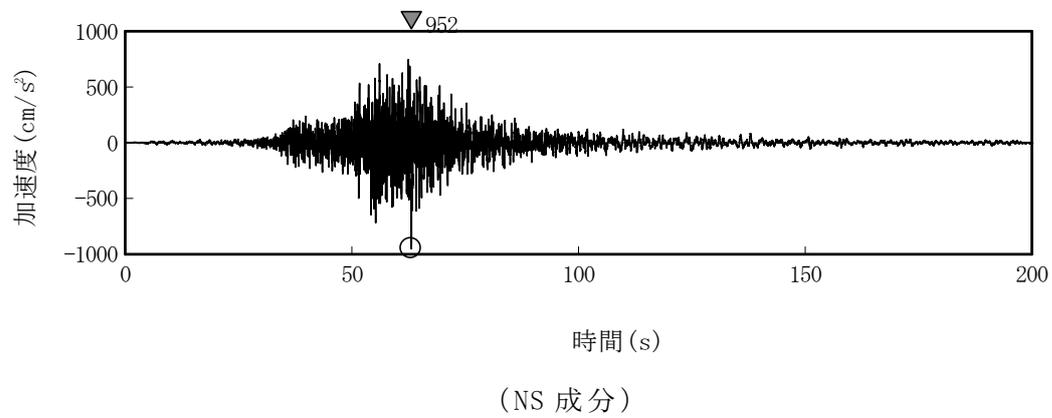


図 2-28(2) 基準地震動 S<sub>S</sub>-2 の時刻歴波形

表 2-1 敷地の地盤構造モデル（浅部）

上面 G.L. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	水平成分			鉛直成分		
			S波速度 <sup>※1</sup> (m/s)	減衰定数 <sup>※1,2</sup>		P波速度 <sup>※1</sup> (m/s)	減衰定数 <sup>※1,2</sup>	
				h <sub>0</sub>	α		h <sub>0</sub>	α
0	3	1.65	105 (101, 103)	0.879 (0.578, 0.938)	0.247 (0.188, 0.141)	253 (250)	0.379 (0.391)	0.256 (0.391)
-3	3	1.65	193 (194, 184)			627 (638)		
-6	1	1.83	462 (424, 510)	0.318 (0.172, 0.109)	0.994 (0.984, 0.422)	1512 (1383)	0.978 (0.813)	1.025 (1.000)
-7	9	1.83	440 (448, 388)			1406 (1361)		
-16	10	1.94	458 (470, 549)			1704 (1993)		
-26	42	1.94	570 (511, 463)			1759 (1873)		
-68	30	1.77	594 (599, 606)			1866 (1764)		
-98	1.14	1.86	563 (595, 535)	0.042 (0.063, 0.047)	1.947 (1.000, 1.000)	1576 (1895)	0.339 (0.219)	1.969 (1.000)
-99.14	24.86	1.86	525 (538, 513)			1917 (1784)		
-124	51	1.88	532 (581, 529)			1891 (1743)		
-175	46	1.74	574 (656, 562)			2066 (1865)		
-221	46	1.81	589 (512, 605)			1745 (1895)		
-267	42	1.79	617 (591, 532)			1682 (1621)		
-309	41	1.74	700			1855		
-350	∞	1.74	700			1855		

※ 敷地内の地質調査結果及び地震観測記録を用いて最適化した地盤構造モデル

※1 括弧内の数値は2011年東北地方太平洋沖地震の本震の解析に使用。なお、水平成分の左側はNS成分を、右側はEW成分を示す。

※2  $h=h_0 \times f^{-\alpha}$  ここでfは周波数(Hz)

表 2-2 敷地の地盤構造モデル（深部）

上面 G.L. (km)	層厚 (km)	密度 <sup>※1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	水平成分			鉛直成分		
			S波速度 (km/s)	減衰定数 <sup>※2</sup>		P波速度 <sup>※3</sup> (km/s)	減衰定数 <sup>※2</sup>	
				Qs	hs		Qp	hp
0.000	0.309	—	—	—	—	—	—	—
-0.309	0.338	1.71	0.700	100	0.005	1.855	100	0.005
-0.647	0.323	2.11	1.200			2.610		
-0.970	0.009	2.24	1.500			3.100		
-0.979	0.021	2.42	2.000			3.950		
-1.000	0.010	2.57	2.500			4.800		
-1.010	3.790	2.66	2.900	$110 \times f^{0.69}$	$0.0045 \times f^{-0.69}$	5.490	$110 \times f^{0.69}$	$0.0045 \times f^{-0.69}$
-4.800	12.640	2.70	3.600			5.960		
-17.440	14.560	2.80	4.170			6.810		
-32.000	∞	3.20	4.320			7.640		

※ 敷地内及び敷地周辺の地質調査結果を用いて最適化した地盤構造モデル

※1 G.L.-0.647 km～G.L.-4.800 kmはLudwig *et al.*(1970)、G.L.-4.800 km以深はiasp91(Kennett *et al.*(1991))を踏まえて設定

※2  $\eta$ は周波数(Hz)、G.L.-1.010 km以深は佐藤ほか(1994)を踏まえて設定

※3 G.L.-0.647 km～G.L.-4.800 kmはYoshimura *et al.*(1982)を踏まえて設定

表 2-3 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の

断層パラメータ（基本震源モデル）

項目	設定値			設定方法	
	全体	北部	南部		
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	57.7 54.2	21.8 20.1	35.9 34.1	活断層調査結果による位置を基に設定	
断層傾斜角(°)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	3 18	3 18	3 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	17.3	17.3	17.3	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km <sup>2</sup> )	967.9	362.4	605.5	断層面より算定	
破壊伝播様式	同心円状	同心円状	同心円状	—	
地震モーメントM <sub>0</sub> (N・m)	5.21E+19	1.65E+19	3.56E+19	$M_0=[S/(4.24 \times 10^{-11})]^2/10^7$ 全体の地震モーメントを断層面積の1.5乗比で分配	
剛性率(N/m <sup>2</sup> )	3.50E+10	3.50E+10	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$ , $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$ , $\beta = 3.6 \text{ km/s}$ ( $\beta$ は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ, $\rho$ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	153.9	130.1	168.1	$D=M_0/(\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	3.1	3.1	3.1	Fujii and Matsu'ura(2000)による	
破壊伝播速度V <sub>r</sub> (km/s)	2.59	2.59	2.59	$V_r=0.72 \beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	1.98E+19	—	—	$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
アスペリティ	面積S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	212.9	79.7	133.2	$S_a=0.22S$
	平均すべり量D <sub>a</sub> (cm)	307.7	260.1	336.2	$D_a=2D$
	地震モーメントM <sub>0a</sub> (N・m)	2.29E+19	7.26E+18	1.57E+19	$M_{0a}=\mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	14.09	14.09	14.09	$\Delta \sigma_a=\Delta \sigma \times S/S_a$
	短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	1.89E+19	1.16E+19	1.49E+19	$A=4 \pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	755.0	282.7	472.3	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量D <sub>b</sub> (cm)	110.5	93.4	120.7	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
	地震モーメントM <sub>0b</sub> (N・m)	2.92E+19	9.24E+18	1.99E+19	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	2.82	2.82	2.82	$\Delta \sigma_b=0.2 \Delta \sigma_a$

表 2-4 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の

検討ケース

ケース名	断層長さ (km)	断層上端深さ (km)	断層下端深さ (km)	断層幅 (km)	断層傾斜角 (°)	アスペリティ位置	破壊開始点	短周期レベル
基本震源モデル	58	3	18	17.3	60 (西傾斜)	断層端部から1マス空けて配置	複数設定し影響の大きい破壊開始点を選定	平均
短周期レベルの不確かさを考慮	58	3	18	17.3	60 (西傾斜)	断層端部から1マス空けて配置	基本震源モデルと同様の位置に設定	基本震源モデルの1.5倍
断層傾斜角の不確かさを考慮	58	3	18	21.2	45 (西傾斜)	断層端部から1マス空けて配置	基本震源モデルと同様の位置に設定	平均
アスペリティ位置の不確かさを考慮	58	3	18	17.3	60 (西傾斜)	敷地により近くなるように断層端部に配置	基本震源モデルと同様の位置に設定	平均

※ 応答スペクトルに基づく手法における基本震源モデルと短周期レベルの不確かさを考慮したケースは共通

表 2-5(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
断層パラメータ（不確かさを考慮したケース：短周期レベル）

項目	設定値			設定方法	
	全体	北部	南部		
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	57.7 54.2	21.8 20.1	35.9 34.1	活断層調査結果による位置を基に設定	
断層傾斜角(°)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	3 18	3 18	3 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	17.3	17.3	17.3	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km <sup>2</sup> )	967.9	362.4	605.5	断層面より算定	
破壊伝播様式	同心円状	同心円状	同心円状	—	
地震モーメントM <sub>0</sub> (N・m)	5.21E+19	1.65E+19	3.56E+19	$M_0=[S/(4.24 \times 10^{-11})]^2/10^7$ 全体の地震モーメントを断層面積の1.5乗比で分配	
剛性率(N/m <sup>2</sup> )	3.50E+10	3.50E+10	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$ , $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$ , $\beta = 3.6 \text{ km/s}$ ( $\beta$ は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ, $\rho$ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	153.9	130.1	168.1	$D=M_0/(\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	3.1	3.1	3.1	Fujii and Matsu'ura(2000)による	
破壊伝播速度V <sub>r</sub> (km/s)	2.59	2.59	2.59	$V_r=0.72 \beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	1.98E+19	—	—	$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
アスペリティ	面積S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	212.9	79.7	133.2	$S_a=0.22S$
	平均すべり量D <sub>a</sub> (cm)	307.7	260.1	336.2	$D_a=2D$
	地震モーメントM <sub>0a</sub> (N・m)	2.29E+19	7.26E+18	1.57E+19	$M_{0a}=\mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	21.14	21.14	21.14	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma \times S/S_a \times 1.5$
	短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	2.83E+19	1.73E+19	2.24E+19	$A=4 \pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	755.0	282.7	472.3	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量D <sub>b</sub> (cm)	110.5	93.4	120.7	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
	地震モーメントM <sub>0b</sub> (N・m)	2.92E+19	9.24E+18	1.99E+19	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	4.23	4.23	4.23	$\Delta \sigma_b=0.2 \Delta \sigma_a$

