

IV 耐震性に関する説明書

IV-1 再処理施設の 耐震性に関する基本方針

IV-1-1 耐震設計の基本方針

目 次

1. 概要	1
2. 耐震設計の基本方針	1
2.1 基本方針	1
2.2 適用規格	4
3. 耐震重要度分類及び重大事故等対処設備の設備分類	5
3.1 安全機能を有する施設の耐震重要度分類	5
3.2 重大事故等対処設備の設備分類	5
3.3 波及的影響に対する考慮	6
4. 設計用地震力	7
4.1 地震力の算定方法	7
4.2 設計用地震力	9
5. 機能維持の基本方針	9
5.1 構造強度	9
5.2 機能維持	15
6. 構造計画と配置計画	17
7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針	17
8. ダクティリティに関する考慮	17
9. 機器・配管系の支持方針について	18
10. 耐震計算の基本方針	18
10.1 建物・構築物	18
10.2 機器・配管系	19

1. 概要

本資料は、再処理施設の耐震設計が「再処理施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第5条、第32条(地盤)、第6条、第33条(地震による損傷の防止)及び第36条(重大事故等対処設備)に適合することを説明するものである。

なお、上記条文以外への適合性を説明する各資料にて基準地震動 S_s 又は基準地震動 S_s を1.2倍とした地震力に対して機能を保持するとしているものとして、第11条及び第35条に係る火災防護設備の耐震性、第12条、第13条及び第36条に係る溢水防護及び化学薬品の漏えいに係る設備の耐震性、重大事故等対処設備の耐震性については後次回申請以降における添付書類IVの別添にて示す。

2. 耐震設計の基本方針

2.1 基本方針

安全機能を有する施設については、地震により安全機能が損なわれるおそれがないこと、重大事故等対処施設については地震により重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故(以下「重大事故等」という。)に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、「技術基準規則」に適合するように設計する。施設の設計にあたり考慮する、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要を添付書類「IV-1-1-1 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の概要」に示す。

- (1) 安全機能を有する施設のうち、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。)は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震動(以下「基準地震動」という。)による地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。

また、安全機能を有する施設は地震により発生するおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度(以下「耐震重要度」という。)に応じて、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス及びCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられるように設計する。

重大事故等対処設備については、各設備が有する重大事故等時に対処するために必要な機能及び設置状態を踏まえて、重大事故等が発生した場合において対処するために必要な機能を有する設備であって常設のもの(以下「常設重大事故等対処設備」という。)を、耐震重要施設に属する設計基準事故に対処するための設備が有する機能を代替するもの(以下「常設耐震重要重大事故等対処設備」という。)及び常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備、可搬型のものを可搬型重大事故等対処設備に分類し、それぞれの設備分類に応じて設計する。

常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は、基準地震動による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。

常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は、代替する安全機能を有する施設が属する耐震重要度に適用される地震力に十分耐えることができるように設計する。

また、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備は、安全機能を有する施設の耐震設計における耐震重要度の分類方針に基づき、重大事故等対処時の使用条件を踏まえて、当該設備の機能喪失により放射線による公衆への影響の程度に応じて分類し、その地震力に対し十分に耐えることができるように設計する。

- (2) 安全機能を有する施設の建物・構築物については、耐震重要度に応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動による地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

また、常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、代替する安全機能を有する施設が属する耐震重要度に応じて適用される地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

これらの地盤の評価については、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す。

- (3) 耐震重要施設について、静的地震力は水平方向地震力と鉛直方向地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。
- (4) 動的地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。
- (5) 耐震重要施設は、基準地震動による地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力(耐震壁のせん断ひずみ等)が終局耐力時の変形に対して十分な余裕を有するように、機器・配管系については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能を保持できるように設計する。建物・構築物のうち構築物(洞道)は、構造部材の曲げについては限界層間変形角又は曲げ耐力、構造部材のせん断についてはせん断耐力に対して妥当な安全余裕をもたせる設計とする。

また、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設は、基準地震動による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力(耐震壁のせん断ひずみ等)が終局耐力時の変形に対して十分な余裕を有するように、機器・配管系については、その施設に要求される機能を保持するように設計し、塑性域に達するひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないように設計する。

- (6) 地震時又は地震後の機器・配管系の動的機能要求については、基準地震動による地震力に対して、当該機器の構造、動作原理等を考慮した設計を行い、実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とする。

(7) Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

また、共振のおそれのある施設については、弾性設計用地震動に2分の1を乗じた地震力により検討を行う。なお、当該地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

Cクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。

常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、設計基準事故に対処するための設備が有する機能を代替する施設の属する耐震重要度に応じた地震力を適用する。

また、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備は、安全機能を有する施設の耐震設計における耐震重要度の分類方針に基づき、重大事故等対処時の使用条件を踏まえて、当該設備の機能喪失により放射線による公衆への影響の程度に応じて分類した地震力を適用する。

(8) 耐震重要施設又は常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、それ以外の再処理施設内にある施設(資機材等含む)の波及的影響によって、それぞれその安全機能又は重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計とする。

(9) 耐震重要施設又は常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の周辺斜面は、基準地震動による地震力に対して、耐震重要施設の安全機能又は常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の重大事故等の対処に必要な機能に影響を及ぼすような崩壊を起こすおそれがないものとする。

(10) 破損又は機能喪失により臨界を起こすおそれのある施設は、基準地震動による地震力に対し、臨界を引き起こさないことの確認を行う。

本方針に基づく設計対象施設及び設計方針を後次回申請以降の「IV-1-1-13 申請設備に係る地震時の臨界安全性検討方針」において示す。

(11) 安全機能を有する施設又は重大事故等対処施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

(12) 地震を要因とする重大事故等に対する施設については、工学的、総合的判断に基づき基準地震動の1.2倍の地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれがないように設計する。

なお、本設計に当たっては、安全機能を有する施設及び重大事故等対処施設の耐震設計における設計方針の他、塑性変形する場合であっても破断延性限界に至らず、その施設の機能に影響を及ぼすことがないものを許容限界として設定する。

2.2 適用規格

適用する規格としては、既に認可された設計及び工事の方法の認可申請書の添付書類(以下「既設工認」という。)で適用実績がある規格の他、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。なお、規格基準に規定のない評価手法等を用いる場合は、既往研究等において試験、研究等により妥当性が確認されている手法、設定等について、適用条件、適用範囲に留意し、その適用性を確認した上で用いる。

既設工認において実績のある主要な適用規格を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」
 - ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984」
 - ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」
- (以降、添付書類IVにおいて「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- ・建築基準法・同施行令
 - ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—(1999 改定)
 - ・鋼構造設計規準—許容応力度設計法—(2005 改定)
 - ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計と保有水平耐力—(2001 改定)
 - ・建築基礎構造設計指針(2001 改定)
 - ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(2002年制定)
 - ・道路橋示方書(I 共通編・IV 下部構造編)・同解説(平成14年3月)
 - ・道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説(平成14年3月)

ただし、JEAG4601に記載されているAsクラスを含むAクラスの施設をSクラスの施設に読み替えた上で、基準地震動S₂、S₁をそれぞれ基準地震動S_s、弾性設計用地震動S_dと読み替える。

なお、Aクラスの施設をSクラスと読み替える際には基準地震動S_s及び弾性設計用地震動S_dを適用するものとする。

また、「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和55年通商産業省告示第501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号)に関する内容については、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版を含む))<第I編 軽水炉規格>JSME S NC1」(以下「JSME S NC1」という。)に従うものとする。

3. 耐震重要度分類及び重大事故等対処設備の設備分類

3.1 安全機能を有する施設の耐震重要度分類

安全機能を有する施設の耐震設計上の重要度を以下のとおり分類する。各施設の具体的な耐震設計上の重要度分類及び当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動を添付書類「IV-1-1-3 重要度分類及び重大事故等対処設備の設備分類の基本方針」に示す。

(1) Sクラスの施設

自ら放射性物質を内包している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、放射性物質を外部に放出する可能性のある事態を防止するために必要な施設及び事故発生の際に、外部に放出される放射性物質による影響を低減させるために必要な施設であって、環境への影響が大きいもの。

(2) Bクラスの施設

安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスの施設と比べ小さい施設。

(3) Cクラスの施設

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設。

3.2 重大事故等対処設備の設備分類

重大事故等対処設備について、各設備が有する重大事故等に対処するために必要な機能及び設置状態を踏まえ、常設重大事故等対処設備を以下のとおりに分類する。各設備の設備分類及び当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動を添付書類「IV-1-1-3 重要度分類及び重大事故等対処設備の設備分類の基本方針」に示す。

(1) 基準地震動による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないよう設計する設備

a. 常設耐震重要重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備であって、耐震重要施設に属する設計基準事故に対処するための設備が有する機能を代替する設備

(2) 静的地震力に対して十分耐えるよう、また共振のおそれのある施設については弾性設計用地震動に2分の1を乗じた地震力に対しても十分に耐えるよう設計する設備

a. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備であって、上記(1) a. 以外のBクラス設備

(3) 静的地震力に対して十分耐えるよう設計する設備

a. 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備であって、上記(1) a. 及び上記(2) a. 以外の設備

3.3 波及的影響に対する考慮

3.3.1 耐震重要施設に対する波及的影響の考慮

耐震重要施設は、下位クラス施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計とする。

ここで、下位クラス施設とは、耐震重要施設の周辺の耐震重要施設以外の再処理施設内にある施設(資機材等含む)をいう。

波及的影響に対する設計に当たっては、以下の4つの観点を基に、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、各観点より選定した事象に対する波及的影響の検討により、波及的影響を考慮すべき施設を抽出し、耐震重要施設の安全機能への影響がないことを確認する。

波及的影響を考慮する施設の設計については、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用し、その選定に当たっては、施設の配置状況、使用時間を踏まえて適切に設定する。なお、波及的影響の確認においては、水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合の影響を添付書類「IV-1-1-7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき考慮する。

また、原子力施設及び化学プラント等の地震被害情報をもとに、4つの観点以外に検討すべき事項がないか確認し、新たな検討事項が抽出された場合には、その観点を追加する。

(1) 設置地盤及び地震応答性状の相違に起因する相対変位又は不等沈下による影響の観点

a. 不等沈下

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して不等沈下により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

b. 相対変位

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力による下位クラス施設と耐震重要施設の相対変位により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

(2) 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響の観点

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、耐震重要施設に接続する下位クラス施設の損傷により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

(3) 建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下による耐震重要施設への影響の観点

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建屋内の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

(4) 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下による耐震重要施設への影響の観点

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建屋外の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

3.3.2 常設耐震重要重大事故等対処施設に対する波及的影響の考慮

常設耐震重要重大事故等対処施設に対する波及的影響の考慮については、「3.3.1 耐震重要施設に対する波及的影響の考慮」の「耐震重要施設」を「常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設」に、「安全機能」を「重大事故等に対処するために必要な機能」に読み替えて適用する。

なお、重大事故等に対処するために必要な機能が維持されることの確認に当たっては、上記に示す方針の他、塑性変形する場合であっても破断延性限界に至らず、その施設の機能に影響を及ぼすことがないものを許容限界として設定する。

以上の波及的影響に係る設計方針を添付書類「IV-1-1-4 波及的影響に係る基本方針」に示す。

4. 設計用地震力

4.1 地震力の算定方法

安全機能を有する施設及び常設重大事故等対処施設の耐震設計に用いる設計用地震力は、以下の方法で算定される静的地震力及び動的地震力とする。

本方針に基づく設計用地震力を、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す。

4.1.1 静的地震力

静的地震力は、Sクラス、Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし、それぞれの耐震重要度に応じて以下の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

耐震重要度に応じて定める静的地震力を第4.1.1-1表に示す。

常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、設計基準事故に対処するための設備が有する機能を代替する施設の属する耐震重要度に応じた地震力を適用する。

また、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備は、安全機能を有する施設の耐震設計における耐震重要度の分類方針に基づき、重大事故等対処時の使用条件を踏まえて、当該設備の機能喪失により放射線による公衆への影響の程度に応じて分類した地震力を適用する。

(1) 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、次に示す施設の耐震重要度に応じた係数を乗じ、さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類、地震層せん断力の係数の高さ方向の分布係数、地震地域係数を考慮して求められる値とする。

また、必要保有水平耐力の算定における地震層せん断力係数 C_i に乗じる施設の耐震重要度に応じた係数は、Sクラス、Bクラス及びCクラスともに1.0とし、その際

に用いる標準せん断力係数 C_0 は 1.0 以上とする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度 0.3 以上を基準とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類を考慮して求めた鉛直震度より算定するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

(2) 機器・配管系

耐震重要度の各クラスの地震力は、上記(1)に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度に応じた係数を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度及び上記(1)の鉛直震度をそれぞれ 20%増しとした震度より求めるものとする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

上記(1)及び(2)の標準せん断力係数 C_0 等の割増し係数については、耐震性向上の観点から、一般産業施設及び公共施設の耐震基準との関係を考慮して設定する。

4.1.2 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設及びBクラスの施設のうち共振のおそれのある施設に適用することとし、それぞれの耐震重要度に応じて以下の入力地震動又は地震力を適用する。

Sクラスの施設については、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動を適用する。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのある施設については、弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動の振幅に 2分の1 を乗じた地震力を適用する。

常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、Sクラス施設の機能を代替する施設であるため、基準地震動 S_s を適用する。

常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設のうち、共振のおそれのあるBクラス施設については、弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動の振幅に 2分の1 を乗じた地震力を適用する。

また、常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備で、代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備のうち、Sクラスの施設は常設耐震重要重大事故等対処設備に適用する地震力を適用する。

動的解析においては、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。動的解析の方法等については、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に、設計用床応答曲線の作成方針については、添付書類「IV-1-1-6 設計用床応答曲線の作成方針」に示す。

動的地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて影響評価を行う。動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せについては、水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算(以下「従来設計手法」という。)への影響の可能性のある施設、設備を抽出し、3次元応答性状の可能性も考慮した上で従来設計手法に及ぼす影響を確認する。確認に当たっての方針を添付書類「IV-1-1-1-

7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に示す。

耐震重要度に応じて定める動的地震力を第4.1.2-1表に示す。

これらの地震応答解析を行う上で、さらなる信頼性の向上を目的として設置した地震観測装置から得られた観測記録により振動性状の把握を行う。地震観測網の概要については、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」の別紙「地震観測網について」に示す。

4.2 設計用地震力

「4.1 地震力の算定方法」に基づく設計用地震力は添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す。

5. 機能維持の基本方針

耐震設計における安全機能維持は、安全機能を有する施設の耐震重要度又は重大事故等対処設備の設備分類に応じた地震力に対して、施設の構造強度の確保を基本とする。耐震安全性が応力の許容限界のみで律することができない施設等、構造強度に加えて、各施設の特性に応じた動的機能、電気的機能、気密性、遮蔽性、冷却機能、支持機能の維持を必要とする施設については、その機能が維持できる設計とする。

気密性、遮蔽性、冷却機能、支持機能の維持については、構造強度を確保することを基本とする。また、必要に応じて検討項目を追加することで、機能維持設計を行う。

ここでは、上記を考慮し、各機能維持の方針を示す。

5.1 構造強度

再処理施設は、安全機能を有する施設の耐震重要度又は重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震力による荷重と地震力以外の荷重の組合せを適切に考慮した上で、構造強度を確保する設計とする。また、必要に応じて、変位及び変形、内包溶液の揺動に対し、設計上の配慮を行う。

自然現象に関する組合せは、添付書類「VI-1-1-1 再処理施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に従い行う。

具体的な荷重の組合せと許容限界は添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す。

5.1.1 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を以下に示す。

(1) 建物・構築物

a. 運転時の状態

再処理施設が運転している状態。

b. 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(積雪, 風)。

(2) 機器・配管系

a. 運転時の状態

再処理施設が運転している状態。

- b. 運転時の異常な過渡変化時の状態

運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場合には温度、圧力、流量その他の再処理施設の状態を示す事項が安全設計上許容される範囲を超えるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態。
 - c. 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には再処理施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態。
- (3) 重大事故等対処施設
- 上記(1)、(2)及び以下の状態を考慮する。
- a. 重大事故等時の状態

再処理施設が重大事故等の状態で、重大事故等対処施設の機能を必要とする状態。

5.1.2 荷重の種類

- (1) 建物・構築物
 - a. 再処理施設のおかかっている状態にかかわらず常時作用している荷重、すなわち固定荷重、積載荷重、土圧及び水圧
 - b. 運転時の状態で施設に作用する荷重
 - c. 積雪荷重及び風荷重

ただし、運転時の荷重には、機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし、地震力には、地震時土圧、地震時水圧及び機器・配管系からの反力が含まれるものとする。
- (2) 機器・配管系
 - a. 運転時の状態で施設に作用する荷重
 - b. 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重
 - c. 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

ただし、各状態において施設に作用する荷重には、常時作用している荷重、すなわち自重等の固定荷重が含まれるものとする。また、屋外に設置される施設については、建物・構築物に準じる。
- (3) 重大事故等対処施設

上記(1)、(2)及び以下の荷重を考慮する。

 - a. 重大事故等時の状態で施設に作用する荷重

5.1.3 荷重の組合せ

地震力と組み合わせる荷重を以下に示す。

- (1) 建物・構築物

Sクラスの建物・構築物について、基準地震動による地震力と組み合わせる荷重は、

常時作用している荷重(固定荷重, 積載荷重, 土圧及び水圧), 運転時の状態で施設に作用する荷重, 積雪荷重及び風荷重とする。

Sクラス, Bクラス及びCクラス施設を有する建物・構築物について, 基準地震動以外の地震動による地震力又は静的地震力と組み合わせる荷重は, 常時作用している荷重, 運転時の状態で施設に作用する荷重, 積雪荷重及び風荷重とする。

この際, 常時作用している荷重のうち, 土圧及び水圧について, 基準地震動による地震力又は弾性設計用地震動による地震力と組み合わせる場合は, 当該地震時の土圧及び水圧とする。

(2) 機器・配管系

Sクラスの機器・配管系について, 基準地震動による地震力, 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力と組み合わせる荷重は, 常時作用している荷重, 運転時の状態で施設に作用する荷重, 運転時の異常な過渡変化時に生じる荷重, 設計基準事故時に生じる荷重とする。

Bクラスの機器・配管系について, 共振影響検討用の地震動による地震力又は静的地震力と組み合わせる荷重は, 常時作用している荷重, 運転時の状態で施設に作用する荷重, 運転時の異常な過渡変化時に生じる荷重とする。

Cクラスの機器・配管系について, 静的地震力と組み合わせる荷重は, 常時作用している荷重, 運転時の状態で施設に作用する荷重, 運転時の異常な過渡変化時に生じる荷重とする。

なお, 屋外に設置される施設については, 建物・構築物と同様に積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。

(3) 重大事故等対処施設

a. 建物・構築物

常時作用している荷重(固定荷重, 積載荷重, 土圧及び水圧), 積雪荷重, 風荷重の他, 以下の施設の状態に応じた荷重を考慮する。

(a) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

- ① 運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動による地震力。
- ② 重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち, 地震によって引き起こされるおそれがある事象によって作用する荷重と基準地震動による地震力。
- ③ 重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち, 地震によって引き起こされるおそれがない事象による荷重と, その事故事象の発生確率, 継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえた適切な地震力(基準地震動又は弾性設計用地震動による地震力)。

この組合せについては, 事故事象の発生確率, 継続時間及び地震動の年超過確率の積等を考慮し, 工学的, 総合的に勘案の上設定する。なお, 継続時間については対策の成立性も考慮した上で設定する。

(b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

- ① 運転時の状態で施設に作用する荷重と動的地震力又は静的地震力。

なお、常時作用している荷重のうち、土圧及び水圧について、基準地震動による地震力、弾性設計用地震動による地震力と組み合わせる場合は、当該地震時の土圧及び水圧とする。

b. 機器・配管系

常時作用している荷重の他、以下の施設の状態に応じた荷重を考慮する。

(a) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

- ① 運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動による地震力。
- ② 運転時の異常な過渡変化時の状態、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれがある事象によって作用する荷重と基準地震動による地震力。

重大事故等による荷重は設計基準対象施設の耐震設計の考え方及び確率論的な考察を踏まえ、地震によって引き起こされるおそれのない事象による荷重として扱う。

- ③ 運転時の異常な過渡変化時の状態、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれがない事象による荷重と、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえた適切な地震力(基準地震動又は弾性設計用地震動による地震力)。
- ④ 運転時の状態、運転時の異常な過渡変化時の状態、設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重と 1.2 倍した基準地震動による地震力。

(b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設

- ① 運転時の状態で施設に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態と動的地震力又は静的地震力。
- ② 代替する安全機能を有する施設がない常設重大事故等対処設備のうち S クラスの施設は、上記(a)を適用する。

なお、屋外に設置される施設については、建物・構築物と同様に積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。