表 2-5(2) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
断層パラメータ（不確かさを考慮したケース：断層傾斜角）

項目	設定値			設定方法	
	全体	北部	南部		
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	57.1 51.1	21.5 18.5	35.6 32.6	活断層調査結果による位置を基に設定	
断層傾斜角(°)	45(西傾斜)	45(西傾斜)	45(西傾斜)	活断層調査結果の不確かさなどを踏まえ設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	3 18	3 18	3 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	21.2	21.2	21.2	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km <sup>2</sup> )	1146.9	424.0	722.9	断層面より算定	
破壊伝播様式	同心円状	同心円状	同心円状	—	
地震モーメントM <sub>0</sub> (N・m)	7.32E+19	2.27E+19	5.05E+19	M <sub>0</sub> ={S/(4.24×10 <sup>-11</sup> )} <sup>2</sup> /10 <sup>7</sup> 全体の地震モーメントを断層面積の1.5乗比で分配	
剛性率(N/m <sup>2</sup> )	3.50E+10	3.50E+10	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$ , $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$ , $\beta = 3.6 \text{ km/s}$ ( $\beta$ は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ, $\rho$ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	182.3	152.9	199.6	D=M <sub>0</sub> /( $\mu S$ )	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	3.1	3.1	3.1	Fujii and Matsu'ura(2000)による	
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.59	2.59	2.59	Vr=0.72 $\beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	2.22E+19	—	—	A=2.46×10 <sup>10</sup> ×(M <sub>0</sub> ×10 <sup>7</sup> ) <sup>1/3</sup>	
アスぺリテイ	面積S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	252.3	93.3	159.0	S <sub>a</sub> =0.22S
	平均すべり量D <sub>a</sub> (cm)	364.6	305.7	399.2	D <sub>a</sub> =2D
	地震モーメントM <sub>0a</sub> (N・m)	3.22E+19	9.98E+18	2.22E+19	M <sub>0a</sub> = $\mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	14.09	14.09	14.09	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma \times S/S_a$
	短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	2.06E+19	1.25E+19	1.63E+19	A=4 $\pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	894.6	330.7	563.9	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	平均すべり量D <sub>b</sub> (cm)	130.9	109.7	143.3	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /( $\mu S_b$ )
	地震モーメントM <sub>0b</sub> (N・m)	4.10E+19	1.27E+19	2.83E+19	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	2.82	2.82	2.82	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

表 2-5(3) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
断層パラメータ（不確かさを考慮したケース：アスペリティ位置）

項目	設定値			設定方法	
	全体	北部	南部		
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	57.7 54.2	21.8 20.1	35.9 34.1	活断層調査結果による位置を基に設定	
断層傾斜角(°)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	3 18	3 18	3 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	17.3	17.3	17.3	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km <sup>2</sup> )	967.9	362.4	605.5	断層面より算定	
破壊伝播様式	同心円状	同心円状	同心円状	—	
地震モーメントM <sub>0</sub> (N・m)	5.21E+19	1.65E+19	3.56E+19	$M_0=[S/(4.24 \times 10^{-11})]^2/10^7$ 全体の地震モーメントを断層面積の1.5乗比で分配	
剛性率(N/m <sup>2</sup> )	3.50E+10	3.50E+10	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$ , $\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$ , $\beta = 3.6 \text{ km/s}$ ( $\beta$ は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ, $\rho$ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	153.9	130.1	168.1	$D=M_0/(\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	3.1	3.1	3.1	Fujii and Matsu'ura(2000)による	
破壊伝播速度V <sub>r</sub> (km/s)	2.59	2.59	2.59	$V_r=0.72 \beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	1.98E+19	—	—	$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
アスペリティ	面積S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	212.9	79.7	133.2	$S_a=0.22S$
	平均すべり量D <sub>a</sub> (cm)	307.7	260.1	336.2	$D_a=2D$
	地震モーメントM <sub>0a</sub> (N・m)	2.29E+19	7.26E+18	1.57E+19	$M_{0a}=\mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	14.09	14.09	14.09	$\Delta \sigma_a=\Delta \sigma \times S/S_a$
	短周期レベルA(N・m/s <sup>2</sup> )(参考)	1.89E+19	1.16E+19	1.49E+19	$A=4 \pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	755.0	282.7	472.3	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量D <sub>b</sub> (cm)	110.5	93.4	120.7	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
	地震モーメントM <sub>0b</sub> (N・m)	2.92E+19	9.24E+18	1.99E+19	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	2.82	2.82	2.82	$\Delta \sigma_b=0.2 \Delta \sigma_a$

表 2-6 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の  
地震動評価に用いる要素地震の諸元

項目		設定値
発生日時		2011 年 4 月 14 日 7 時 35 分
気象庁マグニチュード		5.1
震央位置	東経 (°)	140.57
	北緯 (°)	36.78
震源深さ (km)		8.8
走向 (°)※		155 ; 314
傾斜 (°)※		63 ; 29
すべり角 (°)※		-80 ; -109
地震モーメント (N・m)※		$2.41 \times 10^{16}$
コーナー周波数 (Hz)		1.2
応力降下量 (MPa)		7.54

※ F-netによる

表 2-7 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ

(基本震源モデル)

項目		設定値	設定方法
走向	$\theta(^{\circ})$	200	F-net
傾斜角1(東側)	$\delta_1(^{\circ})$	12	壇ほか(2005)
傾斜角2(西側)	$\delta_2(^{\circ})$	21	壇ほか(2005)
すべり角	$\lambda(^{\circ})$	88	F-net
長さ	L(km)	500	断層面積に基づき算定
幅	W(km)	200	断層面積に基づき算定
基準点北緯	N(^{\circ})	38.1035	本震の震源位置(気象庁)
基準点東経	E(^{\circ})	142.8610	本震の震源位置(気象庁)
基準点深さ	H(km)	23.7	本震の震源位置(気象庁)
上端深さ	$h_u$ (km)	12.3	$h_u = H - w_1 \sin \delta_1$ , $w_1 = 55$ km
下端深さ	$h_l$ (km)	68.9	$h_l = H + (100 - w_1) \sin \delta_1 + 100 \sin \delta_2$
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	100000	$\log S = M - 4.0$ , 佐藤(1989)
平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	3.08	$M_0 = 16/7 \times (S/\pi)^{3/2} \Delta \sigma$
地震モーメント	$M_0$ (N·m)	4.00E+22	$\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$ , Hanks and Kanamori (1979)
モーメントマグニチュード	$M_w$	9.0	2011年東北地方太平洋沖地震
平均すべり量	D(cm)	854.3	$D = M_0 / (\mu S)$
剛性率	$\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	4.68E+10	$\mu = \rho V_s^2$ , $\rho = 3.08$ g/cm <sup>3</sup> 地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
せん断波速度	$V_s$ (km/s)	3.9	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
破壊伝播速度	$V_r$ (km/s)	3.0	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
SMGA全体	面積	$S_a$ (km <sup>2</sup> )	12500 $S_a = cS$ , $c = 0.125$
	地震モーメント	$M_{0a}$ (N·m)	1.00E+22 $M_{0a} = \mu D_a S_a$
	すべり量	$D_a$ (cm)	1708.6 $D_a = 2 \times D$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$ (MPa)	24.6 $\Delta \sigma_a = S/S_a \times \Delta \sigma$
	短周期レベル	$A_a$ (N·m/s <sup>2</sup> )	2.97E+20 $A_a = (\sum A_{a1}^2)^{1/2} = 5^{1/2} A_{a1}$
各SMGA	面積	$S_{a1}$ (km <sup>2</sup> )	2500 $S_{a1} = S_a/5$
	地震モーメント	$M_{0a1}$ (N·m)	2.00E+21 $M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / \sum S_{a1}^{1.5} = M_{0a}/5$
	すべり量	$D_{a1}$ (cm)	1708.6 $D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	24.6 $\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	短周期レベル	$A_{a1}$ (N·m/s <sup>2</sup> )	1.33E+20 $A_{a1} = 4 \pi r_1 \Delta \sigma_{a1} V_s^2$ , $r_1 = (S_{a1}/\pi)^{1/2}$
	ライズタイム	$\tau_{a1}$ (s)	8.33 $\tau_{a1} = 0.5 W_{a1} / V_r$ , $W_{a1}$ : SMGA幅
背景領域	面積	$S_b$ (km <sup>2</sup> )	87500 $S_b = S - S_a$
	地震モーメント	$M_{0b}$ (N·m)	3.00E+22 $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	すべり量	$D_b$ (cm)	732.2 $D_b = M_{0b} / \mu S_b$
	応力降下量	$\Delta \sigma_b$ (MPa)	4.9 $\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$
	ライズタイム	$\tau_b$ (s)	33.33 $\tau_b = 0.5 W / V_r$ , W: 断層幅
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)