5.1.4 荷重の組合せ上の留意事項

- (1) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わなくてもよい。
- (2) 耐震重要度の異なる施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の耐震重要度に応じた地震力と常時作用している荷重、運転時に施設に作用する荷重とを組み合わせる。
- (3) 機器・配管系の運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時(以下「事故等」という。)に生じるそれぞれの荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事故等によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事故等であっても、いったん事故等が発生した場合、長時間継続する事故等による荷重は、その事故等の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせて考慮する。

なお、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故の状態では施設に作用する荷重は、運転時の状態で施設に作用する荷重を超えるもの及び長時間施設に作用するものがないため、地震荷重と組み合わせるものはない。

- (4) 積雪荷重については、屋外に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設や、常時作用している荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力との組合せを考慮する。
- (5) 風荷重については、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風による受圧面積が小さい施設や、風荷重の影響が地震荷重と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設においては、地震力との組合せを考慮する。

5.1.5 許容限界

各施設の地震力と組み合わせる荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとし、JEAG4601等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

(1) 建物・構築物

a. Sクラスの建物・構築物

(a) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

建物・構築物全体としての変形能力(耐震壁のせん断ひずみ等)が終局耐力時の変形に対して十分な余裕を有し、部材・部位ごとのせん断ひずみ・応力等が終局耐力時のせん断ひずみ・応力等に対して、妥当な安全余裕を持たせることとする。

なお、終局耐力とは、建物・構築物に対する荷重を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。

(b) 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

地震力に対しておおむね弾性状態に留まるように、発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

b. Bクラス及びCクラスの建物・構築物

上記 a. (b)による許容応力度を許容限界とする。

c. 建物・構築物の保有水平耐力

建物・構築物(屋外重要土木構造物である洞道を除く)については、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して、耐震重要度に応じた適切な安全余裕を有していることを確認する。

(2) 機器・配管系

a. Sクラスの機器・配管系

(a) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

塑性域に達するひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能に影響を及ぼすことがない限度に応力、荷重を制限する値を許容限界とする。

(b) 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まるように、降伏応力又はこれと同等の安全性を有する応力を許容限界とする。

- b. Bクラス及びCクラスの機器・配管系
 - 上記 a. (b)による応力を許容限界とする。
- (3) 重大事故等対処施設
 - a. 建物・構築物
 - (a) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設
 - 上記(1) a. (a)を適用する。
 - (b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設
 - 上記(1) b. を適用する。
 - (c) 建物・構築物(屋外重要土木構造物である洞道を除く)の保有水平耐力
 - 上記(1) c. を適用する。
 - b. 機器・配管系
 - (a) 常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設
 - 上記(2) a. (a)による応力、荷重を許容限界とする。
 - (b) 常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設
 - ① 上記(2) b. による応力を許容限界とする。
 - ② 代替する安全機能を有する施設を有さない常設重大事故等対処設備のうちSクラスの施設は、上記(a)を適用する。

なお、重大事故等に対処するために必要な機能が維持されることの確認に当たっては、上記に示す許容限界の適用に加えて、塑性変形する場合であっても破断延性限界に至らず、その施設の機能に影響を及ぼすことがないものを許容限界とする。
- (4) 基礎地盤の支持性能
 - a. Sクラスの建物・構築物，Sクラスの機器・配管系，常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物，機器・配管系の基礎地盤
 - (a) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界
 - 接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準による地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。
 - (b) 弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界
 - 接地圧に対して、安全上適切と認められる規格及び基準による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。
 - b. Bクラス及びCクラスの建物・構築物，機器・配管系，常設耐震重要重大事故等対処設備以外の常設重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物，機器・配管系の基礎地盤
 - 上記 a. (b)を適用する。

5.2 機能維持

(1) 動的機能維持

動的機能が要求される機器は、地震時及び地震後において、その機器が要求される安全機能を維持するため、回転機器及び弁の機種別に分類した上で、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とし、安全機能を有する施設の耐震重要度又は重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、試験又は解析、若しくは応答加速度による解析等により当該機能を維持する設計とする。

弁等の機器の地震応答解析結果の応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増加すると考えられるときは、当該配管の地震応答の影響を考慮し、一定の余裕を見込むこととする。

(2) 電氣的機能維持

電氣的機能が要求される機器は、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持するため、安全機能を有する施設の耐震重要度又は重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して、要求される電氣的機能が維持できることを試験又は解析により確認し、当該機能を維持する設計とする。

(3) 気密性の維持

気密性の維持が要求される施設は、地震時及び地震後において、放射線障害から公衆等を守るため、事故時の放射性気体の放出、流入を防ぐことを目的として、安全機能を有する施設の耐震重要度又は重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して「5.1 構造強度」に基づく構造強度の確保に加えて、構造強度の確保と換気設備の性能があいまって施設の気圧差を確保することで、気密性を確保できる設計とする。

(4) 遮蔽性の維持

遮蔽性の維持が要求される施設については、地震時及び地震後において、放射線障害から公衆等を守るため、安全機能を有する施設の耐震重要度又は重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して「5.1 構造強度」に基づく構造強度を確保し、遮蔽体の形状及び厚さを確保することで、遮蔽性を維持する設計とする。

(5) 冷却機能の維持

冷却機能の維持が要求される施設については、地震時及び地震後において、ガラス固化体から発生する崩壊熱を、その熱量により生じる通風力により流れる冷却空気等で適切に除去するために、耐震重要度の区分に応じた地震力に対して「5.1 構造強度」に基づく構造強度を確保する設計とする。

(6) 耐震重要施設のその他の機能維持

安全冷却水及び冷水の漏えい防止、閉じ込め機能、耐震重要施設の計測制御系への空気供給の障害防止、耐震重要施設と一体構造である設備等、耐震重要施設の性能、機能の維持又は当該機能を障害することを防止するために、耐震重要施設に適用される基準地震動 S_s による地震力に対して「5.1 構造強度」に基づく構造強度を確保する設計とする。

(7) 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を間接的に支持する機能の維持が要求される施設は、地震時及び地震後において、被支持設備の機能を維持するため、被支持設備の耐震重要度分

類及び重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震動に対して「5.1 構造強度」に基づく構造強度を確保することで、支持機能が維持できる設計とする。

建物・構築物の鉄筋コンクリート造の場合は、基礎については終局耐力又は終局耐力時の変形を許容限界とし、耐震壁については終局耐力時の変形に対し安全余裕を確保することで、Sクラス設備等に対する支持機能が維持できる設計とする。

建物・構築物のうち構築物(洞道)については、地震力が作用した場合において、構造部材の曲げについては限界層間変形角、終局曲率又は許容応力度、せん断についてはせん断耐力又は許容応力度を許容限界とする。なお、限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力に対して妥当な安全余裕をもたせることとし、機器・配管系の支持機能が維持できる設計とする。

車両型の間接支持構造物については、地震動に対して、転倒検討を実施することで機器・配管系の間接支持機能を維持できる設計とする。

(8) 重大事故等対処施設のその他の機能維持

重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれないように、設備のき裂、損壊等により水及び空気の供給又は放出経路の維持等、重大事故等の対処に必要な機能が維持できるように設計する。

- ① 転倒、落下により液体、気体又は固体状の放射性物質を内包する閉じ込め部材を有する機器については、閉じ込め部材の損壊等により漏えいしないことを確認する。
- ② 臨界事故の発生を想定する機器については、変形、転倒により臨界計算において前提とした条件(形状寸法)が維持され臨界に至らないことを確認する。
- ③ 固体(容器等)の放射性物質を搬送する設備のうち落下又は転倒防止機能を有する搬送設備については、当該設備の破損により容器等が落下又は転倒しないことを確認する。
- ④ ガラス固化体の崩壊熱除去機能維持に関わる施設については、その施設の損壊により冷却空気の流路が閉塞しないことを確認する。
- ⑤ 可搬型重大事故等対処設備については、各保管場所における地震力に対して、転倒しないよう固縛等の措置を講ずるとともに、動的機器については加振試験等により重大事故等の対処に必要な機能が損なわれないことを確認する。

重大事故等対処施設のその他の機能維持については、基準地震動の1.2倍の地震力に対し、「5.1.5 許容限界」の「(2) 機器・配管系」の「a. Sクラスの機器・配管系」に示す「(a) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界」以外を適用する場合は、塑性変形する場合であっても破断延性限界に至らず、その施設の機能に影響を及ぼすことがないものを許容限界として、重大事故等の対処に必要な機能が維持できることを確認する。

本方針に係る設計の考え方を、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示す。なお、重大事故等対処設備の設計において、安全機能を有する施設と重大事故等対処設備の設計条件の比較を行い、重大事故等対処施設の設備の設計条件の方が厳しい場合は、重大事故等対処設備における設計条件にて設計を行う。

6. 構造計画と配置計画

安全機能を有する施設及び重大事故等対処施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

建物・構築物は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。剛構造としない建物・構築物は、剛構造と同等又はそれを上回る耐震安全性を確保する。

機器・配管系は、応答性状を適切に考慮し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点から出来る限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据え付け状態になるよう、「9. 機器・配管系の支持方針について」に示す方針に従い配置する。

また、建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても、建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は、耐震重要施設に対して離隔を取り配置するか、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を確保するか若しくは、下位クラス施設の波及的影響を想定しても耐震重要施設の有する機能を保持する設計とする。

7. 地震による周辺斜面の崩壊に対する設計方針

耐震重要施設及び常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動による地震力により周辺斜面の崩壊の影響がないことが確認された場所に設置する。具体的には、JEAG4601の安定性評価の対象とすべき斜面や、土砂災害防止法での土砂災害警戒区域の設定離間距離を参考に、個々の斜面高を踏まえて対象斜面を抽出する。

上記に基づく対象斜面の抽出については、事業変更許可申請書にて記載・確認されており、その結果、耐震重要施設周辺においては、基準地震動による地震力に対して、施設の安全機能に重大な影響を与えるような崩壊を起こすおそれのある斜面はないこと、常設耐震重要重大事故等対処設備が設置される重大事故等対処施設の周辺においては、基準地震動による地震力に対して、重大事故等に対処するために必要な機能に影響を与えるような崩壊を起こすおそれのある斜面はないことを確認している。

8. ダクティリティ^{*}に関する考慮

再処理施設は、構造安全性を一層高めるために、材料の選定等に留意し、その構造体のダクティリティを高めるよう設計する。具体的には、添付書類「IV-1-1-9 構造計画、材料選択上の留意点」に従う。

※ 地震時を含めた荷重に対して、施設に生じる応力値等が、ある値を超えた際に直ちに損傷に至らないこと、又は直ちに損傷に至らない能力・特性。

9. 機器・配管系の支持方針について

機器・配管系本体については「5. 機能維持の基本方針」に基づいて耐震設計を行う。具体的には、添付書類「IV-1-1-10 機器の耐震支持方針」、「IV-1-1-11 配管類の耐震支持方針」及び「IV-1-1-12 電気計測制御装置等の耐震設計方針」に従う。

10. 耐震計算の基本方針

前述の耐震設計方針に基づいて設計した施設について、耐震計算を行うに当たり、既設工認で実績があり、かつ、最新の知見に照らしても妥当な手法及び条件を用いることを基本とする。また、最新の知見を適用する場合は、その妥当性と適用可能性を確認した上で適用する。

耐震計算における動的地震力の水平方向及び鉛直方向の組合せについては、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せで実施した上で、その計算結果に基づき水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せが耐震性に及ぼす影響を確認する。

評価対象施設のうち、形状、構造特性に応じたモデルに置換して定式化された計算式等を用いる設備の計算方針については後次回申請以降の添付書類「IV-1-2 耐震計算書作成の基本方針」及び添付書類「IV-2 再処理施設の耐震性に関する計算書」に示す。

評価に用いる環境温度については、添付書類「VI-1-1-4 安全機能を有する施設、安全上重要な施設及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に従う。

10.1 建物・構築物

建物・構築物の設計は、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を基に設定した入力地震動に対する構造物全体としての変形、並びに地震応答解析による地震力及び「4. 設計用地震力」で示す設計用地震力による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせべき地震力以外の荷重により発生する局所的な応力が、「5. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること(解析による設計)により行う。

評価手法は、以下に示す解析法により JEAG4601 に基づき実施することを基本とする。また、設計に当たっては材料物性のばらつきを適切に考慮する。

- ・時刻歴応答解析法
- ・FEM等を用いた応力解析法

なお、建物・構築物のうち構築物(洞道)の設計については、構造物と地盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法を用いることとし、地盤及び構造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形、非線形解析のいずれかにて行う。

その他の建物・構築物の評価手法は JEAG4601 に基づき実施することを基本とする。

具体的な評価手法は、添付書類「IV-2 再処理施設の耐震性に関する計算書」に示す。

また、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、添付書類「IV-1-1-7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に示す。

地震時及び地震後に機能維持が要求される設備については、FEMを用いた応力解析等により、静的又は動的解析により求まる地震応力と、組み合わせべき地震力以外の荷重により発生する局所的な応力が、許容限界内にあることを確認する。

10.2 機器・配管系

機器・配管系の設計は、「4. 設計用地震力」で示す設計用地震力による適切な応力解析に基づいた地震応力と、組み合わせべき他の荷重による応力との組合せ応力が「5. 機能維持の基本方針」で示す許容限界内にあることを確認すること(解析による設計)により行う。

評価手法は、以下に示す解析法により JEAG4601 に基づき実施することを基本とし、その他の手法を適用する場合は適用性を確認の上適用することとする。なお、材料物性の不確かさを適切に考慮する。

- ・応答スペクトル・モーダル解析法
- ・時刻歴応答解析法
- ・定式化された評価式を用いた解析法
- ・FEM等を用いた応力解析法

具体的な評価手法は、添付書類「IV-1-1-10 機器の耐震支持方針」、「IV-1-1-11 配管類の耐震支持方針」、「IV-1-2 耐震計算書作成の基本方針」及び「IV-2 再処理施設の耐震性に関する計算書」に示す。

また、地震時及び地震後に機能維持が要求される設備については、地震応答解析により機器・配管系に作用する加速度が振動試験又は解析等により機能が維持できることを確認した加速度(動的機能維持確認済加速度又は電氣的機能維持確認済加速度)以下、若しくは、静的又は動的解析により求まる地震荷重が許容荷重以下となること等を確認する。

これらの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価については、添付書類「IV-1-1-7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に示す。

第 4. 1. 1-1 表 耐震重要度に応じて定める静的地震力

項目	耐震重要度	静的地震力	
		水平	鉛直
建物・構築物	S	$Kh(3.0C_i^{1})^{3)}$	$Kv(1.0C_v^{2})^{6)}$
	B	$Kh(1.5C_i^{1})^{4)}$	—
	C	$Kh(1.0C_i^{1})^{5)}$	—
機器・配管系	S	$Kh(3.6C_i^{1})^{7)}$	$Kv(1.2C_v^{2})^{10)}$
	B	$Kh(1.8C_i^{1})^{8)}$	—
	C	$Kh(1.2C_i^{1})^{9)}$	—

注記 1) : C_i は、標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_o$$

R_t : 振動特性係数 0.8

A_i : C_i の分布係数

C_o : 標準せん断力係数 0.2

注記 2) : 震度 0.3 とし、建物・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求められる値で次式に基づく。

$$C_v = 0.3 \cdot R_v$$

R_v : 振動特性係数 0.8

注記 3) : $Kh(3.0C_i)$ は、 $3.0C_i$ より定まる機器・配管系の水平地震力。

注記 4) : $Kh(1.5C_i)$ は、 $1.5C_i$ より定まる機器・配管系の水平地震力。

注記 5) : $Kh(1.0C_i)$ は、 $1.0C_i$ より定まる機器・配管系の水平地震力。

注記 6) : $Kv(1.0C_v)$ は、 $1.0C_v$ より定まる機器・配管系の鉛直地震力。

注記 7) : $Kh(3.6C_i)$ は、 $3.6C_i$ より定まる機器・配管系の水平地震力。

注記 8) : $Kh(1.8C_i)$ は、 $1.8C_i$ より定まる機器・配管系の水平地震力。

注記 9) : $Kh(1.2C_i)$ は、 $1.2C_i$ より定まる機器・配管系の水平地震力。

注記 10) : $Kv(1.2C_v)$ は、 $1.2C_v$ より定まる機器・配管系の鉛直地震力。

第 4.1.2-1 表 耐震重要度に応じて定める動的地震力

項目	耐震重要度	動的地震力	
		水平	鉛直
建物・構築物	S	$Kh(S_s)^{1)}$ $Kh(S_d)^{2)}$	$Kv(S_s)^{4)}$ $Kv(S_d)^{5)}$
	B	$Kh(S_d/2)^{3)}$	$Kv(S_d/2)^{6)}$
	C	—	—
機器・配管系	S	$Kh(S_s)^{1)}$ $Kh(S_d)^{2)}$	$Kv(S_s)^{4)}$ $Kv(S_d)^{5)}$
	B	$Kh(S_d/2)^{3)}$	$Kv(S_d/2)^{6)}$
	C	—	—

注記 1) : $Kh(S_s)$ は、水平方向の基準地震動 S_s に基づく水平地震力。

注記 2) : $Kh(S_d)$ は、水平方向の弾性設計用地震動 S_d に基づく水平地震力。

注記 3) : $Kh(S_d/2)$ は、水平方向の弾性設計用地震動 S_d に 2 分の 1 を乗じたものに基づく水平地震力であって、Bクラスの施設の地震動に対して共振のおそれのある施設について適用する。

注記 4) : $Kv(S_s)$ は、鉛直方向の基準地震動 S_s に基づく鉛直地震力。

注記 5) : $Kv(S_d)$ は、鉛直方向の弾性設計用地震動 S_d に基づく鉛直地震力。

注記 6) : $Kv(S_d/2)$ は、鉛直方向の弾性設計用地震動 S_d に 2 分の 1 を乗じたものに基づく鉛直地震力であって、Bクラスの施設の地震動に対して共振のおそれのある施設について適用する。

IV-1-1-1 基準地震動 S_s 及び 弾性設計用地震動 S_d の概要

IV-1-1-1

基準地震動 S_s 及び

弾性設計用地震動 S_d の概要

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 敷地周辺の地震発生状況	2
3.1 被害地震	2
3.2 被害地震の調査	4
3.3 被害地震の評価	4
3.4 地震カタログ間の比較	4
3.5 敷地周辺で発生したM5以上の中地震	5
3.6 敷地周辺で発生したM5以下の小・微小地震	5
3.7 活断層の分布状況	6
4. 地震の分類	7
4.1 プレート間地震	7
4.2 海洋プレート内地震	7
4.3 内陸地殻内地震	8
4.4 日本海東縁部の地震	8
5. 敷地地盤の振動特性	9
5.1 解放基盤表面の設定	9
5.2 地震観測記録	9
5.3 深部地盤モデル	10
6. 基準地震動 S_s	12
6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	12
6.2 震源を特定せず策定する地震動	21
6.3 基準地震動 S_s	24
6.4 基準地震動 S_s の年超過確率	25
6.5 建屋底面位置における地震動評価	25
7. 弾性設計用地震動 S_d	27
7.1 設定根拠	27
7.2 安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率について	27
8. 参考文献一覧	29

1. 概要

本資料は添付書類「耐震設計の基本方針」のうち「2. 耐震設計の基本方針」に基づき、耐震設計に用いる基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d について説明するものである。

2. 基本方針

基準地震動 S_s は、以下の方針により策定する。

まず、敷地周辺における活断層の性質や、敷地周辺における過去及び最近の地震発生状況等を考慮して、その発生様式による地震の分類を行った上で、敷地に大きな影響を与えると予想される地震(以下「検討用地震」という。)を選定した後、敷地での地震動評価を実施し、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」を評価する。

次に、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」を評価する。

そして、「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」の評価結果に基づき、基準地震動 S_s を策定する。

最後に、策定された基準地震動 S_s の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを確認する。

弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率の値が、目安として 0.5 を下回らないよう基準地震動 S_s に係数を乗じて設定する。

基準地震動 S_s の策定は事業変更許可申請書の添付書類四「6. 地震」、弾性設計用地震動 S_d の策定は事業変更許可申請書の添付書類六「1.6 耐震設計」に記載のとおりであり、以下にその概要を示す。

3. 敷地周辺の地震発生状況

施設が位置する東北地方から北海道地方では、海洋プレートである太平洋プレートが陸域に向かって近づき、日本海溝から陸のプレートの下方へ沈み込んでいることが知られている。

また、東北地方における活断層の多くは南北方向の走向を示す逆断層であり、この地域が東西方向に圧縮されていることを示唆している¹⁾。

東北地方から北海道地方では上記に対応するように地震が発生しており、その発生様式等から「プレート間地震」、「海洋プレート内地震」、「内陸地殻内地震」及び「日本海東縁部の地震」の4種類に大別される。これらの地震のうち、敷地周辺ではプレート間地震の発生数が最も多く、また、マグニチュード(以下「M」という。)7～8程度の大地震も発生している。