表 2-8 2011 年東北地方太平洋沖型地震の検討ケース

ケース名	断層設定位置	地震規模	断層傾斜角(°)	SMGA位置	短周期レベル
基本震源モデル	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部から茨城県沖に設定	Mw9.0	12(東半分) 21(西半分)	過去の地震発生状況を踏まえ配置	当該地域で発生した過去の地震の短周期レベルに基づき設定
SMGA位置の不確かさを考慮	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部から茨城県沖に設定	Mw9.0	12(東半分) 21(西半分)	茨城県沖のSMGA位置を敷地近傍に配置	当該地域で発生した過去の地震の短周期レベルに基づき設定
短周期レベルの不確かさを考慮	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部から茨城県沖に設定	Mw9.0	12(東半分) 21(西半分)	過去の地震発生状況を踏まえ配置	基本震源モデルの1.5倍
SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳を考慮	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部から茨城県沖に設定	Mw9.0	12(東半分) 21(西半分)	茨城県沖のSMGA位置を敷地近傍に配置	基本震源モデルの1.5倍

表 2-9(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース：SMGA 位置)

項目		設定値	設定方法
走向	$\theta(^{\circ})$	200	F-net
傾斜角1(東側)	$\delta_1(^{\circ})$	12	壇ほか(2005)
傾斜角2(西側)	$\delta_2(^{\circ})$	21	壇ほか(2005)
すべり角	$\lambda(^{\circ})$	88	F-net
長さ	L(km)	500	断層面積に基づき算定
幅	W(km)	200	断層面積に基づき算定
基準点北緯	N(^{\circ})	38.1035	本震の震源位置(気象庁)
基準点東経	E(^{\circ})	142.8610	本震の震源位置(気象庁)
基準点深さ	H(km)	23.7	本震の震源位置(気象庁)
上端深さ	$h_u$ (km)	12.3	$h_u = H - w_1 \sin \delta_1$ , $w_1 = 55$ km
下端深さ	$h_l$ (km)	68.9	$h_l = H + (100 - w_1) \sin \delta_1 + 100 \sin \delta_2$
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	100000	$\log S = M - 4.0$ , 佐藤(1989)
平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	3.08	$M_0 = 16/7 \times (S/\pi)^{3/2} \Delta \sigma$
地震モーメント	$M_0$ (N·m)	4.00E+22	$\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$ , Hanks and Kanamori (1979)
モーメントマグニチュード	$M_w$	9.0	2011年東北地方太平洋沖地震
平均すべり量	D(cm)	854.3	$D = M_0 / (\mu S)$
剛性率	$\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	4.68E+10	$\mu = \rho V_s^2$ , $\rho = 3.08$ g/cm <sup>3</sup> 地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
せん断波速度	$V_s$ (km/s)	3.9	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
破壊伝播速度	$V_r$ (km/s)	3.0	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)
SMGA全体	面積	$S_a$ (km <sup>2</sup> )	12500 $S_a = cS$ , $c = 0.125$
	地震モーメント	$M_{0a}$ (N·m)	1.00E+22 $M_{0a} = \mu D_a S_a$
	すべり量	$D_a$ (cm)	1708.6 $D_a = 2 \times D$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$ (MPa)	24.6 $\Delta \sigma_a = S/S_a \times \Delta \sigma$
	短周期レベル	$A_a$ (N·m/s <sup>2</sup> )	2.97E+20 $A_a = (\sum A_{a1}^2)^{1/2} = 5^{1/2} A_{a1}$
各SMGA	面積	$S_{a1}$ (km <sup>2</sup> )	2500 $S_{a1} = S_a/5$
	地震モーメント	$M_{0a1}$ (N·m)	2.00E+21 $M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / \sum S_{a1}^{1.5} = M_{0a}/5$
	すべり量	$D_{a1}$ (cm)	1708.6 $D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	24.6 $\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	短周期レベル	$A_{a1}$ (N·m/s <sup>2</sup> )	1.33E+20 $A_{a1} = 4\pi r_1 \Delta \sigma_{a1} V_s^2$ , $r_1 = (S_{a1}/\pi)^{1/2}$
	ライズタイム	$\tau_{a1}$ (s)	8.33 $\tau_{a1} = 0.5 W_{a1} / V_r$ , $W_{a1}$ : SMGA幅
背景領域	面積	$S_b$ (km <sup>2</sup> )	87500 $S_b = S - S_a$
	地震モーメント	$M_{0b}$ (N·m)	3.00E+22 $M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	すべり量	$D_b$ (cm)	732.2 $D_b = M_{0b} / \mu S_b$
	応力降下量	$\Delta \sigma_b$ (MPa)	4.9 $\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$
	ライズタイム	$\tau_b$ (s)	33.33 $\tau_b = 0.5 W / V_r$ , W: 断層幅
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)

表 2-9(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース：短周期レベル)

項目		設定値	設定方法	
走向	$\theta(^{\circ})$	200	F-net	
傾斜角1(東側)	$\delta_1(^{\circ})$	12	壇ほか(2005)	
傾斜角2(西側)	$\delta_2(^{\circ})$	21	壇ほか(2005)	
すべり角	$\lambda(^{\circ})$	88	F-net	
長さ	L(km)	500	断層面積に基づき算定	
幅	W(km)	200	断層面積に基づき算定	
基準点北緯	N(^{\circ})	38.1035	本震の震源位置(気象庁)	
基準点東経	E(^{\circ})	142.8610	本震の震源位置(気象庁)	
基準点深さ	H(km)	23.7	本震の震源位置(気象庁)	
上端深さ	$h_u$ (km)	12.3	$h_u = H - w_1 \sin \delta_1$ , $w_1 = 55$ km	
下端深さ	$h_l$ (km)	68.9	$h_l = H + (100 - w_1) \sin \delta_1 + 100 \sin \delta_2$	
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	100000	$\log S = M - 4.0$ , 佐藤(1989)	
平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	3.08	$M_0 = 16/7 \times (S/\pi)^{3/2} \Delta \sigma$	
地震モーメント	$M_0$ (N·m)	4.00E+22	$\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$ , Hanks and Kanamori (1979)	
モーメントマグニチュード	$M_w$	9.0	2011年東北地方太平洋沖地震	
平均すべり量	D(cm)	854.3	$D = M_0 / (\mu S)$	
剛性率	$\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	4.68E+10	$\mu = \rho V_s^2$ , $\rho = 3.08$ g/cm <sup>3</sup> 地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
せん断波速度	$V_s$ (km/s)	3.9	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
破壊伝播速度	$V_r$ (km/s)	3.0	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
SMGA全体	面積	$S_a$ (km <sup>2</sup> )	12500	$S_a = cS$ , $c = 0.125$
	地震モーメント	$M_{0a}$ (N·m)	1.00E+22	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
	すべり量	$D_a$ (cm)	1708.6	$D_a = 2 \times D$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$ (MPa)	37.0	$\Delta \sigma_a = S/S_a \times \Delta \sigma \times 1.5$
	短周期レベル	$A_a$ (N·m/s <sup>2</sup> )	4.46E+20	$A_a = (\sum A_{ai}^2)^{1/2} = 5^{1/2} A_{a1}$
各SMGA	面積	$S_{a1}$ (km <sup>2</sup> )	2500	$S_{a1} = S_a / 5$
	地震モーメント	$M_{0a1}$ (N·m)	2.00E+21	$M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / \sum S_{ai}^{1.5} = M_{0a} / 5$
	すべり量	$D_{a1}$ (cm)	1708.6	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	37.0	$\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	短周期レベル	$A_{a1}$ (N·m/s <sup>2</sup> )	1.99E+20	$A_{a1} = 4 \pi r_1 \Delta \sigma_{a1} V_s^2$ , $r_1 = (S_{a1} / \pi)^{1/2}$
	ライズタイム	$\tau_{a1}$ (s)	8.33	$\tau_{a1} = 0.5 W_{ai} / V_r$ , $W_{ai}$ : SMGA幅
背景領域	面積	$S_b$ (km <sup>2</sup> )	87500	$S_b = S - S_a$
	地震モーメント	$M_{0b}$ (N·m)	3.00E+22	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	すべり量	$D_b$ (cm)	732.2	$D_b = M_{0b} / \mu S_b$
	応力降下量	$\Delta \sigma_b$ (MPa)	7.4	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$
	ライズタイム	$\tau_b$ (s)	33.33	$\tau_b = 0.5 W / V_r$ , W: 断層幅
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)	

表 2-9(3) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース：SMGA 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)