3.1 被害地震

日本国内の地震被害に関する記録は古くからみられ、これらを収集、編集したものととして、「増訂 大日本地震史料²⁾」、「日本地震史料³⁾」、「新収 日本地震史料⁴⁾」、「日本の歴史地震史料⁵⁾」等の地震史料がある。

また、地震史料及び明治以降の地震観測記録を基に、主な地震の震央位置、地震規模等を取りまとめた地震カタログとして、「理科年表⁶⁾」、「日本被害地震総覧⁷⁾」、「宇佐美カタログ(1979)⁸⁾」、「宇津カタログ(1982)⁹⁾」、「気象庁地震カタログ¹⁰⁾」、「地震活動総説¹¹⁾」等がある。

「日本被害地震総覧⁷⁾」又は「気象庁地震カタログ¹⁰⁾」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200km程度以内の被害地震の震央分布を第3-1図(1)に示す。また、同図に示した被害地震の諸元を第3-1表に示す。ここで、地震の規模及び震央位置は、1884年以前の地震については「日本被害地震総覧⁷⁾」による値を、1885年以降1922年以前の地震については「宇津カタログ(1982)⁹⁾」による値を、さらに1923年以降の地震については「気象庁地震カタログ¹⁰⁾」による値をそれぞれ用いている。

プレート間地震に関しては、第3-1図(1)によると、太平洋側の海域では、東経144°付近において1952年十勝沖地震(M8.2)及び2003年十勝沖地震(M8.0)のようにM8クラスの地震が発生している。また、青森県東方沖から日本海溝付近にかけての海域においてはM7クラスの地震が数多く発生しており、それらの中には、1968年十勝沖地震(M7.9)や1994年三陸はるか沖地震(M7.6)のように近年青森県に大きな被害をもたらした地震も存在する¹²⁾¹³⁾。また、敷地から300km以上離れているが、国内の既往最大のプレート間地震として、2011年東北地方太平洋沖地震(モーメントマグニチュード(以下「M_w」という。)9.0)が発生している。2011年東北地方太平洋沖地震の発生位置を第3-1図(2)に示す。

海洋プレート内地震に関しては、第3-1図(1)によると、2008年岩手県沿岸北部の地震(M6.8)のように被害をもたらした地震が発生している。また、敷地から300km以上離れているが、1933年昭和三陸地震(M8.1)、1993年釧路沖地震(M7.5)、1994年北海道東方沖地震(M8.2)及び2011年宮城県沖の地震(M7.2)が発生している。上記の敷地から300km以上離れた位置で発生した4地震の発生位置を第3-1図(2)に示す。

内陸地殻内地震に関しては、陸域では、東経141° 付近よりも西側において、1766年津軽の地震(M7.1/4)のようにM7クラスの地震が発生しており、また、敷地から200km以上離れているが、2008年岩手・宮城内陸地震(M7.2)が発生している。一方、海域では、敷地周辺において、敷地の東側で発生した1978年青森県東岸の2地震(共にM5.8)以外に被害地震は発生していない。

日本海東縁部の地震に関しては、日本海側の海域で、1983年日本海中部地震(M7.7)及び1993年北海道南西沖地震(M7.8)のようにM7を上回る地震が発生している。

3.2 被害地震の調査

地震によって建物等に被害が発生するのは震度 5 弱 (1996 年以前は震度 V) 程度以上であるとされている¹⁴⁾。

「日本被害地震総覧⁷⁾」に記載されている震度分布図及び気象庁で公表されている震度分布図によると、敷地の震度が V 程度であったと推定される地震は 1763 年 1 月陸奥八戸の地震、1856 年日高・胆振・渡島・津軽・南部の地震、1968 年十勝沖地震、1978 年青森県東岸の 2 地震及び 1994 年三陸はるか沖地震の 6 地震がある。

また、第 3-1 表に示した被害地震について、震央距離と地震規模及び敷地で想定される震度との関係を第 3-2 図に示す。この図から、敷地での震度が不明な地震について敷地に与えた影響度をみると、震度分布図による上記 6 地震のほかに敷地で震度 V と推定される地震は、1763 年 3 月 11 日陸奥八戸の地震及び 1858 年八戸・三戸の地震の 2 地震がある。また、震度 IV の領域にあって震度 V に準ずる地震としては、1677 年陸中の地震及び 1902 年三戸地方の地震の 2 地震がある。

3.3 被害地震の評価

「3.2 被害地震の調査」により、敷地での震度が V 程度以上と推定される主な被害地震の地震発生様式を、1884 年以前の地震については津波の被害記録等より、また、1885 年以降の地震については、震源の位置、深さ等から以下のとおり分類する。

①プレート間地震

- ・ 1677 年陸中の地震 (M7.4, 震央距離 77km)
- ・ 1763 年 1 月陸奥八戸の地震 (M7.4, 震央距離 77km)
- ・ 1763 年 3 月陸奥八戸の地震 (M7.1/4, 震央距離 56km)
- ・ 1856 年日高・胆振・渡島・津軽・南部の地震 (M7.5, 震央距離 98km)
- ・ 1858 年八戸・三戸の地震 (M7.3, 震央距離 61km)
- ・ 1902 年三戸地方の地震 (M7.0, 震央距離 51km)
- ・ 1968 年十勝沖地震 (M7.9, 震央距離 193km)
- ・ 1994 年三陸はるか沖地震 (M7.6, 震央距離 212km)

②内陸地殻内地震

- ・ 1978 年青森県東岸の地震 (2 地震)
(共に M5.8, 震央距離 11km, 10km)

被害地震の調査により、青森県東方沖から日本海溝付近にかけての海域で発生し、敷地周辺で最も規模が大きく、大きな被害をもたらしたのは、1968 年十勝沖地震 (M7.9) である。

なお、地震調査委員会 (2012)¹⁷⁾ では、1677 年陸中の地震 (M7.4)、1763 年 1 月陸奥八戸の地震 (M7.4)、1856 年日高・胆振・渡島・津軽・南部の地震 (M7.5) 及び 1968 年十勝沖地震 (M7.9) を三陸沖北部で発生したプレート間大地震であったとしている。

3.4 地震カタログ間の比較

「3.1 被害地震」において「日本被害地震総覧⁷⁾」, 「宇津カタログ (1982)⁹⁾」及び

「気象庁地震カタログ¹⁰⁾」から抽出した被害地震と「理科年表⁶⁾」及び「宇佐美カタログ(1979)⁸⁾」から抽出した被害地震のうち、震央距離と地震規模及び敷地で想定される震度との関係から敷地で震度V程度以上となる被害地震で、地震規模及び震央位置の記載に差異が認められる地震を第3-2表に、その震央分布を第3-3図に、また、地震規模及び震央位置の差異が敷地に与える影響度の差を第3-4図に示す。

第3-4図によれば、1677年陸中の地震については、「理科年表⁶⁾」による諸元を用いると、他の資料の諸元を用いるよりも敷地に与える影響を大きく評価することになる。1763年1月陸奥八戸の地震及び1763年3月陸奥八戸の2地震については、「日本被害地震総覧⁷⁾」及び「理科年表⁶⁾」による諸元を用いると、他の資料の諸元を用いるよりも敷地に与える影響を大きく評価することになる。1931年青森県南東沖の地震及び1945年八戸北東沖の2地震については、「気象庁地震カタログ¹⁰⁾」及び「理科年表⁶⁾」の諸元を用いるよりも「宇佐美カタログ(1979)⁸⁾」の諸元を用いる方が敷地に与える影響を大きく評価することになる。

3.5 敷地周辺で発生したM5以上の中地震

1923年から2015年7月までの間に敷地周辺で発生したM5.0以上の中地震の震央分布を第3-5図に示す。

また、敷地付近を横切る幅500kmの範囲に分布する震源の鉛直分布を第3-6図に、太平洋プレートの沈み込みの様子を深発地震面の等深線で表したものを第3-7図に示す。

これらの図によると、敷地を中心とする広範な地震活動の特徴は以下のとおりである。

- ① 太平洋側の東経142°より東側の海域で地震が数多く発生している。
- ② 太平洋側の海域で発生する地震は、陸域に近づくにつれてその震源が深くなっている。
- ③ 日本海側では、1983年日本海中部地震及び1993年北海道南西沖地震の本震及び余震活動がみられる。
- ④ 敷地から100km以内では、1945年八戸北東沖の地震(M7.1)以外にM7を超える地震は発生していない。

3.6 敷地周辺で発生したM5以下の小・微小地震

2012年から2015年7月までの間に敷地周辺で発生したM5.0以下の小・微小地震のうち、震源深さが0～30km、30～60km、60～100km及び100km以上の地震の震央分布を第3-8図に、震源の鉛直分布を第3-9図に示す。これらの図によると、敷地周辺における地震活動の特徴は以下のとおりである。

- ① 深さが0～30kmの範囲では、多くの地震が海域のプレート境界付近及び陸域の地殻内で発生している。
- ② 深さが30～60kmの範囲では、多くの地震が海域のプレート境界付近で発生しており、陸域における地震はほとんどみられない。
- ③ 深さが60km以上の範囲では、地震が太平洋プレートの沈み込みに沿って発生しており、震源の鉛直分布には第3-7図における二重深発地震面がみられる。これら

の地震は、陸域に近づくに従ってその震源が深くなり、敷地周辺では震源深さが80km以上となっている。

3.7 活断層の分布状況

敷地から半径100km程度の範囲について、事業変更許可申請書の添付書類四「4. 地盤」及び「[新編]日本の活断層 分布図と資料¹⁸⁾」に記載されている活断層の分布を第3-10図に示す。また、同図に示した敷地周辺の主な活断層の諸元を第3-3表に示す。

第3-10図によると、敷地から50km以内には、出戸西方断層、横浜断層、上原子断層、七戸西方断層、F-c断層、F-d断層等が存在する。また、敷地から50~100km程度の範囲には、F-a断層、F-b断層、青森湾西岸断層帯、津軽山地西縁断層帯、折爪断層等が存在する。

4. 地震の分類

「3. 敷地周辺の地震発生状況」によると、敷地周辺で発生する地震は、その発生様式等からプレート間地震、海洋プレート内地震、内陸地殻内地震及び日本海東縁部の地震の4種類に大別される。

このことを踏まえ、敷地周辺において過去に発生した主な地震を以下のとおりに分類する。

4.1 プレート間地震

岩手県沖から十勝沖にかけての海域においては、M7～8程度のプレート間地震が繰り返し発生している¹⁷⁾。プレート間地震と考えられる主な被害地震は、「3.3 被害地震の評価」によると、1968年十勝沖地震(M7.9)等がある。なお、敷地から震央距離が200km程度以遠の被害地震としては、1952年十勝沖地震(M8.2)、2003年十勝沖地震(M8.0)及び2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)がある。

近年の地震において、地震規模が最大のものは2011年東北地方太平洋沖地震のMw9.0であるが、敷地周辺に震度5弱(1996年以前は震度V)以上の揺れをもたらした地震は、1968年十勝沖地震である。

4.2 海洋プレート内地震

東北地方から北海道にかけての海洋プレート内地震は、海溝軸付近から陸側で発生する沈み込んだ海洋プレート内の地震と、海溝軸付近ないしそのやや沖合で発生する沈み込む海洋プレート内の地震の2種類に分けられる。沈み込んだ海洋プレート内の地震の震源分布は二重深発地震面を形成しており、東北地方では二重深発地震面上面の地震活動が優勢とされ、北海道では二重深発地震面下面の地震活動が優勢とされている¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾。

「3.3 被害地震の評価」によると、過去に敷地に影響を及ぼした海洋プレート内地震の発生は認められないが、東北地方から北海道にかけて発生した主な地震として、1933年昭和三陸地震(M8.1)、1993年釧路沖地震(M7.5)、1994年北海道東方沖地震(M8.2)、2003年宮城県沖の地震(M7.1)、2008年岩手県沿岸北部の地震(M6.8)、2011年宮城県沖の地震(M7.2)及び2011年三陸沖の地震(M7.3)がある。このうち、1933年昭和三陸地震は沈み込む海洋プレート内の地震であり、その他は沈み込んだ海洋プレート内の地震である²²⁾。1993年釧路沖地震及び2008年岩手県沿岸北部の地震は二重深発地震面下面の地震、2003年宮城県沖の地震及び2011年宮城県沖の地震は二重深発地震面上面の地震、1994年北海道東方沖地震及び2011年三陸沖の地震は沈み込んだ海洋プレート内のやや浅い地震である。

なお、世界で過去に発生したMw7.0以上の海洋プレート内地震としては、1993年グアムの地震(Mw7.7)、2000年スマトラの地震(Mw7.8)等があげられる。これらのような規模の大きな海洋プレート内地震や1994年北海道東方沖地震(M8.2)は、海洋プレートに引張応力が作用し、島弧に応力勾配が見られる地域若しくは島弧に圧縮応力が作用する地域で発生している²⁸⁾。一方、敷地が属する東北地方は、海洋プレート内の応力状態が中立で、島弧に圧縮応力が作用している地域であり、大きな海洋プレート内

地震が発生している地域とは応力状態が異なる地域となっている。

4.3 内陸地殻内地震

敷地周辺の活断層と被害地震との位置関係を第 4-1 図に、敷地周辺の活断層と小・微小地震との位置関係を第 4-2 図に示す。

東北地方においては、M7クラスの内陸地殻内地震が、奥羽山脈付近から日本海にかけて発生している。

敷地周辺で発生した内陸地殻内地震のうち最も規模の大きな地震は 1766 年津軽の地震(M7 1/4)であり、これは津軽山地西縁断層帯北部と関連付けられている⁷⁵⁾。本地震による敷地周辺における揺れは、第 4-3 図に示すとおり震度V程度とされている。一方、敷地近傍では、敷地での震度がV以上と推定される被害地震である 1978 年青森県東岸の地震が発生しているが、本地震と活断層との関連性は認められない。

また、「3. 活断層の分布状況」に示すとおり、敷地から 50km 以内には出戸西方断層、横浜断層、上原子断層、七戸西方断層、F-c断層、F-d断層等の活断層が存在するが、これらの活断層と被害地震との対応は認められない。さらに、敷地近傍には小・微小地震の集中も認められない。

4.4 日本海東縁部の地震

日本海東縁部の比較的浅いところで発生した1983年日本海中部地震(M7.7)及び1993年北海道南西沖地震(M7.8)により、敷地周辺において震度V程度以上の揺れが認められていないことから、これら両地震は敷地に大きな影響を及ぼすような地震ではない。

5. 敷地地盤の振動特性

5.1 解放基盤表面の設定

事業変更許可申請書の添付書類四「4.4 敷地内の地質・地質構造」に記載のとおり、敷地内の地質は、新第三系中新統の鷹架層、新第三系鮮新統の砂子又層下部層、第四系下部～中部更新統の六ヶ所層、第四系中部更新統の高位段丘堆積層等が分布する。事業変更許可申請書の添付書類四「4. 地盤」の第 4.4-12 図に示すように、概ね標高 30m 以深に鷹架層が拡がっており、耐震重要施設等及び常設重大事故等対処施設は鷹架層に支持させることとしている。鷹架層中には、敷地内の地質構造を大きく規制する f-1 断層及び f-2 断層が認められ、f-1 断層の東側の領域では、主に鷹架層下部層及び同層中部層が分布している。f-1 断層と f-2 断層とに挟まれた領域では、主に鷹架層下部層及び同層中部層が分布している。f-2 断層の西側の領域では、主に鷹架層中部層及び同層上部層が分布している。

敷地内で実施した P S 検層の結果を第 5-1 図に示す。敷地の地盤は、事業変更許可申請書の添付書類四「4. 地盤」の第 4.4-12 図に示すとおり f-1 断層及び f-2 断層を境に 3 つの領域に区分されるが、第 5-1 図に示すように、いずれの地盤においても標高 -70m の位置において S 波速度が概ね 0.7km/s 以上となる。

また、第 5-2 図に示す屈折法地震探査結果及び事業変更許可申請書の添付書類四「4. 地盤」の第 4.3-7 図に示す反射法地震探査結果から、敷地及び敷地周辺の地下の速度構造は、大局的に見て水平成層かつ均質であると考えられる。

上記の各種地質調査結果より、敷地の地盤は速度構造的に特異性を有する地盤ではないと考えられる。解放基盤表面については、敷地地下で著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりをもつ、著しい風化を受けていない岩盤である鷹架層において、S 波速度が概ね 0.7km/s 以上となる標高 -70m の位置に設定した。

なお、解放基盤表面以浅については、地盤の違いに応じて f-1 断層の東側の領域を「東側地盤」、f-2 断層の西側の領域を「西側地盤」、f-1 断層及び f-2 断層に挟まれた領域を「中央地盤」として、取り扱うこととしている。

5.2 地震観測記録

敷地地盤における地震観測は、敷地内の地盤の違いに応じて第 5-3 図に示す 3 ヶ所で実施している。

地震観測記録の評価に当たっては、地震観測記録から解放基盤表面以浅の地盤の影響を取り除くために、はぎとり地盤モデルを用いている。はぎとり地盤モデルの作成に当たっては、敷地内の各地震観測点における鉛直アレー観測による地震観測記録から求めた深度方向の伝達関数を目的関数として、層厚、S 波速度及び減衰定数を同定している。はぎとり解析に用いた「中央地盤」、「東側地盤」及び「西側地盤」のはぎとり地盤モデルを第 5-1 表に示す。作成したはぎとり地盤モデルによる伝達関数と、地震観測記録に基づく伝達関数の比較を第 5-4 図に示す。両者はよく整合する結果となっており、はぎとり地盤モデルは地盤の振動特性を表現できるものとなっている。

各地盤のはぎとり地盤モデルを用いて、2011 年東北地方太平洋沖地震の解放基盤表面におけるはぎとり波を評価した結果を第 5-5 図に示す。その地震動レベルは各地盤で

ほぼ等しいものとなっている。

また、敷地内において、地下構造の推定のために微動アレー観測を行っており、第5-6図に示すとおり、各地震観測点位置を中心にアレー観測点を設定している。上記3ヶ所の地震観測点位置における微動アレー観測結果から推定した各地震観測点直下のS波速度構造及び地震基盤～解放基盤表面間の増幅比の比較を第5-7図に示す。地震基盤～解放基盤表面間における増幅比は地盤間で差はない。

以上の検討結果より、地震観測記録の検討には代表地盤観測点の観測記録を用いることとした。

代表地盤観測点で得られた地震観測記録の中から、第5-2表に示す地震について応答スペクトル解析を行った。これらの地震の震央分布を第5-8図に示す。これらの地震について、その発生様式ごとに分類を行い、解放基盤表面(標高-70m)で得られた観測記録の応答スペクトルを第5-9図に示す。また、発生様式ごとの代表的な地震について、それぞれ地盤の各深さで得られた観測記録の応答スペクトルを第5-10図に示す。これらの図によると、地震によらず解放基盤表面相当レベルまでは、地盤中におけるピーク周期の遷移や、特定周期での特異な増幅がないことが確認できる。

次に、震央距離が300km以内の地震の解放基盤表面(標高-70m)で得られた観測記録を対象に、地震波の到来方向別の増幅特性に関して、敷地から東西南北の4方位に分類して検討を行った。対象とした地震を第5-3表及び第5-11図に示す。これらの地震観測記録について検討を行った結果、第5-12図に示すとおり、敷地に対する地震波の到来方向の違いによって増幅特性が異なるような傾向はみられなかった。

5.3 深部地盤モデル

断層モデルを用いた手法による地震動評価のうち、統計的グリーン関数法²³⁾²⁴⁾による地震動評価に用いる深部地盤モデルは、敷地における代表地盤観測点の地震観測記録に基づき作成した。

深部地盤モデルの作成では、代表地盤観測点の鉛直アレー地震観測による地震観測記録から得られるP波部水平/上下スペクトル振幅比、レシーバー関数及びコーダ部水平/上下スペクトル振幅比を目的関数として、深部地盤モデルの層厚、S波速度、P波速度及びQ値を同定している²⁵⁾。これらの物性のうち、Q値については、小林ほか(1999)²⁵⁾に基づき、振動数に依存しない内部減衰と振動数に依存する散乱減衰を考慮した。深部地盤モデルに採用する層厚、S波速度及びP波速度は同定によって得られた値とし、Q値は同定によって得られた値を下回らないように全周期帯で一定の値とした。なお、地震基盤以深のQ値構造については、佐藤ほか(2002)⁶³⁾による東北地方の海溝型地震の伝播経路のQ値特性に基づき、 $Q = 114 f^{0.92}$ と設定した。作成した深部地盤モデルを第5-4表に示す。

深部地盤モデルについては、敷地の地震観測記録を用いたスペクトルインバージョン法による検討及び経験的サイト増幅特性の検討に加えて、敷地・敷地近傍の地質調査結果等を用いて作成した3次元地下構造モデルによる検討により妥当性を検証した。

スペクトルインバージョン法による検討では、岩田・入倉(1986)⁷⁷⁾に基づき、敷地の観測記録及びK-N-E-T等の観測記録を用いてサイト増幅特性を抽出し、深部地盤モ

デルによる敷地の地震基盤から解放基盤表面の間の増幅特性との比較を行った結果、同等のものとなっている(第 5-13 図参照)。また、経験的サイト増幅特性の検討では、鶴来ほか(1997)⁷⁰の手法を参考に、経験的サイト増幅特性を算定し、深部地盤モデルによる増幅特性と比較を行った結果、概ね同等若しくは深部地盤モデルによる増幅率が若干大きくなっている(第 5-14 図参照)。

一方、3次元地下構造モデルによる検討では、作成した3次元地下構造モデルを用いて波形入力による増幅シミュレーションを行い、深部地盤モデルによる増幅特性との比較を行った。3次元地下構造モデルは、敷地及び敷地近傍で実施した反射法地震探査結果、屈折法地震探査結果、ボーリングデータ等に基づく初期モデルに対して、微動アレー観測結果、屈折法地震探査、ブーゲー異常、P S 検層の観測データ等を用いたジョイントインバージョン解析を行うことで作成した。調査結果として得られた微動アレー観測に基づく位相速度、屈折法地震探査の走時、ブーゲー異常及びP S 検層による観測走時は、3次元地下構造モデルによる再現結果と整合するものとなっている。3次元地下構造モデルと深部地盤モデルのそれぞれに対してパルス波を入力し、得られた解放基盤表面位置における最大振幅値の比を分布図で表した結果、深部地盤モデルを明確に上回るような増幅特性は、敷地内では見られない(第5-15図参照)。

以上の検討より、深部地盤モデルの妥当性を確認した。

6. 基準地震動 S_s

基準地震動 S_s は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。

6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

6.1.1 検討用地震の選定

「4. 地震の分類」に基づき、地震発生様式等により分類した地震ごとに敷地に顕著な影響を及ぼすと予想される検討用地震を選定する。

(1) プレート間地震

青森県東方の沖合では、プレート間地震が過去に繰り返し発生しており、1968年十勝沖地震 ($M7.9$) は敷地に最も影響を及ぼした地震である。地震調査委員会 (2004)²⁷⁾ は、既往の研究成果を基に1968年十勝沖地震の震源域に発生する地震を「三陸沖北部の地震 ($M_w8.3$)」として震源モデルを設定している。したがって、地震調査委員会 (2004)²⁷⁾ による「三陸沖北部の地震 ($M_w8.3$)」(以下「想定三陸沖北部の地震」という。) をプレート間地震の検討用地震の選定に当たって考慮する。

2011年東北地方太平洋沖地震 ($M_w9.0$) は、三陸沖南部海溝寄り、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの一部、三陸沖中部、宮城県沖、福島県沖及び茨城県沖の領域を震源域とする地震であり、敷地に対する影響は小さかったものの、同地震の知見を踏まえ同規模の地震が敷地前面で発生すると、「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」をプレート間地震の検討用地震の選定に当たって考慮する。震源領域としては、敷地前面の三陸沖北部の領域を含むように、「三陸沖北部～宮城県沖の連動」及び「三陸沖北部～根室沖の連動」のそれぞれの場合について考慮する。

また、地震調査委員会 (2017)⁸⁷⁾ は、17世紀に北海道東部に大きな津波をもたらした地震が発生したとされることから、千島海溝沿いで発生する、北海道東部に巨大な津波をもたらす地震を「超巨大地震 (17世紀型)」とし、地震規模は $M8.8$ 程度以上としている。したがって、十勝沖から択捉島沖を震源領域とした $M8.8$ 程度以上の「超巨大地震 (17世紀型)」を検討用地震の選定に当たって考慮する。

「想定三陸沖北部の地震」と「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の震源パラメータの比較を第6-1表に、想定する断層面の位置を第6-1図に示す。「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」は、設定した断層モデルにおいて敷地前面の三陸沖北部の領域を含めてモデル化しており、「想定三陸沖北部の地震」より地震規模が大きく、直近の強震動生成域 (以下「SMGA」という。) は「想定三陸沖北部の地震」の直近の SMGA の短周期レベルを上回っており、さらに、「想定三陸沖北部の地震」の断層面全体の短周期レベルの値とほぼ等しい値となっている。さらに、直近の SMGA と敷地との距離についても「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の方が近い。したがって、敷地に対する影響は、「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の方が「想定三陸沖北部の地震」を上回ると考えられる。

一方、「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震 (三陸沖北部～根室沖の連動)」の断層面図と「超巨大地震 (17世紀型)」の評価対象領域を第6-2図に示す。「超

巨大地震(17世紀型)」は十勝沖から択捉島沖を震源領域としたM8.8程度以上の超巨大地震とされるが、「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」がM_w9.0の規模を考慮した上で、敷地に最も近い三陸沖北部の領域を震源領域に設定していること、そして、「超巨大地震(17世紀型)」の震源領域は千島海溝の北東側に延びて敷地から遠くなることから、「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の方が敷地への影響が大きいと考えられる。

以上のことから、敷地への影響については、「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」が最も大きいと考えられ、プレート間地震の検討用地震として「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」を選定する。検討用地震として選定した「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層面の位置を第6-3図に示す。

なお、敷地前面のプレート間地震については地震調査委員会(2019)⁸⁸⁾の知見があるが、M_w9.0の規模を考慮した上で敷地に最も近い三陸沖北部の領域に震源領域を設定している「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の方が、敷地への影響が大きいと評価した。

(2) 海洋プレート内地震

敷地周辺で考慮する海洋プレート内地震については、地震の発生機構やテクトニクス的背景の類似性が認められる地域で過去に発生した地震を考慮した上で、敷地周辺の適切な位置に震源を考慮する。

三陸沖北部の領域に隣接する北海道の千島海溝沿いにおいては、二重深発地震面下面の地震の活動が優勢であるのに対し、敷地を含む東北地方の日本海溝沿いは、二重深発地震面上面の地震の活動が優勢であるという特徴を有する²⁰⁾²¹⁾。北海道の千島海溝沿いにおいては、過去に二重深発地震面下面の地震として、1994年北海道東方沖地震(M8.2)が発生しているのに対し、過去に東北地方で発生した二重深発地震面における大規模な地震は、2003年宮城県沖の地震(M7.1)及び2011年宮城県沖の地震(M7.2)といった二重深発地震面上面の地震であり、M7クラスに達する二重深発地震面下面の被害地震は知られていない。

北海道東部について、K i t a e t a l. (2010)²¹⁾はDown dip Extension型(DE型)の地震発生層が厚いとしており、S e n o a n d Y o s h i d a (2004)²⁸⁾は浅く大きな海洋プレート内地震が発生する傾向があるとしている。一方、敷地を含む東北地方については、K i t a e t a l. (2010)²¹⁾はDown dip Compression型(DC型)の地震発生層が厚いとしており、S e n o a n d Y o s h i d a (2004)²⁸⁾は浅く大きな海洋プレート内地震が知られていない地域としている。以上のことから、北海道東部と東北地方は異なるテクトニクスとなっていると考えられるため、千島海溝沿いで発生した1994年北海道東方沖地震(M8.2)は検討用地震の選定に当たって考慮しない。

以上より、過去に東北地方で発生した海洋プレート内地震を、タイプ別に二重深発地震面上面の地震、二重深発地震面下面の地震及び沖合の浅い地震に分類した上で、敷地に対して影響の大きい地震の抽出を行い、検討用地震を選定する。影響の大きい地震の抽出に当たり、地震規模には、各分類の領域で発生した最大の地震規模を考慮することとし、その設定位置は、地震のタイプごとの発生位置に応じて敷地との距離

が最小となる位置とする。

二重深発地震面上面の地震については、2011年宮城県沖の地震(M7.2)、二重深発地震面下面の地震については、2008年岩手県沿岸北部の地震(M6.8)、沖合の浅い地震については、2011年三陸沖の地震(M7.3)をそれぞれ考慮する。

それぞれの地震について、解放基盤表面における地震動の応答スペクトルを予測し、敷地の地盤特性等を反映することが可能なNoda et al.(2002)²⁹⁾の方法に基づき地震動を評価し、敷地への影響を相対的に比較した結果を第6-4図に示す。第6-4図より、敷地との距離が最も近い二重深発地震面上面の地震が、敷地に対する影響が最も大きい地震と考えられることから、東北地方で最大規模の2011年宮城県沖の地震(M7.2)と同様の地震が敷地前面で発生することを考慮した二重深発地震面上面の地震を「想定海洋プレート内地震」として検討用地震に選定する。検討用地震として選定した「想定海洋プレート内地震」の断層面の位置を第6-5図に示す。

なお、敷地前面の海洋プレート内地震については地震調査委員会(2019)⁸⁹⁾の知見があるが、同等の規模を考慮した上で敷地との距離が最小となる位置に震源を設定している「想定海洋プレート内地震」の方が、敷地への影響が大きいと評価した。

(3) 内陸地殻内地震

a. 地震発生層の設定

内陸地殻内地震の地震動評価に用いる地震発生層の上端深さ及び下端深さについては、文献等に基づき以下のとおり設定した。

原子力安全基盤機構(2004)³¹⁾によれば、敷地を含む東北東部の領域では、第6-2表及び第6-6図に示すとおり、地震発生層上端に相当するD10%は6.2km、地震発生層下端に相当するD90%は13.8kmとなっている。

また、敷地周辺の内陸地殻内で発生した小・微小地震に対する上記と同様の検討によると、第6-3表及び第6-7図に示すとおりD10%は8.2km、D90%は15.3kmとなっている。

長谷川ほか(2004)³²⁾によれば、東北日本の内陸地殻内地震が発生する深さについては、およそ15km程度以浅であり、それより深部の地殻は温度が高くなり、急激な断層運動である地震としては変形せず、流動変形が卓越するとされている。

敷地周辺における地震波トモグラフィ解析結果を第6-8図に示す。地震波トモグラフィ解析により再決定された震源の深さの下限は概ね深さ15km程度となっているほか、それよりも深部ではP波速度が小さくなる傾向となっており、長谷川ほか(2004)³²⁾と整合している。

また、Tanaka and Ishikawa(2005)³³⁾によれば、微小地震のD90%とキュリー点深度の間には相関があるとされている。大久保(1984)³⁴⁾及びTanaka and Ishikawa(2005)³³⁾によれば、敷地周辺のキュリー点深度は約15kmとなっており、敷地周辺の微小地震の発生状況から推定されるD90%の値及び地震波トモグラフィ解析により再決定された震源の深さの下限と整合している。

以上を踏まえ、内陸地殻内地震の地震動評価に用いる地震発生層の上端深さを3km、下端深さを15kmと設定した。

b. 検討用地震として考慮する活断層

敷地周辺の活断層による地震が敷地に及ぼす影響を検討するために、第3-3表に示す主な敷地周辺の活断層のうち、断層長さの短い出戸西方断層及びF-d断層を除く活断層から想定される地震のマグニチュード³⁰⁾、震央距離及び敷地で想定される震度の関係について第6-9図に示す。この図より、敷地に影響を与えるおそれがあると考えられる地震として、「折爪断層による地震」、「横浜断層による地震」及び「上原子断層～七戸西方断層による地震」を選定する。

一方、断層長さの短い出戸西方断層及びF-d断層については、震源断層が地震発生層の上端から下端まで拵がっているとし、同じ地震規模を考慮した場合、敷地により近い「出戸西方断層による地震」の方が敷地に与える影響が大きい地震となることから、敷地に影響を与えるおそれがあると考えられる地震として「出戸西方断層による地震」を選定する。

敷地に影響を与えるおそれがあると考えられる地震として選定した上記4地震の断層面の位置を第6-10図に示す。上記4地震のうち、応答スペクトルに基づく方法により、敷地への影響が相対的に大きい地震を検討用地震として選定する。応答スペクトルに基づく方法は、海洋プレート内地震と同様にNoda et al. (2002)²⁹⁾の方法を用いる。Noda et al. (2002)²⁹⁾の方法に基づき地震動を評価した結果を第6-11図に示す。この図より、検討用地震として「出戸西方断層による地震」を選定する。

(4) 日本海東縁部の地震

日本海東縁部の地震については、「4.4 日本海東縁部の地震」のとおり、敷地に大きな影響を及ぼすような地震はないことから、検討用地震として選定しない。

6.1.2 検討用地震の地震動評価

「6.1.1 検討用地震の選定」において選定した「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」、「想定海洋プレート内地震」及び「出戸西方断層による地震」について、地震動評価を実施する。

検討用地震の地震動評価においては、地震の発生様式に応じた特性を考慮するとともに、「5. 敷地地盤の振動特性」に示した、敷地における地震観測記録等から得られる敷地地盤の振動特性を考慮する。検討用地震による地震動は、「応答スペクトルに基づく方法」及び「断層モデルを用いた手法」により評価する。

「応答スペクトルに基づく方法」では、検討用地震の地震規模、震源距離等から、適用条件及び適用範囲について検討した上で、適切な評価式を用いる。

「断層モデルを用いた手法」では、敷地において要素地震として適切な地震の観測記録が得られている場合は経験的グリーン関数法³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾を用い、得られていない場合は統計的グリーン関数法²³⁾²⁴⁾³⁷⁾を用いる。

(1) プレート間地震

a. 基本モデルの設定

プレート間地震の検討用地震として選定した「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」については、地震調査委員会(2004)²⁷⁾及び諸井ほか(2013)³⁸⁾に基づき震源モデルを設定した。

断層面の設定に当たっては、敷地前面の三陸沖北部の領域を含む領域の運動を考慮し、「三陸沖北部～宮城県沖の運動」及び「三陸沖北部～根室沖の運動」について、それぞれモデルを設定した。

各領域における SMGA の位置については、モデル化する領域ごとに諸井ほか(2013)³⁸⁾と同様に、過去に発生した地震²⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾を参照して地域性を考慮した位置に設定した。各領域の SMGA は、三陸沖北部の領域では1968年十勝沖地震や1994年三陸はるか沖地震の発生位置に、三陸沖中部以南の領域では地震調査委員会(2012)¹⁷⁾のセグメントごとに1つずつ、十勝沖の領域では2003年十勝沖地震の発生位置に、根室沖の領域では1973年根室半島沖地震の発生位置よりも領域内において敷地に近い位置にそれぞれ配置した。三陸沖中部以南の領域での設定に当たっては、既往の地震観測記録の再現に関する入倉(2012)⁷⁸⁾の知見を参照した。

SMGA の面積は、諸井ほか(2013)³⁸⁾に基づき断層面積に対する面積比(以下「SMGA 面積比」という。)が12.5%となるよう設定した。

SMGA の短周期レベルは、諸井ほか(2013)³⁸⁾に基づき SMGA 面積比12.5%相当の地震モーメントと短周期レベルの関係を基本としている。諸井ほか(2013)³⁸⁾に基づく SMGA 面積比12.5%相当の地震モーメントと短周期レベルの関係は、2011年東北地方太平洋沖地震の短周期レベルと整合することが確認されている佐藤(2010)⁸⁵⁾のスケーリング則を上回っている(第6-12図参照)。ここで、敷地に近く影響が大きい SMGA 1 及び SMGA 2 の短周期レベルについては、1994年三陸はるか沖地震(M7.6)及び1978年宮城県沖地震(M7.4)が諸井ほか(2013)³⁸⁾に基づく SMGA 面積比12.5%相当の地震モーメントと短周期レベルの関係をそれぞれ1.3倍及び1.4倍上回っていることから、割増率として1.4倍を考慮した。一方、SMGA 3～7については、敷地から遠く影響が小さいため、諸井ほか(2013)³⁸⁾に基づく SMGA 面積比12.5%相当の短周期レベルに設定した。

なお、破壊開始点については、複数の位置を設定した。

基本モデルの検討ケース一覧を第6-4表に示す。基本モデルの断層モデル及び断層パラメータを第6-13図及び第6-5表に示す。また、断層モデルのパラメータの設定フローを第6-14図に示す。

ここで、2011年東北地方太平洋沖地震については、各種の震源モデルが提案されていることから、これらと比較することで「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の基本モデルで設定した SMGA 面積、短周期レベル及び SMGA 面積比の妥当性について確認する。「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の基本モデルと、田島ほか(2013)⁸⁰⁾が取りまとめた各種震源モデルを比較した結果、基本モデルの SMGA 面積、短周期レベルは各種震源モデルを概ね上回る値となっており、過小な設定とはなっていない(第6-6表(a)参照)。また、諸井ほか(2013)³⁸⁾に示されている SMGA 面積比を変えた場合の SMGA の短周期レベルと、SMGA 面積比を12.5%としている「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の基本モデルの SMGA の短周期レベルを比較した結果、敷地に近く影響が大きい SMGA 1 及び SMGA 2 の短周期レベルは、諸井ほか(2013)³⁸⁾の検討における SMGA の短周期レベルの最大値を上回っていることから、基本モデルの

SMGA面積比は過小な設定とはなっていない(第6-6表(b)参照)。

b. 不確かさを考慮するパラメータの選定

「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の不確かさとしては、基本モデルで既往最大の地震規模を考慮していること及び1978年宮城県沖地震を踏まえ短周期レベルを嵩上げしていることから、SMGAの位置の不確かさのみ考慮することとし、敷地に最も近いSMGA 1の位置を敷地直近(断層面西端)に移動させたケースを考慮する。

なお、破壊開始点については、SMGAの位置を移動させたケースについても、複数の位置を設定した。

不確かさケースの検討ケース一覧を第6-4表に示す。不確かさケースの断層モデル及び断層パラメータは、第6-15図及び第6-5表に示すように設定した。また、断層モデルのパラメータの設定フローを第6-14図に示す。

c. 応答スペクトルに基づく地震動評価

「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」は、既往の距離減衰式に対して外挿になること、また、敷地に対して断層面が大きく広がっていることから、距離減衰式による評価が困難であるため、断層モデルを用いた手法により地震動評価を行う。

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では、敷地において要素地震として利用可能な観測記録が得られていることから、経験的グリーン関数法³⁵⁾³⁶⁾を用いる。

要素地震としては、各領域で発生した同様の震源メカニズムをもつ地震を用いることとし、三陸沖北部の領域に対して2001年8月14日の地震(M6.4)、三陸沖中南部の領域に対して2015年5月13日の地震(M6.8)、宮城県沖の領域に対して2011年3月10日の地震(M6.8)、十勝沖の領域に対して2008年9月11日の地震(M7.1)、根室沖の領域に対して2004年11月29日の地震(M7.1)の敷地における観測記録を用いる。各要素地震の震源パラメータを第6-7表に、各要素地震の震央位置及び観測記録の波形を第6-16図に示す。

基本モデル及び不確かさケースの断層モデルを用いた地震動評価結果の応答スペクトルを第6-17図に示す。

(2) 海洋プレート内地震

a. 基本モデルの設定

海洋プレート内地震の検討用地震として選定した「想定海洋プレート内地震」については、地震調査委員会(2016)⁷⁶⁾を基に基本モデルの断層モデル及び断層パラメータを設定した。

地震規模は、同一テクトニクス内の東北地方で発生した二重深発地震面上面の地震の最大地震である、2011年4月7日宮城県沖の地震と同規模(M7.2, M_w 7.1)とした。

短周期レベルは、地震調査委員会(2016)⁷⁶⁾による海洋プレート内地震の標準的な短周期レベルを考慮し設定した。

断層面の位置は、敷地前面の沈み込む海洋プレートと敷地との距離が最小とな

る位置の海洋性マントル内に設定した⁴¹⁾。

なお、破壊開始点については、複数の位置を設定した。

基本モデルの検討ケースを第6-8表に示す。基本モデルの断層モデル及び断層パラメータは、第6-18図及び第6-9表に示すように設定した。また、断層モデルのパラメータの設定フローを第6-19図に示す。

b. 不確かさを考慮するパラメータの選定

「想定海洋プレート内地震」の不確かさとしては、短周期レベル、断層位置及び地震規模を考慮する。

短周期レベルの不確かさとしては、原田・釜江(2011)⁴²⁾の知見を踏まえ、短周期レベルの値を地震調査委員会(2016)⁷⁶⁾による値の1.5倍としたケースを設定した。

断層位置の不確かさとしては、断層面上端が海洋性地殻の上端に位置するように設定した上で、アスペリティを断層面上端に配置したケースを設定した。

地震規模の不確かさとしては、2011年4月7日宮城県沖の地震の地震規模を上回る $M_w7.4$ としたケースを設定した。

なお、破壊開始点については、それぞれの不確かさケースについて、複数の位置を設定した。

不確かさケースの検討ケース一覧を第6-8表に示す。不確かさケースの断層モデル及び断層パラメータは、第6-18図、第6-20図及び第6-10表に示すように設定した。また、断層モデルのパラメータの設定フローを第6-19図に示す。

c. 応答スペクトルに基づく地震動評価

「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価には、解放基盤表面の地震動として評価できること、震源の拡がりや考慮できること、敷地の地震観測記録を用いて諸特性が考慮できること、水平方向及び鉛直方向の地震動が評価できることといった特徴を有する評価手法であり、地震規模に対応する震源距離が適用範囲にあることから、Noda et al. (2002)²⁹⁾を用いた。