項目		設定値	設定方法	
走向	$\theta(^{\circ})$	200	F-net	
傾斜角1(東側)	$\delta_1(^{\circ})$	12	壇ほか(2005)	
傾斜角2(西側)	$\delta_2(^{\circ})$	21	壇ほか(2005)	
すべり角	$\lambda(^{\circ})$	88	F-net	
長さ	L(km)	500	断層面積に基づき算定	
幅	W(km)	200	断層面積に基づき算定	
基準点北緯	N(^{\circ})	38.1035	本震の震源位置(気象庁)	
基準点東経	E(^{\circ})	142.8610	本震の震源位置(気象庁)	
基準点深さ	H(km)	23.7	本震の震源位置(気象庁)	
上端深さ	$h_u$ (km)	12.3	$h_u = H - w_1 \sin \delta_1$ , $w_1 = 55$ km	
下端深さ	$h_l$ (km)	68.9	$h_l = H + (100 - w_1) \sin \delta_1 + 100 \sin \delta_2$	
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	100000	$\log S = M - 4.0$ , 佐藤(1989)	
平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	3.08	$M_0 = 16/7 \times (S/\pi)^{3/2} \Delta \sigma$	
地震モーメント	$M_0$ (N·m)	4.00E+22	$\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$ , Hanks and Kanamori (1979)	
モーメントマグニチュード	$M_w$	9.0	2011年東北地方太平洋沖地震	
平均すべり量	D(cm)	854.3	$D = M_0 / (\mu S)$	
剛性率	$\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	4.68E+10	$\mu = \rho V_s^2$ , $\rho = 3.08$ g/cm <sup>3</sup> 地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
せん断波速度	$V_s$ (km/s)	3.9	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
破壊伝播速度	$V_r$ (km/s)	3.0	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
SMGA全体	面積	$S_a$ (km <sup>2</sup> )	12500	$S_a = cS$ , $c = 0.125$
	地震モーメント	$M_{0a}$ (N·m)	1.00E+22	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
	すべり量	$D_a$ (cm)	1708.6	$D_a = 2 \times D$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$ (MPa)	37.0	$\Delta \sigma_a = S/S_a \times \Delta \sigma \times 1.5$
	短周期レベル	$A_a$ (N·m/s <sup>2</sup> )	4.46E+20	$A_a = (\sum A_{ai}^2)^{1/2} = 5^{1/2} A_{a1}$
各SMGA	面積	$S_{a1}$ (km <sup>2</sup> )	2500	$S_{a1} = S_a / 5$
	地震モーメント	$M_{0a1}$ (N·m)	2.00E+21	$M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / \sum S_{ai}^{1.5} = M_{0a} / 5$
	すべり量	$D_{a1}$ (cm)	1708.6	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	37.0	$\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	短周期レベル	$A_{a1}$ (N·m/s <sup>2</sup> )	1.99E+20	$A_{a1} = 4 \pi r_1 \Delta \sigma_{a1} V_s^2$ , $r_1 = (S_{a1} / \pi)^{1/2}$
	ライズタイム	$\tau_{a1}$ (s)	8.33	$\tau_{a1} = 0.5 W_{ai} / V_r$ , $W_{ai}$ : SMGA幅
背景領域	面積	$S_b$ (km <sup>2</sup> )	87500	$S_b = S - S_a$
	地震モーメント	$M_{0b}$ (N·m)	3.00E+22	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	すべり量	$D_b$ (cm)	732.2	$D_b = M_{0b} / \mu S_b$
	応力降下量	$\Delta \sigma_b$ (MPa)	7.4	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$
	ライズタイム	$\tau_b$ (s)	33.33	$\tau_b = 0.5 W / V_r$ , W:断層幅
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)	

表 2-10 2011 年東北地方太平洋沖型地震の

地震動評価に用いる要素地震の諸元

(要素地震(北部))

項目		設定値
発生日時		2011 年 3 月 10 日 6 時 23 分
気象庁マグニチュード		6.8
震央位置	東経 (°)	143.05
	北緯 (°)	38.17
震源深さ (km)		9.3
走向 (°) ※		22 ; 213
傾斜 (°) ※		68 ; 23
すべり角 (°) ※		85 ; 101
地震モーメント (N・m) ※		$5.51 \times 10^{18}$
コーナー周波数 (Hz)		0.22
応力降下量 (MPa)		11.8

※ F-netによる

(要素地震(南部))

項目		設定値
発生日時		2005 年 10 月 19 日 20 時 44 分
気象庁マグニチュード		6.3
震央位置	東経 (°)	141.04
	北緯 (°)	36.38
震源深さ (km)		48.3
走向 (°) ※		25 ; 209
傾斜 (°) ※		68 ; 22
すべり角 (°) ※		88 ; 94
地震モーメント (N・m) ※		$3.18 \times 10^{18}$
コーナー周波数 (Hz)		0.31
応力降下量 (MPa)		12.5

※ F-netによる

表 2-11 茨城県南部の地震の断層パラメータ

(基本震源モデル)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.291	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.06		
上端深さ	h(km)	38~54	フィリピン海プレートの上端位置	
気象庁マグニチュード*	Mj	7.3	Mj=Mw	
モーメントマグニチュード*	Mw	7.3	中央防災会議(2013)	
地震モーメント	M <sub>0</sub> (N・m)	1.12E+20	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1, Hanks and Kanamori (1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)	
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)	
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	900	中央防災会議(2013)	
長さ	L(km)	45	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm <sup>3</sup> )	2.875	μ=ρV <sub>s</sub> <sup>2</sup>	
せん断波速度	V <sub>s</sub> (km/s)	4.0	佐藤(2003)	
剛性率	μ(N/m <sup>2</sup> )	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	2.55	D=M <sub>0</sub> /(μS)	
破壊伝播速度	V <sub>r</sub> (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
高周波遮断係数	f <sub>max</sub> (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスぺリティ	面積	S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	150	中央防災会議(2013)
	すべり量	D <sub>a</sub> (m)	5.1	D <sub>a</sub> =2D
	地震モーメント	M <sub>0a</sub> (N・m)	3.52E+19	M <sub>0a</sub> =μD <sub>a</sub> S <sub>a</sub>
	応力降下量	Δσ <sub>a</sub> (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A(N・m/s <sup>2</sup> )	8.61E+19	A <sub>a</sub> =4πr <sub>a</sub> Δσ <sub>a</sub> V <sub>s</sub> <sup>2</sup>
背景領域	面積	S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	750	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	すべり量	D <sub>b</sub> (m)	2.23	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /(μS <sub>b</sub> )
	地震モーメント	M <sub>0b</sub> (N・m)	7.7E+19	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	実効応力	Δσ <sub>b</sub> (MPa)	12.4	Δσ <sub>b</sub> =0.2Δσ <sub>a</sub>
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)	

表 2-12 茨城県南部の地震の検討ケース

ケース名	地震規模 M	断層傾斜角 (°)	応力 降下量 (MPa)	アスペリティ位置	震源位置	等価 震源距離 (km)
基本震源モデル	7.3	90	62	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	74.4
断層傾斜角の不確かさを考慮	7.3	38	62	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	81.9
アスペリティ位置の不確かさを考慮	7.3	90	62	敷地に近くなるように海洋性地殻内の上端に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	73.1
応力降下量の不確かさを考慮	7.3	90	77.59	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	75.1
地震規模の不確かさを考慮	7.4	90	62	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	74.5

表 2-13(1) 茨城県南部の地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース：断層傾斜角)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.291	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.06		
上端深さ	h(km)	38~52	フィリピン海プレートの上面位置	
気象庁マグニチュード	M <sub>j</sub>	7.3	M <sub>j</sub> =M <sub>w</sub>	
モーメントマグニチュード	M <sub>w</sub>	7.3	中央防災会議(2013)	
地震モーメント	M <sub>0</sub> (N・m)	1.12E+20	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1, Hanks and Kanamori (1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	38	敷地へ向く傾斜角	
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
	—	縦ずれ	破壊の進行方向が敷地に向かう設定	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013):右横ずれの場合	
	λ(°)	90	逆断層・縦ずれの場合	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)	
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	900	中央防災会議(2013)	
長さ	L(km)	45	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm <sup>3</sup> )	2.875	μ=ρV <sub>s</sub> <sup>2</sup>	
せん断波速度	V <sub>s</sub> (km/s)	4.0	佐藤(2003)	
剛性率	μ(N/m <sup>2</sup> )	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	2.55	D=M <sub>0</sub> /(μS)	
破壊伝播速度	V <sub>r</sub> (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
高周波遮断係数	f <sub>max</sub> (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスペリティ	面積	S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	150	中央防災会議(2013)
	すべり量	D <sub>a</sub> (m)	5.1	D <sub>a</sub> =2D
	地震モーメント	M <sub>0a</sub> (N・m)	3.52E+19	M <sub>0a</sub> =μD <sub>a</sub> S <sub>a</sub>
	応力降下量	Δσ <sub>a</sub> (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A(N・m/s <sup>2</sup> )	8.61E+19	A <sub>a</sub> =4πr <sub>a</sub> Δσ <sub>a</sub> V <sub>s</sub> <sup>2</sup>
背景領域	面積	S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	750	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	すべり量	D <sub>b</sub> (m)	2.23	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /(μS <sub>b</sub> )
	地震モーメント	M <sub>0b</sub> (N・m)	7.7E+19	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	実効応力	Δσ <sub>b</sub> (MPa)	12.4	Δσ <sub>b</sub> =0.2Δσ <sub>a</sub>
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)	

表 2-13(2) 茨城県南部の地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース：アスペリティ位置)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.291	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.06		
上端深さ	h(km)	38~54	フィリピン海プレートの上面位置	
気象庁マグニチュード*	Mj	7.3	Mj=Mw	
モーメントマグニチュード*	Mw	7.3	中央防災会議(2013)	
地震モーメント	M <sub>0</sub> (N・m)	1.12E+20	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1, Hanks and Kanamori (1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)	
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)	
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	900	中央防災会議(2013)	
長さ	L(km)	45	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm <sup>3</sup> )	2.875	μ=ρV <sub>s</sub> <sup>2</sup>	
せん断波速度	V <sub>s</sub> (km/s)	4.0	佐藤(2003)	
剛性率	μ(N/m <sup>2</sup> )	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	2.55	D=M <sub>0</sub> /(μS)	
破壊伝播速度	V <sub>r</sub> (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
高周波遮断係数	f <sub>max</sub> (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスペリティ	面積	S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	150	中央防災会議(2013)
	すべり量	D <sub>a</sub> (m)	5.1	D <sub>a</sub> =2D
	地震モーメント	M <sub>0a</sub> (N・m)	3.52E+19	M <sub>0a</sub> =μD <sub>a</sub> S <sub>a</sub>
	応力降下量	Δσ <sub>a</sub> (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A(N・m/s <sup>2</sup> )	8.61E+19	A <sub>a</sub> =4πr <sub>a</sub> Δσ <sub>a</sub> V <sub>s</sub> <sup>2</sup>
背景領域	面積	S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	750	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	すべり量	D <sub>b</sub> (m)	2.23	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /(μS <sub>b</sub> )
	地震モーメント	M <sub>0b</sub> (N・m)	7.7E+19	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	実効応力	Δσ <sub>b</sub> (MPa)	12.4	Δσ <sub>b</sub> =0.2Δσ <sub>a</sub>
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)	