敷地における海洋プレート内地震による観測記録の応答スペクトルとNoda et al. (2002)²⁹⁾の方法に基づく応答スペクトルとの比を第6-21図に示す。観測記録の応答スペクトルは、Noda et al. (2002)²⁹⁾に基づく応答スペクトルに対して、2～3倍程度となっている。「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトルに基づく評価に当たっては、Noda et al. (2002)²⁹⁾に基づく応答スペクトルに対し、全周期帯で3倍の補正を行った。

基本モデル及び各不確かさケースの応答スペクトルに基づく地震動評価結果の応答スペクトルを第6-22図に示す。

d. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

「想定海洋プレート内地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価では、適切な要素地震となる地震観測記録が敷地で得られていないことから、統計的グリーン関数法²³⁾²⁴⁾を用いる。統計的グリーン関数法²³⁾²⁴⁾に用いる地下深部構造モデルについては、「5.3 深部地盤モデル」に示した深部地盤モデルを用いる。

基本モデル及び各不確かさケースの断層モデルを用いた地震動評価結果の応答スペクトルを第6-23図に示す。

(3) 内陸地殻内地震

a. 基本モデルの設定

内陸地殻内地震の検討用地震として選定した「出戸西方断層による地震」については、孤立した短い断層による地震として、震源断層が地表断層長さ以上に広がっていること及び震源断層が地震発生層の上端から下端まで広がっていることを考慮した上で、その地震規模を $M_w6.5$ とした。断層傾斜角は反射法地震探査結果に基づき70度に設定し、断層幅は地震発生層厚さと断層傾斜角を考慮し12.8kmとした。震源断層長さは、地震規模が $M_w6.5$ となるように、断層幅を考慮して28.7kmとし、その地震モーメントは $7.51 \times 10^{18} \text{Nm}$ となる。

アスペリティの位置については、敷地への影響が大きくなるように、アスペリティの南端を出戸西方断層の南端に、また、アスペリティの上端を断層モデルの上端に設定した。

なお、破壊開始点については、複数の位置を設定した。

基本モデルの検討ケースを第6-11表に示す。基本モデルの断層モデル及び断層パラメータについては、地震調査委員会(2016)⁷⁶⁾に基づき、第6-24図及び第6-12表に示すように設定した。また、断層モデルのパラメータの設定フローを第6-25図に示す。

b. 不確かさを考慮するパラメータの選定

「出戸西方断層による地震」の不確かさとしては、短周期レベル及び断層傾斜角について考慮する。

短周期レベルの不確かさケースについては、2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、基本モデルにおける値の1.5倍の値を考慮した地震動評価を行う。

出戸西方断層については、地質調査結果に基づき、高角の逆断層であることが確認されているが、念のため、断層傾斜角の不確かさケースとして、断層傾斜角を45度に設定した地震動評価を行う。

出戸西方断層が敷地の極近傍に位置しており、基準地震動 S_s の策定に支配的な断層であることから、不確かさの考え方が地震動評価結果に与える影響が非常に大きいことを踏まえ、短周期の地震動レベルに影響する短周期レベルの不確かさと、長周期の地震動レベルに影響する地震モーメントが大きくなる設定である断層傾斜角の不確かさを重畳させたケースについても考慮し、全周期帯での評価が保守的になるように地震動評価を行う。

なお、破壊開始点については、それぞれの不確かさケースについて、複数の位置を設定した。

不確かさケースの検討ケース一覧を第6-11表に示す。不確かさケースの断層モデル及び断層パラメータは、第6-24図、第6-26図及び第6-13表に示すように設定した。また、断層モデルのパラメータの設定フローを第6-25図に示す。

c. 応答スペクトルに基づく地震動評価

出戸西方断層による地震による評価ケースの諸元と、Noda et al.(2002)²⁹⁾の距離減衰式の作成及び適用性検討に用いられている諸元を比較した結果、出戸西方断層による地震については、Noda et al.(2002)²⁹⁾にて

定められている極近距離よりもさらに近距離の地震となっていることから、Noda et al. (2002)²⁹⁾の適用範囲外とした。

応答スペクトルに基づく地震動評価を行う際には、当該モデルの地震規模及び敷地との距離の関係を踏まえ、国内外において提案されているNoda et al. (2002)²⁹⁾以外の距離減衰式^{45)~53)}による評価を行う。評価に用いる距離減衰式を第6-14表に示す。

第6-27図に、基本モデル及び各不確かさケースの応答スペクトルに基づく地震動評価結果の応答スペクトルを示す。

d. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

出戸西方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では、敷地において要素地震として利用可能な観測記録が得られていることから経験的グリーン関数法³⁵⁾³⁶⁾を用いる。要素地震については、考慮する地震の断層面近傍の内陸地殻内で発生し、地質調査結果と整合的な震源メカニズムをもつ出戸西方断層近傍で発生した1999年9月13日の地震(M4.0)を用いることとする。要素地震の諸元を第6-15表に、要素地震の震央位置及び観測記録の波形を第6-28図に示す。

基本モデル及び各不確かさケースの断層モデルを用いた地震動評価結果の応答スペクトルを第6-29図に示す。

6.2 震源を特定せず策定する地震動

6.2.1 評価方法

震源を特定せず策定する地震動の評価に当たっては、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を検討対象地震として選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を収集し、敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定した。

採用する地震観測記録の選定に当たっては、敷地周辺との地域差を検討するとともに、観測記録と第6-30図に示す加藤ほか(2004)⁵⁴⁾の応答スペクトルとの大小関係を考慮する。

6.2.2 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の震源近傍の観測記録の収集においては、以下の2種類の地震を対象とする。

- ・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現すまでに至っていない $M_w6.5$ 以上の地震
- ・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わからない地震として地震学的検討から全国共通で考慮すべき $M_w6.5$ 未満の地震

検討対象地震を第6-16表に示す。

(1) $M_w6.5$ 以上の地震

第6-16表に示した検討対象地震のうち、 $M_w6.5$ 以上の2008年岩手・宮城内陸地震及び2000年鳥取県西部地震の震源域と敷地周辺との地域差を検討し、観測記録収集対象の要否について検討を行う。

a. 2008年岩手・宮城内陸地震

2008年岩手・宮城内陸地震の震源域近傍は、新第三紀以降の火山岩類及び堆積岩類が広く分布し、断続的な褶曲構造が認められ、東西圧縮応力による逆断層により脊梁山脈を成長させている地域である。さらに、火山フロントに位置し、火山噴出物に広く覆われており断層変位基準となる段丘面の分布が限られている。また、産業技術総合研究所(2009)⁵⁵⁾によるひずみ集中帯分布図によれば、震源近傍は、地質学的・測地学的ひずみ集中帯の領域内にある。

一方、敷地周辺では、断層変位基準となる海成段丘面が広く分布していること、火山フロントの海溝側に位置し顕著な火山噴出物が認められないこと、地質学的・測地学的ひずみ集中帯の領域外に位置していること等、震源域近傍との地域差は認められる。しかしながら、敷地周辺では震源域と同様に東西圧縮応力による逆断層型の地震が発生していることや、火山岩類及び堆積岩類が分布し、褶曲構造の分布が認められること等、一部で類似点も認められる。

以上のことから、更なる安全性向上の観点から、より保守的に2008年岩手・宮城内陸地震を観測記録収集対象として選定する。

地震観測記録の収集にあたっては、断層最短距離30km以内に位置するK-N E T観測点及びK i K - n e t観測点の地震観測記録に加えて、震源近傍に位置する荒砥沢ダム及び栗駒ダムにおける地震観測記録を対象とし、18地点の地震観測

記録を収集した。

収集した地震観測記録の応答スペクトルに対して、加藤ほか(2004)⁵⁴⁾の応答スペクトルを上回る地震観測記録は K-NE T 観測点 5 地点、K i K-n e t 観測点 5 地点、ダム 2 地点の合計 12 地点であり、このうち、K-NE T 観測点については、A V S 3 0 (地表から深さ 30m までの平均 S 波速度)が 500m/s 以上の地震観測記録は 1 地点であったことから、合計 8 地点の地震観測記録を抽出した。

抽出した地震観測記録の分析・評価として、地盤応答等による特異な影響の評価及び基盤地震動を算定するための地盤モデルの妥当性確認を実施した。その結果、地盤の非線形性や特異な増幅特性が無く、基盤地震動を算定する地盤モデルについて、観測記録の伝達関数を再現できることを確認した K-NE T 一関観測点、K i K-n e t 花巻南観測点、K i K-n e t 金ヶ崎観測点及び栗駒ダム(右岸地山)の 4 地点の観測記録を信頼性の高い基盤地震動が評価可能な観測記録として選定した。これに加えて、K i K-n e t 一関東観測点については、地表観測記録に地盤の非線形性及び観測点周辺の地形の影響が一部含まれており、鉛直方向の観測記録の伝達関数を再現できていないことから信頼性の高い基盤地震動の評価は困難であるものの、水平方向については地表観測記録を概ね再現できることから基盤地震動として選定可能と判断し、水平方向のみ基盤地震動が適切に評価可能な観測記録として選定した。

選定した 5 地点の観測記録の中で、大きな基盤地震動として、栗駒ダム(右岸地山)、K i K-n e t 金ヶ崎観測点及び K i K-n e t 一関東観測点(水平方向のみ)を、震源を特定せず策定する地震動に考慮する基盤地震動として選定した。

基盤地震動として選定した各観測点位置の S 波速度は、栗駒ダムで 700m/s 以上、K i K-n e t 金ヶ崎観測点で 540m/s、K i K-n e t 一関東観測点で 680m/s といずれの観測点も敷地の解放基盤表面の S 波速度と同等あるいは低い値となっていることから、地盤の S 波速度による補正を行わないこととした。

以上より、栗駒ダム(右岸地山)、K i K-n e t 金ヶ崎観測点及び K i K-n e t 一関東観測点(水平方向のみ)の基盤地震動に保守性を考慮し、震源を特定せず策定する地震動として、「2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム[右岸地山])」、「2008年岩手・宮城内陸地震(K i K-n e t 金ヶ崎)」及び「2008年岩手・宮城内陸地震(K i K-n e t 一関東)」を採用する。

b. 2000年鳥取県西部地震

2000年鳥取県西部地震は、西北西-東南東の圧縮応力による横ずれ断層の地震とされている。岡田(2002)⁵⁶⁾によれば、震源域周辺に活断層は記載されておらず、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としている。井上ほか(2002)⁵⁷⁾によれば、震源域付近の地質・地質構造は、白亜紀から古第三紀の花崗岩を主体とし、新第三紀中新世に貫入した安山岩～玄武岩質の岩脈が頻りに分布していることが示されており、これら岩脈の特徴として、貫入方向が今回の震源断層に平行である北西-南東方向であることが挙げられている。また、第四系の分布・地形面の発達状況は、明瞭な断層変位基準の少ない地域である。

一方、敷地周辺は、東西圧縮応力による逆断層として、出戸西方断層等が認められる地域であり、地形・地質調査等から、活断層の認定が可能である。敷地周辺の地質・地質構造は、主に新第三系中新統の泊層、鷹架層や第四系中部～上部更新統の段丘堆積層等が分布し、大規模な岩脈の分布は認められない。また、断層変位基準となる海成段丘面が広く認められる地域である。

なお、2000年鳥取県西部地震震源域と敷地周辺の地震地体構造は、全ての文献において異なる地震地体構造区分とされている。

以上より、2000年鳥取県西部地震震源域と敷地周辺地域とは活断層の特徴、地質・地質構造等に地域差が認められると判断されることから、2000年鳥取県西部地震は観測記録収集対象外とする。

(2) M_w 6.5未満の地震

第6-16表に示した検討対象地震のうち、 M_w 6.5未満の14地震について、震源近傍の観測記録を収集して、その地震動レベルを整理した。

その結果、加藤ほか(2004)⁵⁴⁾を一部周期帯で上回る地震観測記録として2004年北海道留萌支庁南部地震、2013年栃木県北部地震、2011年茨城県北部地震、2011年和歌山県北部地震及び2011年長野県北部地震の観測記録を抽出した。

抽出した観測記録のうち、2013年栃木県北部地震、2011年茨城県北部地震、2011年和歌山県北部地震及び2011年長野県北部地震については、記録の再現が可能な地盤モデルが構築できず、基盤地震動の評価が困難であることから、震源を特定せず策定する地震動に考慮しない。

一方、2004年北海道留萌支庁南部地震については、震源近傍のK-NE T港町観測点において、佐藤ほか(2013)⁵⁸⁾が詳細な地盤調査に基づいて基盤地震動の推定を行っており、信頼性の高い基盤地震動が得られていることから、これらを参考に地下構造モデルを設定し、基盤地震動を評価する。この基盤地震動に保守性を考慮し、震源を特定せず策定する地震動として「2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NE T港町)」を採用する。

(3) 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル

震源を特定せず策定する地震動として採用した「2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム[右岸地山])」、「2008年岩手・宮城内陸地震(K i K - n e t 金ヶ崎)」, 「2008年岩手・宮城内陸地震(K i K - n e t 一関東)」及び「2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NE T港町)」の応答スペクトルを第6-31図に示す。

6.3 基準地震動 S_s

「6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「6.2 震源を特定せず策定する地震動」の評価結果に基づき、基準地震動 S_s を策定する。

6.3.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 S_s

(1) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 S_s

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 S_s は、設計用応答スペクトルに適合する設計用模擬地震波により表すものとする。

a. 設計用応答スペクトル

「6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」において応答スペクトルに基づく手法により評価した検討用地震の基本モデル及び不確かさケースの地震動評価結果を第6-32図に示す。これらを上回るように設定した $S_s - A_H$ の設計用応答スペクトルを第6-32図(1)に、 $S_s - A_V$ の設計用応答スペクトルを第6-32図(2)に示す。

$S_s - A_H$ 及び $S_s - A_V$ 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第6-17表に示す。

b. 設計用模擬地震波

基準地震動 $S_s - A_H$ 及び $S_s - A_V$ の設計用模擬地震波は $S_s - A_H$ 及び $S_s - A_V$ の設計用応答スペクトルに適合するように作成し、地震動の振幅包絡線の経時的变化に基づいて、正弦波の重ね合わせによって作成する。基準地震動 $S_s - A_H$ 及び $S_s - A_V$ の設計用模擬地震波の継続時間と振幅包絡線は第6-33図の形状とし、振幅包絡線の経時的变化を第6-18表に示す。

基準地震動 $S_s - A_H$ 及び $S_s - A_V$ の設計用模擬地震波の作成結果を第6-19表に、設計用応答スペクトルに対する設計用模擬地震波の応答スペクトルの比を第6-34図に示す。策定した基準地震動 $S_s - A_H$ 及び $S_s - A_V$ の設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形を第6-35図に示す。

(2) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における断層モデルを用いた手法による地震動評価結果について、基準地震動 $S_s - A$ の設計用応答スペクトルを一部周期帯で上回るケースのうち、第6-20表に示す5ケースを基準地震動 $S_s - B_1$, $S_s - B_2$, $S_s - B_3$, $S_s - B_4$ 及び $S_s - B_5$ として設定した。その応答スペクトルを第6-36図に、加速度時刻歴波形を第6-37図に示す。

なお、基準地震動 $S_s - B_1 \sim B_5$ については、建物・構築物への入力地震動を評価する際に、プラントノース(真北に対し、時計回りに 13° の方向)あるいは建物・構築物に応じた適切な方位に変換を行う。

6.3.2 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 S_s

「震源を特定せず策定する地震動」は基準地震動 $S_s - A$ の設計用応答スペクトルを一部周期帯で上回ることから、第6-21表に示す4波を基準地震動 $S_s - C_1$, $S_s - C_2$, $S_s - C_3$ 及び $S_s - C_4$ (水平方向のみ)として設定した。その応答スペクトルを第6-38図に、加速度時刻歴波形を第6-39図に示す。

6.4 基準地震動 S_s の年超過確率

日本原子力学会(2007)⁵⁹⁾に基づいて算定した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと基準地震動 S_s の応答スペクトルを比較する。

震源については、地震発生様式ごとに「特定震源モデルに基づく評価」及び「領域震源モデルに基づく評価」に分けて考慮することとし、確率論的地震ハザードに大きな影響を及ぼす認識論的不確かさを選定し、ロジックツリーを作成する。ロジックツリーは、地震調査委員会(2013)⁴³⁾の考え方にに基づき作成する。

地震調査委員会(2013)⁴³⁾では、「領域震源モデルに基づく評価」に用いる各領域の地震規模の設定に当たり、「モデル1」及び「モデル2」の2つの考え方を示しており、「モデル1」においては地震調査委員会(2012)¹⁷⁾で用いられている各領域の地震規模を用い、「モデル2」においては地震規模が確率論的地震ハザード評価に与える影響を検討するために、各領域に「モデル1」より大きな地震規模を用いている。敷地での確率論的地震ハザード評価における「領域震源モデルに基づく評価」では、「モデル1」に加え「モデル2」についてもロジックツリーの分岐として考慮する。

設定したロジックツリーを第6-40図に示す。また、特定震源モデルのうち、出戸西方断層以外の断層による地震において評価対象とする活断層の諸元を第6-22表に、領域震源におけるロジックツリーの分岐ごとの最大地震規模を第6-23表に示す。

なお、プレート間地震及び海洋プレート内地震の長期評価に関する地震調査委員会(2019)⁸⁸⁾の知見があるが、本知見における地震規模及び発生間隔は、敷地での確率論的地震ハザード評価における設定と同等もしくは包絡されるものであることから、敷地での確率論的地震ハザード評価に影響はない。

基準地震動 $S_s - A$ 及び $S_s - B 1 \sim B 5$ の応答スペクトルと年超過確率ごとの一樣ハザードスペクトルの比較を第6-41図に示す。基準地震動 $S_s - A$ 及び $S_s - B 1 \sim B 5$ の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度である。

また、「震源を特定せず策定する地震動」に基づき設定した基準地震動 $S_s - C 1 \sim C 4$ の応答スペクトルと内陸地殻内地震の領域震源による一樣ハザードスペクトルの比較を第6-42図に示す。基準地震動 $S_s - C 1 \sim C 4$ の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。

6.5 建屋底面位置における地震動評価

耐震重要施設等及び常設重大事故等対処施設の耐震設計では、建屋底面位置における地震動を評価する必要がある。その際、解放基盤表面以浅については、 $f-1$ 断層及び $f-2$ 断層を境界として敷地内で地質構造が異なることから、「中央地盤」、 「西側地盤」及び「東側地盤」の3つの領域ごとに、解放基盤表面以浅の地盤モデルを作成する。解放基盤表面以浅の地盤モデルを第6-24表に示す。

耐震重要施設等及び常設重大事故等対処施設のうち、「西側地盤」に位置している「第1ガラス固化体貯蔵建屋」、 「中央地盤」に位置している「前処理建屋」及び「東側地盤」に位置している「ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋」の基準地震動 S_s による建屋底面位置での地震動の加速度波形、基準地震動 S_s との応答スペクトルによる比較、解放基盤表面～建屋底面位置間の地震動の最大加速度分布及び最

大せん断ひずみ分布を第6-43図に示す。解放基盤表面～建屋底面位置間において、基準地震動 S_s に特異な増幅はなく、地盤に顕著なせん断ひずみも認められない。

7. 弾性設計用地震動 S d

7.1 設定根拠

弾性設計用地震動は、基準地震動との応答スペクトルの比率の値が目安として0.5を下回らないよう基準地震動に係数を乗じて設定する。

ここで、基準地震動に乗じる係数は、工学的判断として、再処理施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率に対応する値とする。さらに、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」を踏まえ、弾性設計用地震動については、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(昭和56年7月20日原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂)」に基づく基準地震動 S 1 が設計上果たしてきた役割を一部担うものであることとされていることから、応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動 S s - A に乗ずる係数は、旧申請書における再処理施設の基準地震動 S 1 の応答スペクトルを下回らないよう配慮した値とする。

具体的には、工学的判断により、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち基準地震動 S s - B 1 ~ B 5 及び震源を特定せず策定する地震動のうち基準地震動 S s - C 1 ~ C 4 に対して係数0.5を乗じた地震動、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち基準地震動 S s - A に対しては、基準地震動 S 1 を上回るよう係数0.52を乗じた地震動を弾性設計用地震動として設定する。

また、建物・構築物及び機器・配管系共に同じ値を採用することで、弾性設計用地震動 S d に対する設計に一貫性をとる。なお、JEAG4601の S 1 及び S 2 を S d 及び S s に置き換えて評価を実施する。

第7-1図に S d - A と S d - B 1 ~ B 5 及び S d - C 1 ~ C 4 の応答スペクトルを示す。また、弾性設計用地震動 S d - A と S d - B 1 ~ B 5 及び S d - C 1 ~ C 4 の加速度時刻歴波形を第7-2図に、最大加速度を第7-1表に示す。なお、弾性設計用地震動 S d - B 1 ~ B 5 については、建物・構築物への入力地震動を評価する際に、プラントノース(真北に対し、時計回りに13°の方向)あるいは建物・構築物に応じた適切な方位に変換を行う。さらに、旧耐震指針における基準地震動 S 1 とそれに相当する弾性設計用地震動 S d - A の比較を第7-3図に、弾性設計用地震動 S d の応答スペクトルと敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を第7-4図に示す。

7.2 安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率について

再処理施設の弾性設計用地震動 S d を策定するうえで基準地震動 S s に乗じる倍率は、原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対応する入力荷重の比率が0.5程度であるという知見を踏まえて設定している。

JEAC4601-2008において、原子炉建屋を対象とした解析的検討により、原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率に関する検討結果が示されている。解析的検討においては、原子炉建屋を2質点系の簡易な S R モデルに置換し、入力地震動を順次増加して非線形地震応答解析を実施し、基準地震動 S s の許容限界であるせん断ひずみ度 2.0×10^{-3} 時の入力地震動に対して、その1/2の入力地震動に対応するスケルトン上の点を求めている。第7-5図に示す検討結果のとおり、基準地震動 S s の許容限界であるせん断ひずみ度 2.0×10^{-3} 時の入力地震動の1/2の入力地震動に対応するス

ケルトン上の点は、おおむね第1折れ点と第2折れ点の間にあり、おおむね弾性状態と考えられる範囲にある。このことから、安全機能限界と弾性限界に対応する入力荷重の比率の目安値を0.5とすることは妥当とされている。

上記の知見は、原子炉建屋における検討に基づく知見であるが、再処理施設と原子炉施設を比較すると、建屋の支持地盤の物性値、使用材料、構造種別については、いずれも原子炉施設と同等もしくはそれ以上の設計となっていることから、復元力特性上、弾性限界と終局状態における建物の状態は同等の設計となっている。また、保有ベースシア係数を比較すると、再処理施設は、非線形領域における応力-ひずみ関係も考慮された終局耐力についても原子炉施設と同等の設計となっている。

以上のことから、建物の弾性限界と終局状態における建物の状態については、原子炉施設と再処理施設は同等の設計がなされていることから、再処理施設の機能維持限界に対する弾性限界の比率については、原子炉施設における知見を適用することとする。

8. 参考文献一覧

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会編. 日本の地震活動：-被害地震から見た地域別の特徴-. 第2版, 財団法人地震予知総合研究振興会, 2009.
- 2) 文部省震災予防評議会編. 増訂 大日本地震史料. 第一巻～第三巻, 鳴鳳社, 1941-1943.
- 3) 武者金吉. 日本地震史料. 毎日新聞社, 1951.
- 4) 東京大学地震研究所編. 新収 日本地震史料. 東京大学地震研究所. 第一巻～第五巻, 補遺, 続補遺, 1981-1993.
- 5) 宇佐美龍夫編. 日本の歴史地震史料. 拾遺, 拾遺別巻, 拾遺二, 拾遺三, 1998-2005.
- 6) 国立天文台編. 理科年表. 平成28年版, 丸善, 2015.
- 7) 宇佐美龍夫. 日本被害地震総覧599-2012. 東京大学出版会, 2013.
- 8) 宇佐美龍夫. Study of Historical Earthquakes in Japan. 1979, 東京大学地震研究所彙報, vol. 54.
- 9) 宇津徳治. 日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885年～1980年. 1982, 東京大学地震研究所彙報, vol. 57.
- 10) 気象庁. 「地震年報」等. 1951-2015.7.
- 11) 宇津徳治. 地震活動総説. 東京大学出版会, 1999.
- 12) 青森県. 青森県大震災の記録：-昭和43年の十勝沖地震-. 1969.
- 13) 気象庁. 災害時地震・津波速報：平成6年(1994年)三陸はるか沖地震. 1995.
- 14) 気象庁, 消防庁. 震度に関する検討会報告書, 平成21年3月. 2009.
- 15) 村松郁栄. 震度分布と地震のマグニチュードとの関係. 1969, 岐阜大学教育学部研究報告, no. 4.
- 16) 勝又護, 徳永規一. 震度IVの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応. 1971, 験震時報, vol. 36.
- 17) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について. 2012.
- 18) 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.
- 19) Masahiro Kosuga ; Tamao Sato ; Akira Hasegawa ; Toru Matsuzawa ; Sadaomi Suzuki ; Yoshinobu Motoya. Spatial distribution of intermediate-depth earthquakes with horizontal or vertical nodal planes beneath northeastern Japan. 1996, Physics of the Earth and Planetary Interiors 93.
- 20) 迫田浩司, 岡田知己, 菅ノ又淳一, 長谷川昭. 2003年5月26日宮城県沖地震(M7.1)と二重深発地震面上面の地震活動：-スラブ内大地震震源域における地震活動の特徴抽出-. 2004, 地震第2輯, vol. 57.
- 21) Saeko Kita ; Tomomi Okada ; Akira Hasegawa ; Junichi Nakajima ; Toru Matsuzawa. Existence of interplane earthquakes and neutral stress boundary between the upper and lower planes of the double seismic zone beneath Tohoku and Hokkaido, northeastern Japan. 2010, Tectonophysics 496.
- 22) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 全国地震動予測地図：-地図を見て私の街の揺れを知る-. 2010.

- 23) DAVID M. BOORE. STOCHASTIC SIMULATION OF HIGH-FREQUENCY GROUND MOTIONS BASED ON SEISMOLOGICAL MODELS OF THE RADIATED SPECTRA. 1983. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 73, no. 6.
- 24) 入倉孝次郎, 香川敬生, 関口春子. 経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良. 1997, 日本地震学会講演予稿集.
- 25) 梅田尚子, 小林喜久二. 地震記録の逆解析による地下構造推定手法の適用性に関する検討. 2010, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造II.
- 26) 小林喜久二, 久家英夫, 植竹富一, 真下貢, 小林啓美. 伝達関数の多地点同時逆解析による地盤減衰の推定: その3 Q値の基本式に関する検討. 1999, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B2, 構造II.
- 27) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 三陸沖北部の地震を想定した強震動評価. 2004.
- 28) Tetsuo Seno ; Masaki Yoshida. Where and why do large shallow intraslab earthquakes occur ?. 2004, Physics of the Earth and Planetary Interiors 141.
- 29) 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. 2002, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Oct.16-18, Istanbul.
- 30) 松田時彦. 活断層から発生する地震の規模と周期について. 1975, 地震第2輯, vol. 28.
- 31) 原子力安全基盤機構. 平成15年度 地震記録データベースSANDELのデータ整備と地震発生上下限層深さの評価に関する報告書. 2004, JNES/SAE04-0017.
- 32) 長谷川昭, 中島淳一, 海野徳仁, 三浦哲, 諏訪謡子. 東北日本弧における地殻の変形と内陸地震の発生様式. 2004, 地震第2輯, vol. 56.
- 33) Akiko Tanaka ; Yuzo Ishikawa. Crustal thermal regime inferred from magnetic anomaly data and its relationship to seismogenic layer thickness : The Japanese islands case study. 2005, Physics of the Earth and Planetary Interiors, vol. 152.
- 34) 大久保泰邦. 全国のキュリー点解析結果. 1984, 地質ニュース, no. 362.
- 35) Kojiro Irikura. PREDICTION OF STRONG ACCELERATION MOTIONS USING EMPIRICAL GREEN'S FUNCTION. 1986, 第7回日本地震工学シンポジウム.
- 36) 壇一男, 佐藤俊明. 断層の非一様すべり破壊を考慮した半経験的波形合成法による強震動予測. 1991, 日本建築学会構造系論文集, no. 509.
- 37) 釜江克弘, 入倉孝次郎, 福知保長. 地震のスケーリング則に基づいた大地震時の強震動予測: 統計的波形合成法による予測. 1991, 日本建築学会構造系論文集, no. 430.
- 38) 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ビに基づく東北地方太平洋沖巨大地震の強震動の再現. 2013, 日本地震工学会第10回年次大会梗概集.

- 39) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第二版). 2004.
- 40) 笹谷努, 森川信之, 前田宜浩. スラブ内地震の震源特性. 2006, 北海道大学地球物理学研究報告, no. 69.
- 41) Junichi Nakajima ; Akira Hasegawa ; Saeko Kita. Seismic evidence for reactivation of a buried hydrated fault in the Pacific slab by the 2011 M9.0 Tohoku earthquake. 2011, Geophysical Research Letters, vol. 38.
- 42) 原田怜, 釜江克宏. 2011年4月7日宮城県沖のスラブ内地震の震源のモデル化. 2011, http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/jishin/eq/tohoku2/20110407miyagioki_slab.pdf(参照 2011-06-02)
- 43) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 今後の地震動ハザード評価に関する検討: ~2013年における検討結果~. 2013.
- 44) 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」). 2009.
- 45) Tatsuo Kanno ; Akira Narita ; Nobuyuki Morikawa ; Hiroyuki Fujikawa ; Yoshimitsu Fukushima. A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data. 2006, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 96, no. 3.
- 46) Jhon X. Zhao ; Jian Zhang ; Akihiro Asano ; Yuki Ohno ; Taishi Oouchi ; Toshimasa Takahashi ; Hiroshi Ogawa ; Kojiro Irikura ; Hong K. Thio ; Paul G. Somerville ; Yasuhiro Fukushima ; Yoshimitsu Fukushima. Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period. 2006, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 96, no. 3.
- 47) 内山泰生, 翠川三郎. 震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式. 2006, 日本建築学会構造系論文集, no. 606.
- 48) 片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊輔, 日下部毅明. 短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式. 2006, 土木学会論文集A, vol. 62, no. 4.
- 49) Norman A. Abrahamson ; Walter J. Silva ; Ronnie Kamai. Summary of the ASK14 Ground Motion Relation for Active Crustal Regions. 2014, Earthquake Spectra, vol. 30, no. 3.
- 50) David M. Boore ; Jonathan P. Stewart ; Emel Seyhan ; Gail M. Atkinson. NGA-West2 Equations for Predicting PGA, PGV, and 5% Damped PSA for Shallow Crustal Earthquakes. 2014, Earthquake Spectra, vol. 30, no. 3.
- 51) Kenneth W. Campbell ; Yousef Bozorgnia. NGA-West2 Ground Motion Model for the Average Horizontal Components of PGA, PGV, and 5% Damped Linear Acceleration Response Spectra. 2014, Earthquake Spectra, vol. 30, no. 3.
- 52) Brian S. -J. Chiou ; Robert R. Youngs. Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra. 2014, Earthquake Spectra, vol. 30, no. 3.

- 53) I. M. Idriss. An NGA-West2 Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated by Shallow Crustal Earthquakes. 2014, Earthquake Spectra, vol. 30, no. 3.
- 54) 加藤研一, 宮腰勝義, 武村雅之, 井上大栄, 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-. 2004, 日本地震工学会論文集, vol. 4, no. 4.
- 55) 産業技術総合研究所. 地質学的歪みと測地学的歪みの集中域と地震との関係. 2009, 地震予知連絡会会報, vol. 81.
- 56) 岡田篤正. 山陰地方の活断層の諸特徴. 2002, 活断層研究, no. 22.
- 57) 井上大栄, 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. 2002, 地震第2輯, vol. 54.
- 58) 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年留萌支庁南部地震の地震によるK-NET港町観測点(HKD020)の基盤地震動とサイト特性評価. 2013, 電力中央研究所報告.
- 59) 日本原子力学会. 日本原子力学会標準 原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準: 2007. 2007.
- 60) 長谷川昭, 海野徳仁, 高木章雄, 鈴木貞臣, 本谷義信, 亀谷悟, 田中和夫, 澤田義博. 北海道および東北地方における微小地震の震源分布: -広域の験震データの併合処理-. 1983, 地震第2輯, vol. 36.
- 61) 佐藤良輔, 阿部勝征, 岡田義光, 島崎邦彦, 鈴木保典. 日本の地震断層パラメター・ハンドブック. 1989, 鹿島出版会.
- 62) Paul Somerville ; Kojiro Irikura ; Robert Graves ; Sumio Sawada ; David Wald ; Norman Abrahamson ; Yoshinori Iwasaki ; Takao Kanagawa ; Nancy Smith ; Akira Kowada. Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion. 1999, Seismological Research Letters, vol. 70.
- 63) 佐藤智美, 巽誉樹. 全国の強震記録に基づく内陸地震と海溝性地震の震源・伝播・サイト特性. 2002, 日本建築学会構造系論文集, vol. 556.
- 64) ROBERT J. GELLER. SCALING RELATIONS FOR EARTHQUAKE SOURCE PARAMETERS AND MAGNITUDES. 1976. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 66, no. 5.
- 65) 浅野公之, 岩田知孝, 入倉孝次郎. 2003年5月26日に宮城県沖で発生したスラブ内地震の震源モデルと強震動シミュレーション. 2004, 地震第2輯, vol. 57.
- 66) 武村雅之. 日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係. 1990, 地震第2輯, vol. 43.
- 67) 入倉孝次郎, 三宅弘恵. シナリオ地震の強震動予測. 2001, 地学雑誌, vol. 110.
- 68) 物理探査学会. 図解物理探査. 1989.
- 69) 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透. 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震測のための震源断層のモデル化. 2001, 日本建築学会構造系論文集, vol. 545.

- 70) 鶴来雅人, 田居優, 入倉孝次郎, 古和田明. 経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討. 1997, 地震第2輯, vol. 50.
- 71) Hiroo Kanamori. The Energy Release in Great Earthquakes. 1977, Journal of Geophysical Research, vol. 82.
- 72) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 「全国を概観した地震動予測地図」報告書. 2005.
- 73) 武村雅之. 日本列島における地殻内地震のスケーリング則: 地震断層の影響および地震被害との関連. 1998, 地震第2輯, vol. 51.
- 74) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 青森県西岸断層帯の長期評価について. 2004.
- 75) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 津軽山地西縁断層帯の長期評価について. 2004.
- 76) 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」). 2016.
- 77) 岩田知孝, 入倉孝次郎. 観測された地震波から, 震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み. 1986, 地震第2輯, vol. 39.
- 78) 入倉孝次郎. 海溝型巨大地震の強震動予測のための震源モデルの構築. 2012, 第40回地盤震動シンポジウム.
- 79) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所. 広域帯地震観測網 F-net. <http://www.fnet.bosai.go.jp>, (参照 2016-12-26).
- 80) 田島礼子, 松元康広, 司宏俊, 入倉孝次郎. 内陸地殻内および沈み込みプレート境界で発生する巨大地震の震源パラメータに関するスケーリング則の比較研究. 2013, 地震第2輯, vol. 66.
- 81) Susumu Kurahashi ; Kojiro Irikura. Short-Period Source Model of the 2011 MW 9.0 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake. 2013, Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 103, no. 2B.
- 82) Kimiyuki Asano ; Tomotaka Iwata. Source model for strong ground motion generation in the frequency range 0.1-10 Hz during the 2011 Tohoku earthquake. 2012, Earth Planets Space, vol. 64.
- 83) 佐藤智美. 経験的グリーン関数法に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル: プレート境界地震の短周期レベルに着目して-. 2012, 日本建築学会構造系論文集, vol. 77, no. 675.
- 84) 川辺秀憲, 釜江克弘. 2011年東北地方太平洋沖地震の震源のモデル化. 2013, 日本地震工学会論文集, vol. 13, no. 2.
- 85) 佐藤智美. 中小地震の応力降下量の断層タイプ・震源深さ依存性及び地域性に関する研究. 2003, 土木学会地震工学論文集, vol. 27.
- 86) 佐藤智美. 逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則. 2010, 日本建築学会構造系論文集, vol. 75, no. 651.
- 87) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版). 地震調査研究推進本部, 2017.

- 88) 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 日本海溝沿いの地震活動の長期評価. 地震調査研究推進本部, 2019.

新 R ① JN 耐技 IV 00136 B

第3-1表 敷地周辺の被害地震

No.	年・月・日	北緯	東経	マグニ チュード M	震央距離 △ (km)	地名
1	830. 2. 3	39.8°	140.1°	7.3	166	出羽
2	1423. 11. 23	39.5°	140.5°	6.5	177	羽後
3	1667. 8. 22	40.6°	141.6°	6.2	46	八戸
4	1674. 4. 15	40.6°	141.6°	6.0	46	八戸
5	1677. 4. 13	41.0°	142.25°	7.4	77	陸中
6	1694. 6. 19	40.2°	140.1°	7.0	134	能代地方
7	1704. 5. 27	40.4°	140.0°	7.0	129	羽後・津軽
8	1712. 5. 28	40.5°	141.5°	5.3	53	八戸
9	1763. 1. 29	41.0°	142.25°	7.4	77	陸奥八戸
10	1763. 3. 11	41.0°	142.0°	7 1/4	56	陸奥八戸
11	1763. 3. 15	41.0°	142.0°	7.0	56	陸奥八戸
12	1766. 3. 8	40.7°	140.5°	7 1/4	76	津軽
13	1769. 7. 12	40.6°	141.6°	6.5	46	八戸
14	1772. 6. 3	39.35°	141.9°	6 3/4	185	陸前・陸中
15	1793. 2. 8	40.85°	139.95°	7.0	117	西津軽
16	1810. 9. 25	39.9°	139.9°	6.5	169	羽後
17	1823. 9. 29	40.0°	141.1°	5.9	108	陸中岩手山
18	1832. 3. 15	40.7°	141.6°	6.5	37	八戸
19	1843. 6. 29	39.45°	140.7°	5.5	176	陸中沢内
20	1848. 1. 14	40.7°	140.6°	6.0	68	津軽
21	1854. 8. 28	40.6°	141.6°	6.5	46	陸奥
22	1856. 8. 23	41.0°	142.5°	7.5	98	日高・胆振・渡島・津軽・南部
23	1858. 7. 8	40.75°	142.0°	7.3	61	八戸・三戸
24	1858. 9. 29	40.9°	140.8°	6.0	45	青森
25	1896. 8. 31	39.5°	140.7°	7.2	171	秋田・岩手県境 (陸羽地震)
26	1901. 8. 9	40.5°	142.5°	7.2	111	青森県東方沖
27	1901. 8. 10	40.6°	142.3°	7.4	91	青森県東方沖

(つづき)

No.	年・月・日	北緯	東経	マグニ チュード M	震央距離 △ (km)	地名
28	1901. 9. 30	40.2°	141.9°	6.9	97	岩手県久慈沖
29	1902. 1. 30	40.5°	141.3°	7.0	51	三戸地方
30	1906. 10. 12	40.0°	140.5°	5.4	128	秋田県北部
31	1907. 12. 2	40.1°	142.3°	6.7	126	青森県東方沖
32	1909. 9. 17	42.0°	142.0°	6.8	128	襟裳岬沖
33	1910. 7. 24	42.5°	140.9°	5.1	175	有珠山
34	1912. 6. 8	40.5°	142.0°	6.6	76	青森県東方沖
35	1913. 2. 20	41.8°	142.3°	6.9	124	日高沖
36	1913. 8. 1	41.8°	142.5°	5.7	135	浦河沖
37	1914. 3. 15	39.5°	140.4°	7.1	180	秋田県仙北郡 (秋田仙北地震)
38	1928. 5. 27	40° 3.7'	142° 58.4'	7.0	171	三陸沖
39	1931. 2. 17	42° 7.3'	143° 6.2'	6.8	196	浦河付近
40	1931. 3. 9	40° 9.3'	143° 19.9'	7.2	191	青森県南東沖
41	1931. 11. 4	39° 28.9'	141° 50.4'	6.5	170	岩手県小国付近
42	1932. 11. 26	42° 21.4'	142° 28.0'	6.9	182	新冠川流域
43	1939. 5. 1	39° 56.8'	139° 47.2'	6.8	173	男鹿半島 (男鹿地震)
44	1943. 6. 13	40° 59.7'	142° 49.6'	7.1	126	八戸東方沖
45	1945. 2. 10	40° 56.8'	142° 22.5'	7.1	88	八戸北東沖
46	1951. 10. 18	41° 20.1'	142° 7.7'	6.6	79	青森県北東沖
47	1952. 3. 4	41° 42.3'	144° 9.1'	8.2	250	十勝沖 (十勝沖地震)
48	1952. 3. 10	41° 44.7'	143° 26.0'	6.9	196	十勝沖
49	1953. 7. 14	42° 4.5'	139° 54.9'	5.1	171	檜山沖
50	1955. 10. 19	40° 17.3'	140° 13.7'	5.9	119	米代川下流 (二ツ井地震)
51	1957. 3. 1	40° 12.4'	140° 19.0'	4.3	120	秋田県北部
52	1968. 5. 16	40° 42.0'	143° 35.7'	7.9	193	青森県東方沖 (1968年十勝沖地震)

(つづき)