表 2-13(3) 茨城県南部の地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース：応力降下量)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.291	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.06		
上端深さ	h(km)	42~54	フィリピン海プレートの上端位置	
気象庁マグニチュード	Mj	7.3	Mj=Mw	
モーメントマグニチュード	M <sub>w</sub>	7.3	中央防災会議(2013)	
地震モーメント	M <sub>0</sub> (N・m)	1.12E+20	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1, Hanks and Kanamori (1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)	
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	15.37	Δσ=(7π <sup>1.5</sup> /16)(M <sub>0</sub> /S <sup>1.5</sup> )	
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	681	S=(49π <sup>4</sup> β <sup>4</sup> M <sub>0</sub> <sup>2</sup> )/(16A <sup>2</sup> S <sub>a</sub> )	
長さ	L(km)	34.07	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm <sup>3</sup> )	2.875	μ=ρV <sub>s</sub> <sup>2</sup>	
せん断波速度	V <sub>s</sub> (km/s)	4.0	佐藤(2003)	
剛性率	μ(N/m <sup>2</sup> )	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	3.58	D=M <sub>0</sub> /(μS)	
破壊伝播速度	V <sub>r</sub> (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
短周期レベル	A(N・m/s <sup>2</sup> )	1.02E+20	A=9.84×10 <sup>17</sup> ×M <sub>0</sub> <sup>1/3</sup> [dyne-cm] (笹谷ほか(2006)のM <sub>0</sub> -A関係)	
高周波遮断係数	f <sub>max</sub> (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスペリティ	面積	S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	135	S <sub>a</sub> =1.25×10 <sup>-16</sup> M <sub>0</sub> <sup>2/3</sup> [dyne-cm] (笹谷ほか(2006)のM <sub>0</sub> -S <sub>a</sub> 関係)
	すべり量	D <sub>a</sub> (m)	7.16	D <sub>a</sub> =2D
	地震モーメント	M <sub>0a</sub> (N・m)	4.45E+19	M <sub>0a</sub> =μD <sub>a</sub> S <sub>a</sub>
	応力降下量	Δσ <sub>a</sub> (MPa)	77.59	Δσ <sub>a</sub> =A/(4πβ <sup>2</sup> )/(S <sub>a</sub> /π) <sup>0.5</sup>
背景領域	面積	S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	546	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	すべり量	D <sub>b</sub> (m)	2.70	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /(μS <sub>b</sub> )
	地震モーメント	M <sub>0b</sub> (N・m)	6.77E+19	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	実効応力	Δσ <sub>b</sub> (MPa)	15.52	Δσ <sub>b</sub> =0.2Δσ <sub>a</sub>
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)	

表 2-13(4) 茨城県南部の地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース：地震規模)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.291	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.06		
上端深さ	h(km)	34~54	フィリピン海プレートの上面位置	
気象庁マグニチュード	M <sub>j</sub>	7.4	M <sub>j</sub> =M <sub>w</sub>	
モーメントマグニチュード	M <sub>w</sub>	7.4	与条件	
地震モーメント	M <sub>0</sub> (N・m)	1.58E+20	logM <sub>0</sub> =1.5M <sub>w</sub> +9.1, Hanks and Kanamori (1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)	
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)	
断層面積	S(km <sup>2</sup> )	1120	与条件より算定	
長さ	L(km)	56	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm <sup>3</sup> )	2.875	μ=ρV <sub>s</sub> <sup>2</sup>	
せん断波速度	V <sub>s</sub> (km/s)	4.0	佐藤(2003)	
剛性率	μ(N/m <sup>2</sup> )	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	3.08	D=M <sub>0</sub> /(μS)	
破壊伝播速度	V <sub>r</sub> (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
高周波遮断係数	f <sub>max</sub> (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスぺリティ 全体	面積	S <sub>a</sub> (km <sup>2</sup> )	187	S <sub>a</sub> =0.167S
	すべり量	D <sub>a</sub> (m)	6.15	D <sub>a</sub> =2D
	地震モーメント	M <sub>0a</sub> (N・m)	5.28E+19	M <sub>0a</sub> =μD <sub>a</sub> S <sub>a</sub>
	応力降下量	Δσ <sub>a</sub> (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A <sub>a</sub> (N・m/s <sup>2</sup> )	9.61E+19	A <sub>a</sub> =4πr <sub>a</sub> Δσ <sub>a</sub> V <sub>s</sub> <sup>2</sup>
各 アスぺリティ	面積	S <sub>a1</sub> (km <sup>2</sup> )	93	S <sub>a1</sub> =S <sub>a</sub> /2
	すべり量	D <sub>a1</sub> (m)	6.15	D <sub>a1</sub> =D <sub>a</sub>
	地震モーメント	M <sub>0a1</sub> (N・m)	2.64E+19	M <sub>0a1</sub> =μD <sub>a1</sub> S <sub>a1</sub>
	応力降下量	Δσ <sub>a1</sub> (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A <sub>a1</sub> (N・m/s <sup>2</sup> )	6.79E+19	A <sub>a1</sub> =4πr <sub>a1</sub> Δσ <sub>a1</sub> V <sub>s</sub> <sup>2</sup>
背景領域	面積	S <sub>b</sub> (km <sup>2</sup> )	933	S <sub>b</sub> =S-S <sub>a</sub>
	すべり量	D <sub>b</sub> (m)	2.46	D <sub>b</sub> =M <sub>0b</sub> /(μS <sub>b</sub> )
	地震モーメント	M <sub>0b</sub> (N・m)	1.06E+20	M <sub>0b</sub> =M <sub>0</sub> -M <sub>0a</sub>
	実効応力	Δσ <sub>b</sub> (MPa)	12.4	Δσ <sub>b</sub> =0.2Δσ <sub>a</sub>
Q値	Q	110f <sup>0.69</sup>	佐藤ほか(1994)	

表 2-14 検討対象とする内陸地殻内地震

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004年北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

表 2-15 2008 年岩手・宮城内陸地震の震源域と敷地近傍の比較

項目	比較結果	2008年岩手・宮城内陸地震の震源域	敷地近傍
地質	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>震源域近傍には、主に中新統から鮮新統の堆積岩・火山岩等、第四系の火山岩類が分布する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地近傍には、中新統の堆積岩、鮮新統の堆積岩、更新統の段丘堆積物等、完新統の沖積層及び砂丘砂層が分布する。</li> </ul>
地質構造	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>震源域近傍には、中新世以降に形成された褶曲構造が認められる。</li> <li>カルデラが密集することから、地質構造が複雑である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地近傍に広く分布する鮮新統～下部更新統(久米層)及びこれを不整合に覆う上部更新統はほぼ水平に分布している。</li> <li>敷地近傍にカルデラは分布しない。</li> </ul>
変動地形等	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記の観点より、震源域近傍は変動地形等の認識が難しい地域である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>震源域は山間部に位置し、近傍に河成段丘が一部分布するのみであり、指標となる地形が少ない。</li> <li>大規模地すべりを含めた地すべりが密集している。</li> </ul> </li> <li>田力ほか(2009)によると、爪木立付近には短いながら明瞭な断層変位地形があり、低位段丘礫層堆積期以降に複数回、比較的活発な活動を繰り返していることが明らかとなった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>下記の観点より、敷地近傍は変動地形等が認識しやすい地域である。 <ul style="list-style-type: none"> <li>陸域には後期更新世以降に形成された段丘面が広く分布している。</li> <li>地すべりが認められない。</li> <li>海域には堆積層からなる鮮新統及び下部更新統が水平に広く分布している。</li> </ul> </li> <li>変動地形学的調査の結果、敷地近傍陸域に変動地形は認められない。</li> </ul>
火山	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>火山フロントに近接する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>火山フロントの遠方に位置する。</li> </ul>
地震地体構造	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>東北日本弧内帯(8C)(垣見ほか(2003))</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>東北日本弧外帯(8B)(垣見ほか(2003))</li> </ul>
応力場	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>防災科学技術研究所(2013)において、ひずみ集中帯と指摘されている。</li> <li>東西圧縮の逆断層型が卓越</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひずみ集中帯と指摘している文献はない。</li> <li>敷地周辺の茨城県北部では南西-北東引張の正断層型が卓越</li> </ul>

【凡例】 ○：類似性あり，△：類似性低い～一部あり，×：類似性なし

表 2-16 2000 年鳥取県西部地震の震源域と敷地近傍の比較

項目	比較結果	2000年鳥取県西部地震の震源域	敷地近傍
地質	×	・ 震源域近傍には、主に白亜系～古第三系の花崗岩及び中新統の安山岩～玄武岩の岩脈が分布する。	・ 敷地近傍には、中新統の堆積岩、鮮新統の堆積岩、更新統の段丘堆積物等、完新統の沖積層及び砂丘砂層が分布する。
地質構造	×	・ 第四紀中期以降に新たに断層面を形成して、断層が発達しつつあり、活断層の発達過程としては初期ないし未成熟な段階にある。	・ 敷地近傍に広く分布する鮮新統～下部更新統(久米層)及びこれを不整合に覆う上部更新統はほぼ水平に分布している。
変動地形等	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 下記の観点より、震源域近傍は変動地形等の認識が難しい地域である。</li> <li>- 岡田(2002)によると、震源域近傍の活断層の特徴として、第四紀中期以降に新たな断層面を形成して断層が発達しつつあり、活断層の発達過程としては初期ないし未成熟な段階にある。</li> <li>・ 震源域に震源断層の方向とほぼ一致する短く断続するリニアメント群が判読されるとともにリニアメント沿いで水平に近い条線をもつ断層露頭が多く確認され、これらの断層は横ずれ断層に伴うフラワー構造を呈して地下では1本の断層に収斂すると推測されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 下記の観点より、敷地近傍は変動地形等が認識しやすい地域である。</li> <li>- 陸域には後期更新世以降に形成された段丘面が広く分布している。</li> <li>- 地すべりが認められない。</li> <li>- 海域には堆積層からなる鮮新統及び下部更新統が水平に広く分布している。</li> <li>・ 変動地形学的調査の結果、敷地近傍陸域に変動地形は認められない。</li> </ul>
火山	×	・ 火山フロントに近接する。	・ 火山フロントの遠方に位置する。
地震地体構造	×	・ 中国山地・瀬戸内海 (10C5) (垣見ほか(2003))	・ 東北日本弧外帯 (8B) (垣見ほか(2003))
応力場	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 西村(2014)において、ひずみ集中帯と指摘されている。</li> <li>・ 東西圧縮の横ずれ断層型が卓越</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ひずみ集中帯と指摘している文献はない。</li> <li>・ 敷地周辺の茨城県北部では南西-北東引張の正断層型が卓越</li> </ul>