No.	年・月・日	北緯	東経	マグニ チュード M	震央距離 △ (km)	地名
53	1968. 9. 21	41° 59.1'	142° 45.7'	6.8	165	浦河沖
54	1968. 10. 8	41° 51.7'	142° 39.2'	6.2	149	浦河沖
55	1974. 9. 4	40° 12.1'	141° 54.7'	5.6	98	岩手県北岸
56	1974. 11. 9	42° 32.5'	141° 45.5'	6.3	179	苫小牧付近
57	1978. 5. 16	40° 57'	141° 28'	5.8	11	青森県東岸
58	1978. 5. 16	40° 56'	141° 27'	5.8	10	青森県東岸
59	1981. 1. 23	42° 25'	142° 12'	6.9	177	日高支庁西部
60	1981. 12. 2	40° 53'	142° 36'	6.2	107	青森県東方沖
61	1982. 1. 8	40° 1'	140° 29'	5.2	127	秋田県中部
62	1982. 3. 21	42° 4'	142° 36'	7.1	162	浦河沖
63	1983. 5. 26	40° 21.6'	139° 4.4'	7.7	202	秋田県沖 (1983年(昭和58年) 日本海中部地震)
64	1986. 5. 26	40° 5.1'	141° 12.1'	5.0	98	岩手県北部
65	1986. 8. 10	40° 40.9'	140° 48.7'	4.8	54	青森県南部
66	1987. 1. 9	39° 50.2'	141° 46.6'	6.6	130	岩手県北部
67	1989. 11. 2	39° 51.5'	143° 3.2'	7.1	191	三陸はるか沖
68	1993. 7. 12	42° 46.9'	139° 10.8'	7.8	270	北海道南西沖 (1993年(平成5年) 北海道南西沖地震)
69	1994. 12. 28	40° 25.8'	143° 44.7'	7.6	212	三陸はるか沖 (1994年(平成6年) 三陸はるか沖地震)
70	1998. 9. 3	39° 48.4'	140° 54.1'	6.2	133	雫石付近
71	2001. 8. 14	40° 59.7'	142° 26.2'	6.4	93	青森県東方沖
72	2001. 12. 2	39° 23.9'	141° 15.8'	6.4	173	岩手県内陸南部
73	2003. 9. 26	41° 46.7'	144° 4.7'	8.0	247	釧路沖 (2003年(平成15年)十勝沖地震)
74	2004. 8. 10	39° 40.4'	142° 7.9'	5.8	158	岩手県沖
75	2008. 6. 14	39° 1.8'	140° 52.8'	7.2	218	岩手県内陸南部 (2008年(平成20年) 岩手・宮城内陸地震)
76	2008. 7. 24	39° 43.9'	141° 38.1'	6.8	139	岩手県沿岸北部

(つづき)

No.	年・月・日	北緯	東経	マグニ チュード M	震央距離 △ (km)	地名
77	2011. 4. 1	40° 15.4'	140° 21.8'	5.0	113	秋田県内陸北部
78	2011. 4. 19	39° 36.2'	140° 23.2'	4.9	171	秋田県内陸南部
79	2011. 6. 23	39° 56.9'	142° 35.5'	6.9	155	岩手県沖
80	2011. 9. 7	42° 15.6'	142° 35.4'	5.1	179	日高地方中部
81	2011. 11. 24	41° 45.0'	142° 53.2'	6.2	157	浦河沖
82	2012. 3. 27	39° 48.4'	142° 20.0'	6.6	154	岩手県沖
83	2012. 5. 24	41° 20.6'	142° 7.4'	6.1	79	青森県東方沖
84	2012. 8. 30	38° 24.5'	141° 54.9'	5.6	288	宮城県沖
85	2013. 2. 2	42° 42.1'	143° 13.7'	6.5	250	十勝地方南部
86	2015. 5. 13	38° 51.8'	142° 9.0'	6.8	243	宮城県沖
87	2015. 7. 10	40° 21.2'	141° 33.6'	5.7	70	岩手県内陸北部

第3-2表 地震カタログ間の比較

M: マグニチュード
 Δ: 震央距離 (km)

(地震諸元に幅のあるものについては、中央値を用いている。)

地震番号 (年月日)	⁽⁷⁾ 日本被害地震総覧 ⁽⁹⁾ 宇津カタログ(1982) ⁽¹⁰⁾ 気象庁地震カタログ			⁽⁶⁾ 理科年表			⁽⁸⁾ 宇佐美カタログ(1979)		
	M	東 経 北 緯	Δ	M	東 経 北 緯	Δ	M	東 経 北 緯	Δ
130* (1677. 4. 13)	7. 4	142. 25° 41. 0°	77	7. 9	142. 3° 40. 5°	96	8. 1	144. 0° 40. 0°	250
192* (1763. 1. 29)	7. 4	142. 25° 41. 0°	77	7. 4	142. 3° 41. 0°	82	7. 4	142. 5° 41. 0°	98
193* (1763. 3. 11)	7 1/4	142. 0° 41. 0°	56	7. 3	142. 0° 41. 0°	56	7. 75	143. 5° 40. 5°	190
464* (1931. 3. 9)	7. 2	143° 19. 9' 40° 9. 3'	191	—	—	—	7. 6	142. 5° 41. 2°	102
508* (1945. 2. 10)	7. 1	142° 22. 5' 40° 56. 8'	88	7. 1	142. 4° 40. 9°	90	7. 3	142. 1° 40. 9°	65

*印がついた地震は津波を伴った地震。地震番号は日本被害地震総覧⁽⁷⁾による。

第3-3表 敷地周辺の主な活断層の諸元

断層名		断層長さ (km)		マグニチュード M	震央距離 (km) ^{※3}
陸域	出戸西方断層	11		-	8
	横浜断層	15		6.8 ^{※1}	17
	上原子断層	5	連動 考慮 51	7.7 ^{※1}	43
	七戸西方断層	46			
	折爪断層	53		7.7 ^{※1}	71
	青森湾西岸断層帯	31		7.3 ^{※2}	57
	津軽山地 西縁断層帯	北部	16		7.3 ^{※2}
南部		23		7.3 ^{※2}	67
海域	F-a断層	20		7.0 ^{※1}	63
	F-b断層	15		6.8 ^{※1}	64
	F-c断層	15		6.8 ^{※1}	38
	F-d断層	6		-	15

※1：断層長さから想定される地震のマグニチュード（松田⁽³⁰⁾(1975)による。）

※2：地震調査委員会⁽⁷⁴⁾（2004）⁽⁷⁵⁾における長期評価の値。ただし、評価に幅がある場合には、最大値を用いる。

※3：震央距離は、敷地から断層の中心までの距離

第5-1表(1) はぎとり地盤モデル (中央地盤)

標高 T. M. S. L. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数h※	
				h ₀	n
GL▽ 55.0					
53.0	2.0	470	1.94	0.3	0.8
51.5	1.5	470	1.94	0.3	0.8
50.0	1.5	560	1.94	0.3	0.8
37.0	13.0	720	1.64	0.5	0.5
35.0	2.0	720	1.64	0.5	0.5
-5.0	40.0	760	1.75	0.3	0.9
-65.0	60.0	830	1.85	0.3	0.9
解放基礎表面▼ -70.0	5.0	950	1.85	0.3	0.9
-145.0	75.0	950	1.85	0.3	0.9
	∞	950	1.85	0.3	0.9

※ $h = h_0 \cdot f^{-n}$

第5-1表(2) はぎとり地盤モデル (東側地盤)

標高 T. M. S. L. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数 h ※	
				h ₀	n
GL▽ 55.0					
53.0	2.0	140	1.58	0.3	0.2
47.0	6.0	140	1.58	0.3	0.2
44.0	3.0	350	1.78	0.3	0.8
37.0	7.0	380	1.69	0.3	0.8
29.0	8.0	380	1.69	0.3	0.8
5.0	24.0	750	1.69	0.2	0.9
-45.0	50.0	1020	1.69	0.2	0.9
-48.0	3.0	1020	1.69	0.2	0.9
解放基礎表面▼ -70.0	22.0	1170	1.78	0.2	0.9
-145.0	75.0	1170	1.78	0.2	0.9
	∞	1170	1.78	0.2	0.9

※ $h = h_0 \cdot f^{-n}$

第5-1表(3) はぎとり地盤モデル (西側地盤)

標高 T. M. S. L. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数 h ※	
				h ₀	n
GL▽ 55.0	0.6	70	1.78	0.2	0.3
54.4	1.4	250	1.78	0.2	0.3
53.0	9.0	250	1.78	0.2	0.3
44.0	7.0	420	1.86	0.2	1.0
37.0	4.0	420	1.86	0.2	1.0
33.0	6.0	560	1.86	0.2	1.0
27.0	72.0	620	1.57	0.2	1.0
-45.0	6.0	620	1.57	0.2	1.0
-51.0	19.0	790	1.57	0.1	1.0
解放基盤表面▼ -70.0	75.0	830	1.69	0.1	1.0
-145.0	∞	830	1.69	0.1	1.0

※ $h = h_0 \cdot f^{-n}$

第5-2表 観測地震

No.	発震日時 震源地又は地震名	震央位置 北緯 東経	マグニ チュード M	震源 深さ (km)	震央 距離 (km)	気象庁震度階級
1	1996. 2.17 23:35 青森県三八 上北地方	40° 46.7' 141° 22.8'	4.3	15	21	II : 青森市花園, 五所川原市太田, 八戸市湊町, むつ市大畑町 I : 七戸町天間館, むつ市金曲等
2	2002. 10.14 23:12 青森県東方沖	41° 9.1' 142° 16.9'	6.1	53	83	4 : 平内町小湊, 八戸市湊町, 五 戸町古館, むつ市金曲等 3 : 青森市花園, 六ヶ所村尾駸等 2 : 鯨ヶ沢町本町, 八戸市島守, 七戸町天間館等 1 : 五所川原市太田, 弘前市和田 町, 深浦町深浦等
3	2003. 5.26 18:24 宮城県沖	38° 49.3' 141° 39.0'	7.1	72	239	6弱 : 大船渡市大船渡町, 涌谷町新 町, 栗原市栗駒 5強 : 大船渡市猪川町, 花巻市大迫 町等 5弱 : 五戸町古館, 久慈市川崎町等 4 : 平内町小湊, 八戸市湊町, 八 戸市島守, むつ市金曲等 3 : 青森市花園, 六ヶ所村尾駸等 2 : 五所川原市太田, 深浦町深浦, むつ市大畑町等 1 : 八雲町上の湯, 余市町朝日町 等
4	2003. 9.26 4:50 2003年十勝沖地震	41° 46.7' 144° 4.7'	8.0	45	247	6弱 : 新ひだか町静内ときわ町, 浦 河町潮見, 厚岸町尾幌等 5強 : 足寄町上螺湾, 帯広市東4条 等 5弱 : 北見市公園町等 4 : 六ヶ所村尾駸等 3 : 深浦町深浦, 八戸市湊町等 2 : 弘前市和田町, 深浦町長慶平 等 1 : 柴田町船岡, 丸森町上滝等
5	2008. 7.24 00:26 岩手県沿岸北部	39° 43.9' 141° 38.1'	6.8	108	139	6強 : 岩手洋野町大野 6弱 : 五戸町古館等 5強 : 大船渡市大船渡町, 涌谷町新 町, 八戸市湊町等 5弱 : 釜石市只越町, 登米市中田町, 八戸市島守等 4 : 平内町小湊, むつ市金曲, 六 ヶ所村尾駸, 北上市柳原町等 3 : 青森市花園, 五所川原市栄町, むつ市大畑町等 2 : 五所川原市太田, 深浦町深浦, 深浦町長慶平等 1 : 札幌中央区北2条, 八雲町上 の湯, 柳津町大成沢等

(つづき)

No.	発震日時 震源地又は地震名	震央位置 北緯 東経	マグニ チュード M	震源 深さ (km)	震央 距離 (km)	気象庁震度階級
6	2011.3.11 14:46 2011年東北地方太平洋沖地震	38° 6.2' 142° 51.7'	M _w 9.0	24	343	7 : 栗原市築館 6強 : 大崎市古川三日町, 涌谷町新町, 浪江町幾世橋, 筑西市舟生等 6弱 : 大船渡市猪川町, 大船渡市大船渡町, 花巻市大迫町, 気仙沼市赤岩等 5強 : 五戸町古館等 5弱 : 宮古市鉾ヶ崎, 八幡平市大更, 山田町八幡町等 4 : 六ヶ所村尾駸, 八戸市湊町, むつ市金曲, 平内町小湊, 青森市花園, 八戸市島守, 五所川原市栄町等 3 : 弘前市和田町, 鱒ヶ沢町本町, 七戸町北天間館, 五所川原市太田, 深浦町深浦, 深浦町長慶平, むつ市大畑町等 2 : 岩内町清住, 旭川市宮前1条, 羽幌町南3条, 平取町仁世宇等
7	2011.4.7 23:32 宮城県沖	38° 12.3' 141° 55.2'	7.2	66	310	6強 : 栗原市若柳, 仙台宮城野区苦竹, 栗原市築館 6弱 : 大船渡市大船渡町, 大崎市古川三日町, 涌谷町新町, 仙台宮城野区五輪, 栗原市栗駒, 仙台青葉区大倉, 登米市中田町, 石巻市泉町, 松島町高城等 5強 : 大船渡市猪川町, 一関市大東町, 奥州市水沢区大鐘町, 北上市柳原町, 釜石市只越町, 気仙沼市赤岩, 南三陸町志津川, 柴田町船岡等 5弱 : 五戸町古館, 盛岡市山王町, 花巻市大迫町, 久慈市川崎町, 五城目町西磯ノ目, 石巻市大瓜等 4 : 八戸市湊町, むつ市金曲, 平内町小湊等 3 : 青森市花園, 八戸市島守, 六ヶ所村尾駸, 五所川原市栄町, 五所川原市太田, 弘前市和田町等 2 : 鱒ヶ沢町本町, 深浦町長慶平, 深浦町深浦, 七戸町北天間館, むつ市大畑町等 1 : 岩内町清住, 夕張市若菜, 上富良野町大町, 登別市鉾山等

第5-3表 地震波の到来方向の検討に用いた地震

No.	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード M	震央の 方位	見掛け 入射角 (°)
	日付	時刻	北緯	東経				
1	1992/ 8/ 8	23:52:02	42° 1'	142° 41'	46.4	5.2	北	74
2	1992/10/ 5	5:41:01	39° 46'	141° 9'	95.9	4.6	南	54
3	1992/12/28	1:21:02	38° 56'	142° 33'	33.5	5.9	南	82
4	1992/12/31	16:02:04	38° 56'	142° 33'	32.0	5.7	南	83
5	1992/12/31	16:26:00	38° 56'	142° 36'	29.8	5.8	南	83
6	1993/ 1/13	10:31:05	38° 54'	142° 34'	33.5	5.4	南	82
7	1993/ 3/ 5	15:55:00	42° 44'	141° 33'	142.4	4.9	北	54
8	1993/ 4/15	2:18:05	40° 9'	142° 22'	36.0	4.9	南	74
9	1993/ 5/ 6	3:21:03	39° 8'	141° 47'	106.1	5.4	南	63
10	1993/ 6/22	17:37:04	41° 29'	142° 1'	64.0	4.8	北	52
11	1993/ 7/12	22:17:01	42° 47'	139° 11'	35.1	7.8	北	83
12	1993/ 7/12	23:05:02	42° 0'	139° 17'	13.0	5.5	西	86
13	1993/ 7/13	1:01:01	42° 43'	139° 20'	28.8	6.0	北	84
14	1993/ 8/ 8	4:42:04	41° 58'	139° 53'	23.7	6.3	西	82
15	1993/ 8/ 8	7:11:02	41° 59'	139° 53'	20.5	4.4	西	83
16	1993/ 8/12	10:02:01	41° 59'	139° 51'	15.2	4.7	西	85
17	1993/ 9/11	13:55:03	41° 59'	142° 39'	61.4	5.4	北	69
18	1993/10/25	14:19:01	41° 24'	139° 9'	39.6	4.6	西	78
19	1993/10/28	10:52:01	41° 33'	142° 2'	64.4	5.2	北	54
20	1993/11/11	9:06:01	39° 4'	142° 22'	36.3	5.5	南	81
21	1993/11/27	15:11:02	38° 35'	141° 20'	111.7	5.8	南	67
22	1993/12/ 4	18:30:01	41° 44'	141° 59'	79.7	5.4	北	52
23	1993/12/ 7	0:37:05	41° 29'	141° 57'	71.7	5.2	北	48
24	1993/12/11	9:01:03	41° 57'	142° 24'	66.1	4.9	北	65
25	1993/12/17	12:19:00	39° 11'	142° 16'	62.2	5.3	南	74
26	1994/ 2/18	20:02:05	42° 36'	142° 35'	106.9	5.0	北	63
27	1994/ 3/ 6	19:13:02	41° 50'	139° 7'	21.5	4.8	西	84
28	1994/ 3/21	8:22:01	40° 28'	141° 33'	77.0	4.6	南	37
29	1994/ 4/29	22:38:03	42° 59'	142° 52'	126.8	4.8	北	64
30	1994/ 7/ 1	14:14:05	42° 15'	143° 5'	67.3	5.2	北	72
31	1994/ 8/14	18:06:05	38° 41'	142° 23'	42.4	6.0	南	81
32	1995/12/30	21:11:05	40° 42'	143° 45'	0.0	6.5	東	90
33	1995/12/30	21:17:35	40° 43'	143° 33'	0.0	6.2	東	90
34	1995/12/31	5:45:13	40° 48'	143° 35'	3.0	5.6	東	89
35	1996/ 1/22	22:14:58	40° 7'	142° 30'	38.0	5.2	東	74
36	1996/ 1/29	16:42:56	40° 28'	141° 37'	118.2	4.7	南	27
37	1996/ 2/15	4:00:40	41° 33'	142° 4'	63.4	4.7	北	55
38	1996/ 2/17	7:43:56	41° 32'	142° 6'	62.5	4.5	北	55
39	1996/ 2/17	23:35:20	40° 47'	141° 23'	15.3	4.3	南	54
40	1996/ 2/19	21:14:20	40° 27'	142° 28'	29.4	5.2	東	75

新 R ① JN 耐技 IV 00148 B

(つづき)

No.	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード M	震央の 方位	見掛け 入射角 (°)
	日付	時刻	北緯	東経				
41	1996/ 3/17	1:40:42	40° 5'	142° 10'	57.5	4.8	南	65
42	1996/ 4/15	6:44:14	42° 3'	142° 29'	65.7	4.9	北	67
43	1996/ 4/23	13:08:02	39° 13'	141° 30'	76.1	5.3	南	69
44	1996/ 6/26	6:37:01	40° 3'	142° 50'	23.9	5.1	東	82
45	1996/ 7/ 4	3:59:25	40° 40'	142° 38'	24.0	5.2	東	78
46	1996/ 7/12	12:20:55	40° 48'	141° 18'	85.3	3.8	南	12
47	1996/ 8/11	3:12:18	38° 54'	140° 38'	8.6	6.1	南	88
48	1996/ 8/11	3:54:12	38° 54'	140° 39'	8.9	5.6	南	88
49	1997/ 2/20	16:55:00	41° 46'	142° 52'	49.0	5.9	東	73
50	1997/ 2/27	23:22:15	41° 33'	142° 4'	70.7	4.8	北	52
51	1997/ 3/ 6	15:50:45	40° 44'	139° 23'	36.0	5.1	西	78
52	1997/ 3/13	10:12:12	42° 48'	142° 60'	129.5	4.5	北	62
53	1997/ 3/17	18:23:16	41° 51'	142° 11'	66.3	4.8	北	61
54	1997/ 4/22	15:19:25	42° 10'	141° 52'	80.3	4.4	北	61
55	1997/ 5/ 5	10:48:39	41° 19'	140° 1'	9.6	4.7	西	85
56	1997/ 9/ 9	10:19:57	41° 50'	142° 22'	98.0	4.1	北	53
57	1997/10/27	4:06:44	39° 19'	140° 36'	120.8	5.1	南	58
58	1997/11/23	12:50:59	39° 59'	138° 48'	29.3	5.8	西	83
59	1997/12/13	15:45:31	39° 39'	142° 20'	76.8	4.7	南	66
60	1997/12/23	1:32:00	40° 11'	142° 28'	36.9	5.2	東	74
61	1997/12/23	4:08:05	42° 59'	143° 29'	114.1	5.2	北	68
62	1998/ 1/31	0:50:17	41° 28'	142° 5'	62.2	5.3	東	53
63	1998/ 2/11	11:25:44	41° 57'	142° 23'	55.2	4.9	北	69
64	1998/ 4/ 8	10:57:37	41° 30'	141° 60'	64.9	4.3	北	52
65	1998/ 5/ 9	5:14:14	41° 35'	142° 3'	63.8	4.4	北	55
66	1998/ 5/14	19:53:41	40° 17'	143° 26'	11.8	5.3	東	87
67	1998/ 5/15	3:56:21	40° 16'	143° 27'	18.3	5.9	東	85
68	1998/ 9/ 3	16:58:17	39° 48'	140° 54'	7.9	6.2	南	87
69	1998/10/14	5:41:11	40° 6'	143° 27'	19.5	5.6	東	85
70	1998/11/ 7	14:35:41	41° 35'	142° 3'	64.7	4.8	北	55
71	1999/ 1/19	2:35:45	41° 33'	141° 28'	84.6	4.4	北	38
72	1999/ 3/ 6	12:54:32	41° 58'	142° 17'	54.0	4.5	北	68
73	1999/ 3/11	20:05:54	39° 36'	141° 55'	30.0	4.8	南	79
74	1999/ 3/19	2:55:41	41° 1'	143° 13'	29.0	5.8	東	80
75	1999/ 5/17	6:20:01	41° 54'	142° 27'	53.7	4.4	北	69
76	1999/ 7/ 1	13:33:22	41° 51'	142° 6'	93.6	4.1	北	52
77	1999/ 7/22	22:46:33	42° 39'	143° 28'	83.7	4.6	北	72
78	1999/ 8/ 3	0:31:47	40° 4'	142° 6'	50.3	4.3	南	67
79	1999/ 9/13	5:32:00	40° 56'	141° 15'	14.7	4.1	西	25
80	1999/10/ 3	6:08:38	40° 11'	143° 12'	4.4	5.7	東	89