【凡例】 ○：類似性あり，△：類似性低い～一部あり，×：類似性なし

表 2-17 震源を特定せず策定する地震動の設定に用いる地盤構造モデル

(地盤物性の影響を考慮した検討)

上面 G.L. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	水平成分			鉛直成分		
			S波速度 (m/s)	減衰定数 <sup>※</sup>		P波速度 (m/s)	減衰定数 <sup>※</sup>	
				h <sub>0</sub>	α		h <sub>0</sub>	α
0	309	-	-	-	-	-	-	-
-309	338	1.71	700	0.042	1.947	1855	0.339	1.969
-647	323	2.11	1200			2610		
-970	9	2.24	1500			3100		
-979	21	2.42	2000			3950		
-1000	10	2.57	2500			4800		

※  $h=h_0 \times f^{-\alpha}$  ここでfは周波数(Hz)

(PS検層に基づく検討)

上面 G.L. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	水平成分			鉛直成分		
			S波速度 (m/s)	減衰定数 <sup>※</sup>		P波速度 (m/s)	減衰定数 <sup>※</sup>	
				h <sub>0</sub>	α		h <sub>0</sub>	α
0	309	-	-	-	-	-	-	-
-309	95	1.71	700	0.042	1.947	1855	0.339	1.969
-404	95	1.71	767			1950		
-499	95	1.71	855			2060		
-594	53	1.71	950			2200		
-647	323	2.11	1200			2610		
-970	9	2.24	1500			3100		
-979	21	2.42	2000			3950		
-1000	10	2.57	2500			4800		

※  $h=h_0 \times f^{-\alpha}$  ここでfは周波数(Hz)

表 2-18 設計用応答スペクトルのコントロールポイント

(水平成分)

応答スペクトル		コントロールポイント							
		T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>	T <sub>E</sub>	T <sub>F</sub>	T <sub>G</sub>	T <sub>H</sub>
S <sub>s</sub> -D <sub>H</sub>	周期 (s)	0.02	0.06	0.10	0.17	0.30	0.60	2.00	5.00
	速度 (cm/s)	2.546	18.144	38.197	68.994	116.979	165.000	200.000	200.000

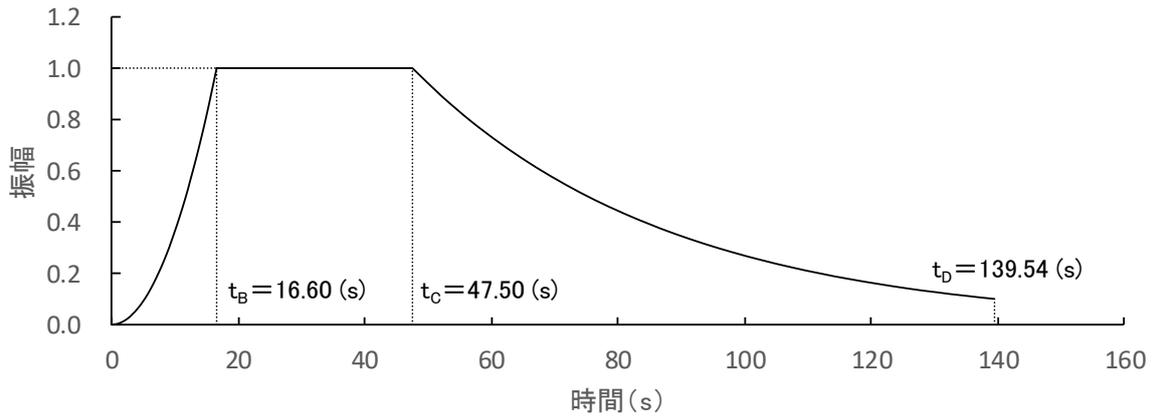
(鉛直成分)

応答スペクトル		コントロールポイント						
		T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>	T <sub>E</sub>	T <sub>F</sub>	T <sub>G</sub>
S <sub>s</sub> -D <sub>V</sub>	周期 (s)	0.02	0.03	0.07	0.20	0.60	1.00	5.00
	速度 (cm/s)	1.846	4.536	16.154	70.028	114.592	125.000	125.000

※ T<sub>A</sub>~T<sub>H</sub>は周期(s)

表 2-19 振幅包絡線の経時的変化

種別	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化(s)		
		$t_B$	$t_C$	$t_D$
Ss-D <sub>H</sub>	139.54	16.60	47.50	139.54
Ss-D <sub>V</sub>	139.54	16.60	47.50	139.54



$M=8.3$ ,  $X_{eq}=136.5$  kmとして評価

$$t_B = 10^{0.5M-2.93}$$

$$t_C - t_B = 10^{0.3M-1.0}$$

$$t_D - t_C = 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6}$$

$$E(t) = \begin{cases} (t/t_B)^2 & 0 \leq t \leq t_B \\ 1 & t_B \leq t \leq t_C \\ \exp[(\ln 0.1)(t-t_C)/(t_D-t_C)] & t_C \leq t \leq t_D \end{cases}$$

表 2-20 基準地震動 S<sub>s</sub> の最大加速度

基準地震動		最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		NS成分	EW成分	UD成分
S <sub>s</sub> -D	応答スペクトル手法による基準地震動	800		580
S <sub>s</sub> -1	F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震 (短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)	617	451	401
S <sub>s</sub> -2	2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	952	911	570

## 基準津波の策定

### 1. 概要

基準津波の策定に当たり選定する敷地に最も影響を及ぼす波源については、近隣の原子力科学研究所(JRR-3)での津波評価を参照する。なお JRR-3 の津波評価では、最新の知見を踏まえ、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切な波源を選定しており、津波発生要因としては以下の要因を検討している。

- ・ 2011 年東北地方太平洋沖型地震津波
- ・ 茨城県沖から房総沖に想定する津波
- ・ 海洋プレート内地震
- ・ 海域の活断層による地殻内地震
- ・ 陸上及び海底での地すべり並びに斜面崩壊
- ・ 火山現象

評価の結果、原子力科学研究所(JRR-3)敷地に最も影響を及ぼす波源としては、茨城県沖から房総沖に想定する津波波源としている。

以上を踏まえ、再処理施設敷地に最も影響を及ぼす波源として茨城県沖から房総沖に想定する津波波源を選定し、基準津波を策定した。

### 2. 基準津波の策定

#### 2.1 津波の水位評価

##### (1) 評価方法

基準津波は、敷地の代表的な地点の津波高さを指標とし、特性化波源モデルにより不確かさを考慮したパラメータスタディを実施して、敷地への影響が最も大きくなるような津波を選定し、策定する。施設は海から取水しないため、水位上昇側の評価のみ実施する。敷地の代表的な地点としては、新川河口付近の 2011 年東北地方太平洋沖地震による津波の痕跡高調査地点のうち最も海域側にある地点を選定した(以降、「核サ研 1 地点」と呼ぶ。)。なお、水位評価は土木学会(2016)<sup>(1)</sup>を参考に実施した。

##### (2) 特性化波源モデルの設定

特性化波源モデルについては、原子力科学研究所(JRR-3)での検討を踏まえ、茨城県沖から房総沖の範囲において平均応力降下量 $\Delta\sigma$ を3.0 Mpa、剛性率 $\mu$ を $4.7\times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>、断層の平均すべり量を6.1 mとするモーメントマグニチュードMw8.7の波源を設定した。またすべりの不均一性について超大すべり域、大すべり域及び背景領域を設定し、すべり量をそれぞれ平均すべり量の4倍、2倍、0.62倍に、面積を全体のおよそ5%、15%、80%となるように設定した。超大すべり域、大すべり域については、海溝軸付近に配置した。

特性化波源モデルの諸元を図1-1に示す。

### (3) パラメータスタディ

特性化波源モデルにおける大すべり域、超大すべり域の位置について、茨城県沖から房総沖の範囲で南北に移動させ、波源位置の不確かさを考慮したパラメータスタディを実施し、最も水位が大きくなる波源位置を選定した。選定された波源位置において、断層の破壊開始点、破壊伝播速度及び立ち上がり時間の不確かさを合理的と考えられる範囲で変化させたパラメータスタディを実施した。

具体的には、破壊伝播速度については、1.0 km/s～3.0 km/sの範囲で設定した。破壊開始点については、複数設定した、立ち上がり時間については、30秒及び60秒を設定した。パラメータスタディの設定を図1-2に、数値シミュレーションの計算条件を表1-1に、計算格子を図1-3に示す。またパラメータスタディの結果を表1-2及び表1-3に示す。

### (4) 評価結果

津波高さの評価結果を図1-4に示す。

## 2.2 基準津波の選定

以上の検討結果に基づき、水位上昇側で敷地に最も影響を及ぼす波源となる、茨城県沖から房総沖に想定する津波波源（大すべりの位置：ケース2，破壊開始点：⑥，破壊伝播速度：3.0 km/s，立ち上がり時間：30秒）を、基準津波の波源とする。

基準津波は、時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微小となるよう、敷地前面の沖合い約19 kmの位置で策定した。基準津波策定位置を図1-5に、基準津波策定位置における時刻歴波形を図1-6に示す。

なお、基準津波による核サ研1地点での津波高さはT.P.+11.1 m（浸水深8.1 m）であり、茨城県(2012)<sup>(2)</sup>による津波評価を上回ることを確認した。茨城県による浸水深分布図について図1-7に示す。

(参考文献)

- (1) 土木学会. 原子力発電所の津波評価技術 2016 平成 28 年 9 月. 土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会, 2016, 2017-09-06,  
<<http://committees.jsce.or.jp/ceofnp/node/84>>.
- (2) 茨城県. “茨城県津波浸水想定／茨城県” 平成 24 年 8 月. 茨城沿岸津波対策検討委員会, 2012, 2016-03-18,  
<<http://www.pref.ibaraki.jp/doboku/kasen/coast/035100.html>>.

表 1-1 計算条件

項目	条件	備考
計算領域	北海道から千葉県総付近までの太平洋 (南北約 1300 km、東西約 800 km)	
メッシュ構成	沖合 4320 m→2160 m→720 m→沿岸域 240 m→敷地周辺 80 m→40 m→20 m→10 m→5 m	
基礎方程式	非線形長波理論	
計算スキーム	スタaggerド格子、リーブ・フロッグ法	
初期変位量	Mansinha and Smylie(1971)の方法	立ち上がり時間 30 秒
境界条件	沖側：後藤・小川(1982)の自由透過の条件 陸側：敷地周辺(計算格子間隔 80 m~5 m)の領域は小谷 ほか(1998)の陸上遡上境界条件それ以外は完全反射条 件	
越流条件	防波堤：本間公式(1940) 護岸：相田公式(1977)	
防潮堤	鉛直無限壁	
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数( $n = 0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ )	
水平渦動粘性係数	考慮していない( $K_h = 0$ )	
計算時間間隔	$\Delta t = 0.05$ 秒	C.F.L. 条件を満たすように設定
計算時間	津波発生後 240 分間	十分な計算時間となるように設定
潮位条件	朔望平均満潮位：T.P. +0.61 m 敷地の地盤変動量：0.44 m	茨城港常陸那珂港区(茨城港日立港 区)の潮位表(昭和 59 年~平成 21 年)を用いて設定

表 1-2(1) パラメータスタディ結果（大すべり域，超大すべり域の位置）

（波源位置のパラメータスタディ結果:Aモデル）

位置		核サ研1地点
		津波高さ(T.P. m)
基準	A-1	10.5
南へ10 km 移動	A-2	10.8
南へ20 km 移動	A-3	10.8
南へ30 km 移動	A-4	10.5
南へ40 km 移動	A-5	9.9
南へ50 km 移動	A-6	9.2
南へ60 km 移動	A-7	8.4
南へ70 km 移動	A-8	7.7
南へ80 km 移動	A-9	6.9
南へ90 km 移動	A-10	6.0

（波源位置のパラメータスタディ結果:Bモデル）

位置		核サ研1地点
		津波高さ(T.P. m)
北へ10km 移動*	B-1	10.9
基準	B-2	11.0 (11.00)
南へ10 km 移動	B-3	11.0 (10.94)
南へ20 km 移動	B-4	10.6
南へ30 km 移動	B-5	10.1
南へ40 km 移動	B-6	9.4
南へ50 km 移動	B-7	8.5
南へ60 km 移動	B-8	7.8
南へ70 km 移動	B-9	7.0

※大すべり域は基準の位置、超大すべり域のみ移動

表 1-2(2) パラメータスタディ結果 (破壊開始点, 破壊伝播速度, 立ち上がり時間)

(破壊開始点、破壊伝播速度のパラメータスタディ結果)

B-2 位置	原科研 1 地点 津波高さ (T.P. m)				
	破壊伝播速度				
破壊開始点	1.0 km/s	1.5 km/s	2.0 km/s	2.5 km/s	3.0 km/s
①	9.9	10.3	10.5	10.6	10.7
②	9.7	10.1	10.3	10.5	10.6
③	10.2	10.4	10.6	10.7	10.8
④	10.7	10.9	11.0	11.0	11.0
⑤	10.5	10.6	10.7	10.8	10.8
⑥	10.8	11.0	11.0	11.0	11.1

立ち上がり時間 : 30 秒

(立ち上がり時間のパラメータスタディ結果)

B-2 位置	破壊開始点⑥, 破壊伝播速度 : 3.0 km/s
立ち上がり時間(秒)	核サ研 1 地点 津波高さ (T.P. m)
30	11.1
60	10.8

表 1-3 パラメータスタディ結果

選定された敷地に最も影響する波源パラメータ				津波高さ (核サ研 1 地点)
大すべり域, 超大すべり域 の位置	破壊開始点	破壊伝播 速度	立ち上がり 時間	
B-2 位置 (基準)	⑥	3.0 km/s	30 秒	T.P. +11.1 m

パラメータ	設定値
断層面積: S	53684 km <sup>2</sup>
平均応力降下量: $\Delta\sigma$	3.0 MPa
剛性率: $\mu$	$4.7 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード: Mw	8.7
平均すべり量: D	6.1 m
地震モーメント: M <sub>0</sub>	$1.5 \times 10^{22}$ N m

パラメータ		設定値
超大すべり域	すべり量	24.3 m
	面積比率 (断層面積)	全体面積の5% (2659 km <sup>2</sup> )※
大すべり域	すべり量	12.1 m
	面積比率 (断層面積)	全体面積の15% (8231 km <sup>2</sup> )※
背景領域	すべり量	3.8 m
	面積比率 (断層面積)	全体面積の80% (42794 km <sup>2</sup> )※

※ 断層面積は右図の特性化波源モデル値  
ただし、超大すべり域、大すべり域の位置により若干変動する

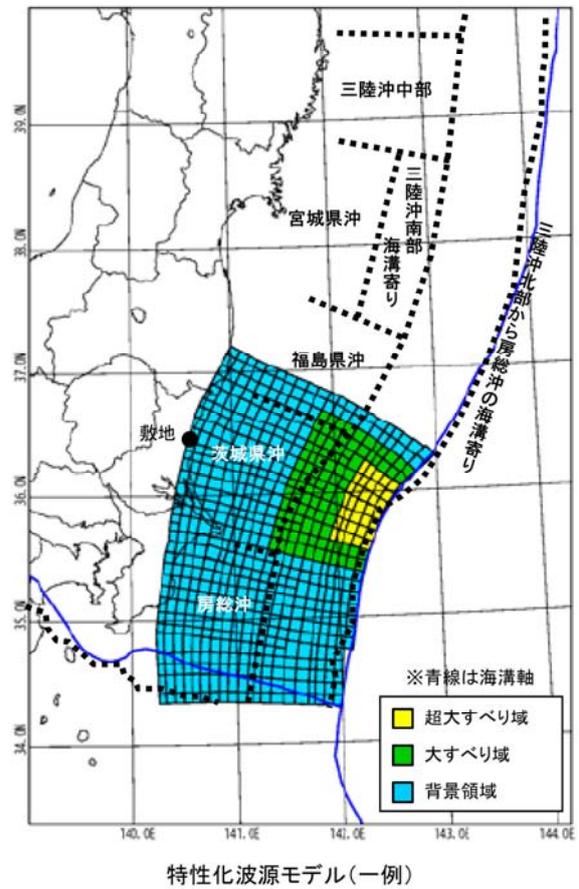


図 1-1 茨城沖から房総沖に想定する津波波源モデル

項目	設定値
破壊開始点	①～⑥(右図参照)
破壊伝播速度	1.0 km/s, 1.5 km/s, 2.0 km/s, 2.5 km/s, 3.0 km/s
立ち上がり時間	30 秒, 60 秒

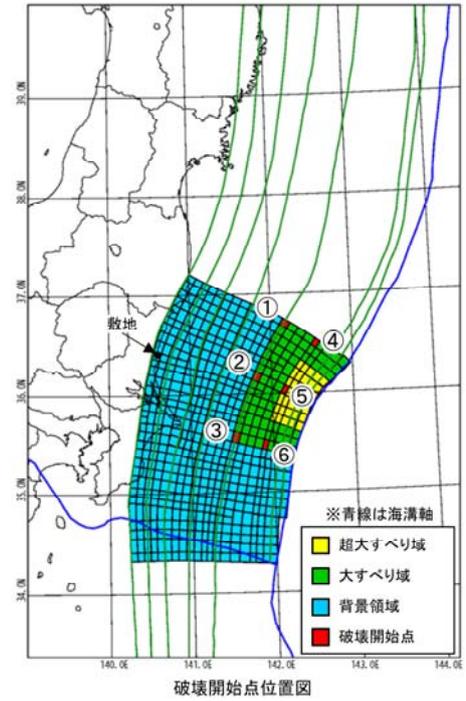


図 1-2 断層の破壊伝播現象を考慮したパラメータスタディの設定

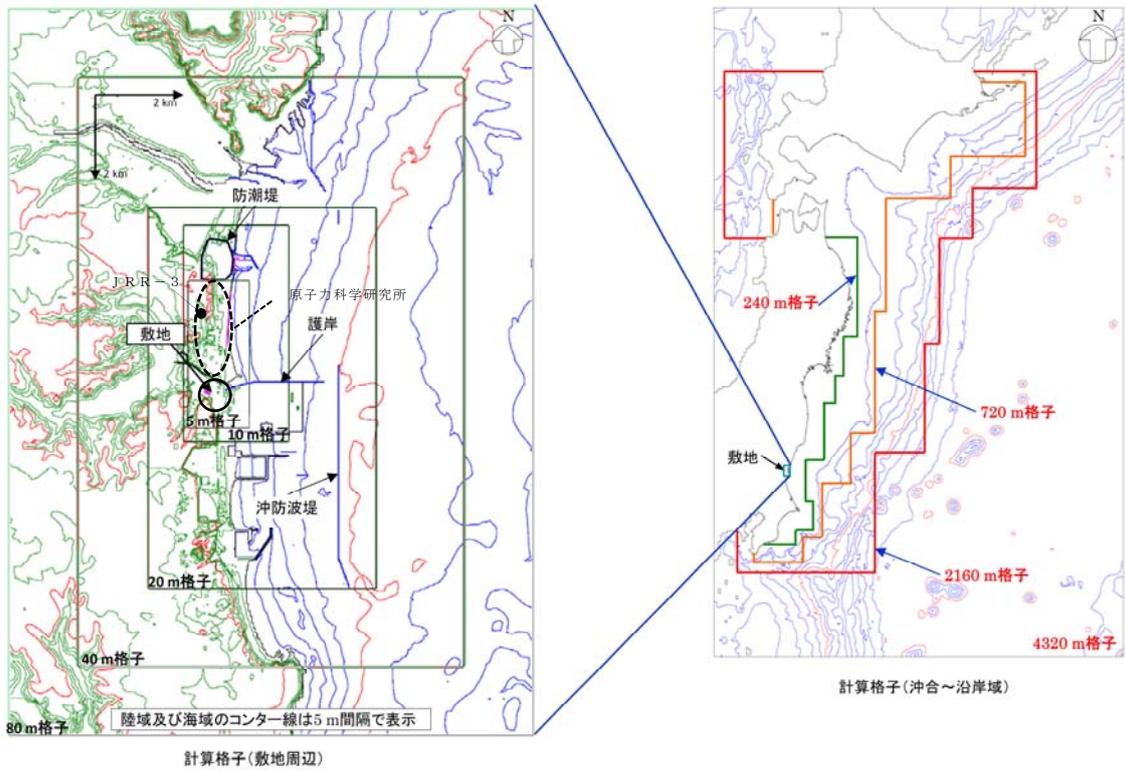


図 1-3 計算格子

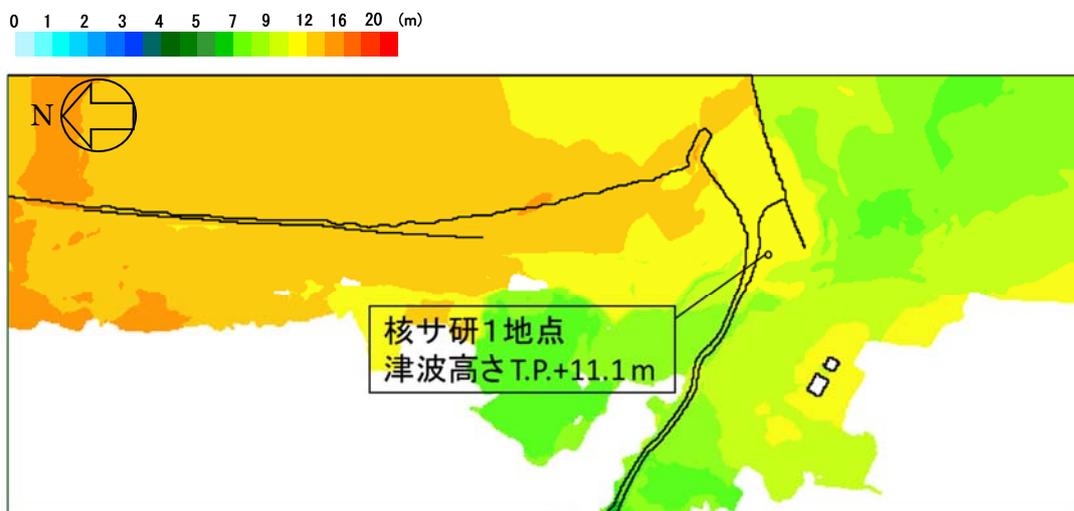


図 1-4 津波高さ評価結果

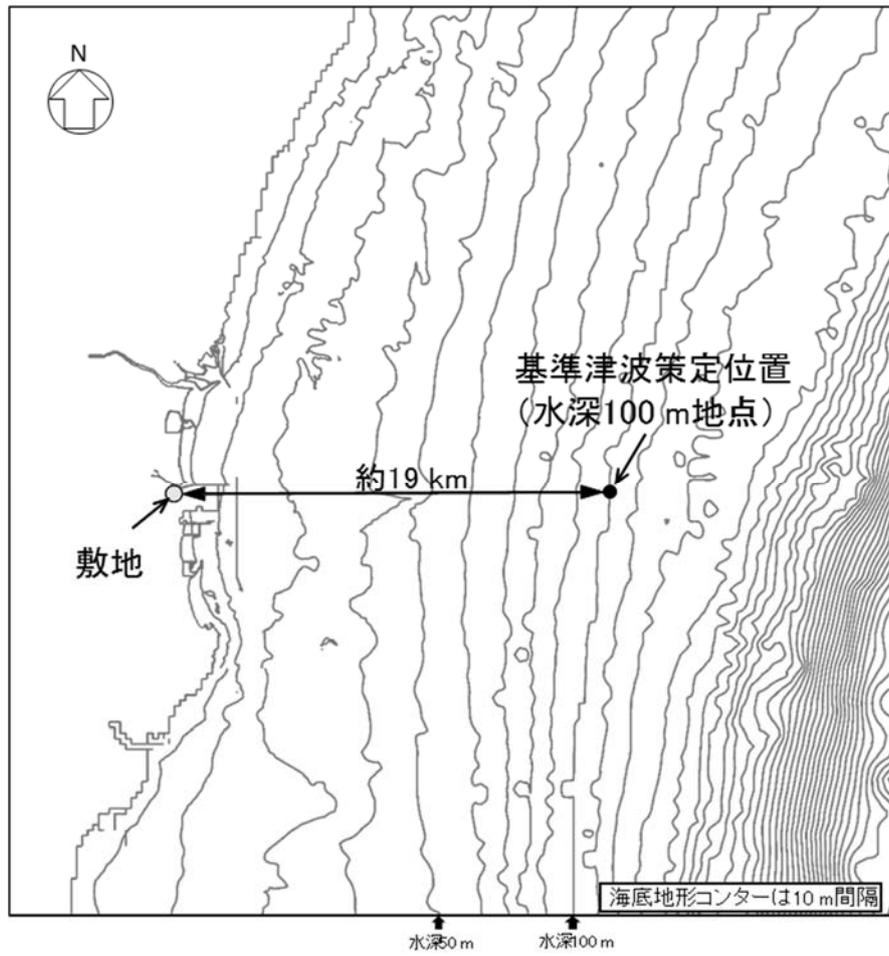


図 1-5 基準津波策定位置

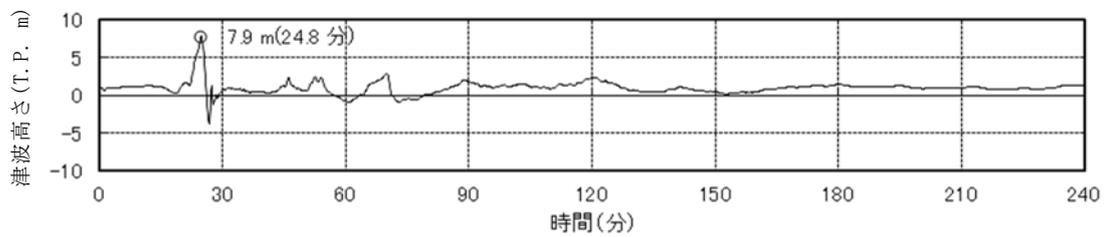


図 1-6 基準津波策定位置における時刻歴波形

行政機関

(茨城県：茨城沿岸津波対策検討委員会)

敷地における浸水深は、下記のように読み取れる。

・核サ研1地点 2.0m以上 5.0m未満

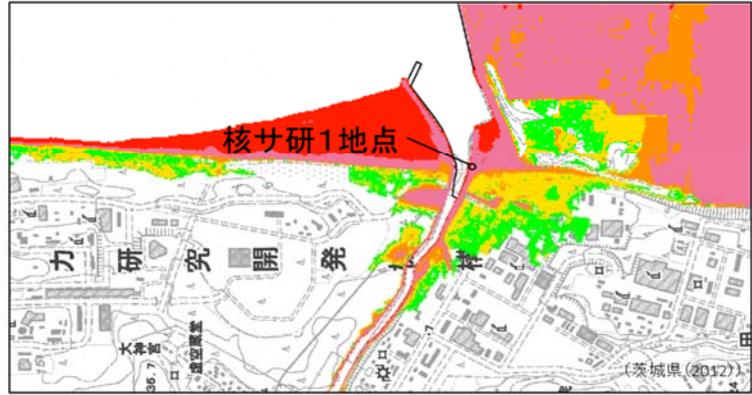
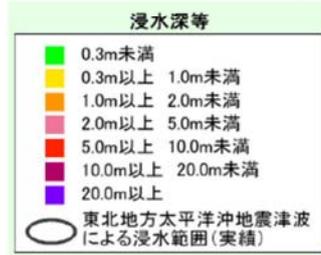


図 1-7 行政機関による評価