(つづき)

No.	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード M	震央の 方位	見掛け 入射角 (°)
	日付	時刻	北緯	東経				
81	1999/11/17	7:54:16	42° 5'	142° 24'	59.9	5.0	北	69
82	1999/12/13	13:47:41	40° 56'	141° 15'	13.3	3.0	西	28
83	2000/ 4/12	0:08:51	41° 22'	139° 57'	11.6	4.3	西	85
84	2000/ 4/26	21:48:46	40° 15'	143° 25'	8.7	5.3	東	87
85	2000/ 4/26	21:55:02	40° 15'	143° 21'	14.2	5.4	東	86
86	2000/ 4/27	14:38:29	42° 11'	141° 0'	127.8	4.2	北	47
87	2000/ 6/16	16:35:45	41° 28'	141° 6'	132.5	4.3	北	24
88	2000/ 7/ 5	8:16:07	41° 15'	141° 31'	84.4	4.0	北	23
89	2000/ 7/20	6:41:43	40° 21'	141° 43'	90.7	3.2	南	40
90	2000/ 8/27	0:30:51	42° 12'	142° 33'	29.9	4.8	北	80
91	2001/ 1/16	4:44:36	41° 30'	142° 0'	63.4	4.1	北	52
92	2001/ 2/ 2	18:43:33	41° 29'	142° 1'	63.6	4.0	北	52
93	2001/ 3/16	11:12:16	41° 35'	142° 3'	62.2	4.1	北	56
94	2001/ 4/ 3	4:54:19	40° 37'	141° 55'	63.4	5.6	東	45
95	2001/ 4/ 5	7:22:28	39° 25'	141° 46'	105.3	4.3	南	59
96	2001/ 4/ 6	20:07:44	40° 23'	141° 40'	72.2	3.3	南	44
97	2001/ 7/18	7:47:42	39° 45'	141° 24'	86.6	4.3	南	57
98	2001/ 8/14	5:11:25	40° 60'	142° 26'	37.7	6.4	東	68
99	2001/ 8/16	5:32:47	42° 13'	142° 28'	63.3	4.4	北	69
100	2001/ 8/24	18:48:02	41° 1'	142° 23'	40.7	5.3	東	65
101	2001/10/ 3	2:47:39	40° 54'	141° 22'	88.0	3.2	南	5
102	2001/11/13	16:45:05	39° 20'	142° 4'	48.0	4.8	南	76
103	2001/11/21	19:25:40	42° 1'	142° 35'	60.4	4.6	北	69
104	2001/12/ 2	22:01:55	39° 24'	141° 16'	121.5	6.4	南	55
105	2002/ 1/27	16:09:16	39° 19'	142° 25'	46.3	5.5	南	77
106	2002/ 2/14	10:12:22	41° 28'	142° 4'	63.6	5.1	東	53
107	2002/ 4/ 4	8:42:15	41° 28'	142° 1'	58.7	5.4	北	54
108	2002/ 4/21	6:30:32	41° 34'	142° 6'	65.2	4.8	北	55
109	2002/ 5/12	10:29:37	39° 9'	141° 9'	96.3	5.2	南	64
110	2002/ 5/30	14:07:45	41° 30'	142° 3'	62.0	4.8	北	54
111	2002/ 7/ 1	15:48:13	40° 26'	141° 37'	82.4	4.1	南	37
112	2002/ 7/ 3	18:57:40	41° 35'	142° 3'	62.5	4.7	北	56
113	2002/ 7/10	23:48:44	41° 41'	142° 15'	55.2	4.8	北	64
114	2002/ 7/30	1:19:18	40° 29'	141° 14'	104.2	4.3	南	27
115	2002/10/14	23:12:43	41° 9'	142° 17'	52.7	6.1	東	58
116	2002/11/ 3	12:37:44	38° 54'	142° 8'	45.8	6.3	南	79
117	2002/12/ 1	18:57:01	42° 40'	143° 58'	103.0	5.5	東	70
118	2003/ 1/ 6	13:42:53	41° 4'	142° 21'	44.6	5.0	東	63
119	2003/ 1/13	13:38:53	41° 33'	141° 49'	70.6	4.2	北	48
120	2003/ 5/26	18:24:33	38° 49'	141° 39'	72.0	7.1	南	73

(つづき)

No.	発震日時		震央位置		震源深さ (km)	マグニ チュード M	震央の 方位	見掛け 入射角 (°)
	日付	時刻	北緯	東経				
121	2003/ 7/26	0:13:08	38° 26'	141° 10'	11.6	5.6	南	88
122	2003/ 7/26	7:13:32	38° 24'	141° 10'	11.9	6.4	南	88
123	2003/ 7/26	16:56:45	38° 30'	141° 11'	12.0	5.5	南	87
124	2003/ 8/30	19:06:41	41° 49'	142° 40'	55.3	5.4	東	69
125	2003/ 9/22	6:47:04	40° 31'	141° 50'	102.2	4.1	南	32
126	2003/ 9/26	4:50:07	41° 47'	144° 5'	45.1	8.0	東	80
127	2003/ 9/26	6:08:02	41° 43'	143° 41'	21.4	7.1	東	84
128	2003/ 9/28	7:23:25	42° 11'	142° 58'	50.7	5.2	北	75
129	2003/10/ 4	23:41:11	41° 34'	142° 3'	68.6	4.7	北	53
130	2003/11/14	7:39:20	41° 50'	142° 12'	69.7	4.8	北	60
131	2003/11/24	21:18:18	42° 19'	143° 0'	52.3	5.3	北	76
132	2004/ 2/ 4	15:08:27	40° 9'	141° 54'	63.4	5.3	南	58
133	2004/ 3/ 2	15:47:19	40° 48'	141° 21'	92.5	4.1	南	11
134	2004/ 6/12	2:05:32	40° 2'	142° 12'	54.7	4.6	南	67
135	2004/ 7/ 4	3:43:55	40° 32'	141° 29'	105.1	4.5	南	25
136	2004/ 7/ 4	21:31:14	42° 3'	142° 29'	61.5	4.9	北	68
137	2004/ 8/10	15:13:31	39° 40'	142° 8'	48.2	5.8	南	73

第5-4表 地震動評価に用いる深部地盤モデル

解放基盤表面 ▽	標高 (m)	GL (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	Q値	
							Q _s	Q _p
	-70	-125	75	950	1900	1.85	35	20
	-145	-200	210	990	2570	2.07	35	20
	-355	-410	810	1450	2970	2.21	75	45
	-1165	-1220	910	2740	4660	2.51	85	60
地震基盤 ▽	-2075	-2130	970	2950	4950	2.55	80	70
	-3045	-3100	∞	3100	5060	2.58	114 f ^{0.92}	114 f ^{0.92}

注 GL：地盤面高さ， f：振動数 (Hz)

第6-1表 震源パラメータの比較

	想定三陸沖北部の地震		2011年東北地方太平洋沖地震 を踏まえた地震
地震規模	M _w 8.3		M _w 9.0
断層面積 (km ²)	17000		100000
短周期レベル (Nm/s ²)	1.88×10 ²⁰		3.49×10 ²⁰
直近のSMGAの 短周期レベル (Nm/s ²)	1.12×10 ²⁰ (SMGA 1)	1.73×10 ²⁰	1.86×10 ²⁰ (SMGA 1)
	1.32×10 ²⁰ (SMGA 3)		
敷地と直近のSMGA 中心との距離 (km)	102.2 (SMGA 1)		90.2
	110.9 (SMGA 3)		

第6-2表 原子力安全基盤機構⁽³¹⁾による東北東部の領域の地震発生層上下限深さ

地震域	M区分	最浅 (km)	D10% (km)	D50% (km)	D90% (km)	最深 (km)	データ 数	D90%-D10% (km)
東北 東部	$2.0 \leq M < 2.5$	0.0	5.8	10.4	13.7	29.6	288	7.9
	$2.5 \leq M < 3.0$	0.0	6.4	11.3	15.9	29.7	97	9.5
	$3.0 \leq M < 3.5$	0.0	7.3	11.0	13.1	29.3	44	5.8
	$3.5 \leq M < 4.0$	8.7	9.8	12.2	15.7	29.5	20	5.9
	$4.0 \leq M$	3.2	7.6	9.1	13.2	14.7	11	5.6
	全データ	0.0	6.2	10.7	13.8	29.7	460	7.6

D10%:その値より震源深さが浅い地震数が全体の10%になるときの震源深さ。地震発生上限層に対応。
D90%:その値より震源深さが浅い地震数が全体の90%になるときの震源深さ。地震発生下限層に対応。

第6-3表 気象庁カタログ⁽¹⁰⁾による敷地周辺の地震発生層上下限深さ

M区分	最浅 (km)	D10% (km)	D50% (km)	D90% (km)	最深 (km)	データ 数	D90%-D10% (km)
$0.5 \leq M < 1.0$	3.2	7.0	11.8	18.8	20.2	32	11.8
$1.0 \leq M < 1.5$	4.1	8.3	11.8	14.3	21.0	68	6.0
$1.5 \leq M < 2.0$	7.0	9.8	12.2	15.1	17.3	37	5.3
$2.0 \leq M < 2.5$	0.7	4.5	10.7	14.6	21.0	10	10.1
$2.5 \leq M$	7.0	12.0	13.5	18.4	22.7	14	6.4
全データ	0.7	8.2	12.1	15.3	22.7	165	7.1

D10%:その値より震源深さが浅い地震数が全体の10%になるときの震源深さ。地震発生上限層に対応。
D90%:その値より震源深さが浅い地震数が全体の90%になるときの震源深さ。地震発生下限層に対応。

※用いた地震は1997年10月～2011年12月に発生したもの。地震諸元は気象庁による。

第6-4表 「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」
検討ケース一覧

	基本モデル		SMGA位置の不確かさケース	
	連動考慮範囲	三陸沖北部～ 宮城県沖	三陸沖北部～ 根室沖	三陸沖北部～ 宮城県沖
SMGAの位置	過去の地震を踏まえた設定		SMGA 1を敷地に近い位置に配置	
SMGA 1, 2 の短周期レベル	地震調査委員会 (2016) ^(7,6) による短周期レベルの1.4倍			
SMGA 3～7 の短周期レベル	地震調査委員会 (2016) ^(7,6) による短周期レベル			

第6-5表(1) 「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」
 の断層パラメータ (三陸沖北部～宮城県沖の連動)
 (基本モデル及び不確かさケース)

断層パラメータ		セグメント		設定方法		
		三陸沖北部	三陸沖中南部 ～宮城県沖			
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	180	200	プレート沈み込み等深線を参考に設定	
	断層傾斜角1	$\delta_1 (^{\circ})$	10	12	同上	
	断層傾斜角2	$\delta_2 (^{\circ})$	20	21	同上	
	長さ	L(km)	200	300	プレート沈み込み等深線及び断層面積に基づき設定	
	幅	W(km)	200	200	プレート沈み込み等深線を参考に設定	
	上端深さ	h(km)	12.6	12.3	同上	
	下端深さ	h(km)	64.2	68.9	同上	
	断層面積	S(km ²)	40000	60000	佐藤ほか ⁽⁶¹⁾ (1989) $\log S = M_w - 4.07$	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	3.08		$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 (\pi/S)^{3/2}$	
	地震モーメント	M_0 (Nm)	4.00×10^{22}		$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$ (Kanamori(1977)) ⁽⁷¹⁾	
	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の M_w と同等の地震規模を設定	
	平均すべり量	D(m)	8.5		$D = M_0 / (\mu S)$	
	剛性率	μ (N/m ²)	4.68×10^{10}		$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 3.08 \text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	3.9		地震調査委員会 (2004) ⁽²⁷⁾	
破壊伝播速度	V_r (km/s)	3.0		諸井ほか ⁽³⁸⁾ (2013)を参照		
微視的震源特性	全SMGA	面積	S_a (km ²)	12500	$S_a = 0.125S$ (諸井ほか ⁽³⁸⁾ (2013))	
		地震モーメント	M_{0a} (Nm)	1.00×10^{22}	$M_{0a} = \mu S_a D_a$	
		平均すべり量	D_a (m)	17.1	Somerville et al. (1999) ⁽⁶²⁾	
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	24.6	$\Delta\sigma_a = (S/S_a) \Delta\sigma$	
		短周期レベル	A_a (Nm/s ²)	3.49×10^{20}	$A_a = (\sum A_{ai})^{1/2}$	
	各SMGA	面積	S_{ai} (km ²)	2500	2500	$S_{ai} = S_a/5$
		地震モーメント	M_{0ai} (Nm)	2.00×10^{21}	2.00×10^{21}	$M_{0ai} = \mu S_{ai} D_{ai}$
		平均すべり量	D_{ai} (m)	17.1	17.1	$D_{ai} = D_a \gamma_i / \sum (\gamma_i^3)$, $\gamma_i = r_i / r = (S_{ai}/S_a)^{1/2}$
		応力降下量	$\Delta\sigma_{ai}$ (MPa)	34.5	24.6	$\Delta\sigma_{ai} = \Delta\sigma_a$, 三陸沖北部は1.4倍
		短周期レベル	A_{ai} (Nm/s ²)	1.86×10^{20}	1.33×10^{20}	$A_{ai} = 4\pi (S_{ai}/\pi)^{1/2} \Delta\sigma_{ai} \beta^2$
		ライズタイム	τ_{ai} (s)	8.33	8.33	$\tau_{ai} = 0.5W_{ai}/V_r$, $W_{ai} = S_{ai}^{1/2}$
	背景領域	面積	S_b (km ²)	87500		$S_b = S - S_a$
		地震モーメント	M_{0b} (Nm)	3.00×10^{22}		$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		平均すべり量	D_b (m)	7.3		$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
		実効応力	σ_b (MPa)	4.9		$\sigma_b = 0.2 \Delta\sigma_a$
ライズタイム		τ_b (s)	33.33		$\tau_b = 0.5W_b/V_r$, $W_b = W$	

第6-5表(2) 「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」
の断層パラメータ (三陸沖北部～根室沖の連動)
(基本モデル及び不確かさケース)

断層パラメータ		セグメント		設定方法		
		三陸沖北部	十勝沖 ～根室沖			
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	180	245	プレート沈み込み等深線を参考に設定	
	断層傾斜角 1	$\delta_1 (^{\circ})$	10	10	同上	
	断層傾斜角 2	$\delta_2 (^{\circ})$	20	30	同上	
	長さ	L (km)	200	400	プレート沈み込み等深線及び断層面積に基づき設定	
	幅	W (km)	200	150	プレート沈み込み等深線を参考に設定	
	上端深さ	h (km)	12.6	17.0	同上	
	下端深さ	h (km)	64.2	67.5	同上	
	断層面積	S (km ²)	40000	60000	佐藤ほか ⁽⁶¹⁾ (1989) $\log S = M_w - 4.07$	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	3.08		$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 (\pi/S)^{3/2}$	
	地震モーメント	M_0 (Nm)	4.00×10^{22}		$\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$ (Kanamori (1977)) ⁽⁷¹⁾	
	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の M_w と同等の地震規模を設定	
	平均すべり量	D (m)	8.5		$D = M_0 / (\mu S)$	
	剛性率	μ (N/m ²)	4.68×10^{10}		$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 3.08 \text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	3.9		地震調査委員会 ⁽²⁷⁾ (2004)	
破壊伝播速度	V_r (km/s)	3.0		諸井ほか ⁽³⁸⁾ (2013) を参照		
微視的震源特性	全 S M G A	面積	S_a (km ²)	12500	$S_a = 0.125S$ (諸井ほか ⁽³⁸⁾ (2013))	
		地震モーメント	M_{0a} (Nm)	1.00×10^{22}	$M_{0a} = \mu S_a D_a$	
		平均すべり量	D_a (m)	17.1	Somerville et al. (1999) ⁽⁶²⁾	
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	24.6	$\Delta\sigma_a = (S/S_a) \Delta\sigma$	
		短周期レベル	A_a (Nm/s ²)	3.49×10^{20}	$A_a = (\sum A_{a1}^2)^{1/2}$	
	各 S M G A			SMGA1, 2	SMGA6, 7	
		面積	S_{ai} (km ²)	2500	3750	$S_{ai} = S \times 0.125/2$
		地震モーメント	M_{0ai} (Nm)	2.00×10^{21}	3.00×10^{21}	M_{0a1} 及び M_{0a2} は第6.6-5表(1)と同じ, $M_{0a6} = M_{0a7} = [M_{0a} - (M_{0a1} + M_{0a2})]/2$
		平均すべり量	D_{ai} (m)	17.1	17.1	D_{a1} 及び D_{a2} は第6.6-5表(1)と同じ, $D_{a6} = D_{a7} = M_{0a6} / (\mu S_{a6})$
		応力降下量	$\Delta\sigma_{ai}$ (MPa)	34.5	24.6	$\Delta\sigma_{ai} = \Delta\sigma_a$, 三陸沖北部は1.4倍
		短周期レベル	A_{ai} (Nm/s ²)	1.86×10^{20}	1.63×10^{20}	$A_{ai} = 4\pi (S_{ai}/\pi)^{1/2} \Delta\sigma_{ai} \beta^2$
		ライズタイム	τ_{ai} (s)	8.33	10.21	$\tau_{ai} = 0.5W_{ai}/V_r$, $W_{ai} = S_{ai}^{1/2}$
	背景領域	面積	S_b (km ²)	87500		$S_b = S - S_a$
		地震モーメント	M_{0b} (Nm)	3.00×10^{22}		$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		平均すべり量	D_b (m)	7.3		$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
実効応力		σ_b (MPa)	4.9		$\sigma_b = 0.2 \Delta\sigma_a$	
ライズタイム		τ_b (s)	33.33		$\tau_b = 0.5W_b/V_r$, $W_b = W$	

第6-6表 2011年東北地方太平洋沖地震の各種震源モデルと「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」(基本モデル)とのパラメータの比較

(a) 田島ほか⁽⁸⁰⁾が取りまとめた各種震源モデルとの比較

		SMGA 総面積 (km ²)	SMGA全体の 短周期レベル (Nm/s ²)	【参考】 SMGAの応力降下量 (MPa)
田島ほか ⁽⁸⁰⁾ (2013)による 取りまとめ	Kurahashi and Irikura ⁽⁸¹⁾ (2013)	5,628	1.74×10 ²⁰	21.44 (※)
	Asano and Iwata ⁽⁸²⁾ (2012)	5,042	1.67×10 ²⁰	18.95 (※)
	佐藤 ⁽⁸³⁾ (2012)	11,475	3.51×10 ²⁰	28.82 (※)
	川辺・釜江 ⁽⁸⁴⁾ (2013)	6,300	1.74×10 ²⁰	18.26 (※)
	平均値	6,730	2.05×10 ²⁰	—
「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」(基本モデル)		12,500	3.49×10 ²⁰	34.5 (SMGA 1, 2) 24.6 (SMGA 3~7)

(田島ほか⁽⁸⁰⁾より抜粋・一部加筆)

※^{(81)~(84)} 文献に記載されている各SMGAの応力降下量を単純平均して算出。

(b) SMGA面積比を変えた場合の諸井ほか⁽³⁸⁾の震源モデルとの比較

		SMGA 面積比 (※1)	SMGA 1個の面積 (km ²)	SMGA 1個の短周期レベル (Nm/s ²)
諸井ほか ⁽³⁸⁾ (2013)	0.080	1,600 (※2) (40km×40km)	1.66×10 ²⁰ (※3)	
	0.125	2,500 (50km×50km)	1.33×10 ²⁰	
	0.180	3,600 (※2) (60km×60km)	1.11×10 ²⁰ (※3)	
	0.245	4,900 (※2) (70km×70km)	9.49×10 ¹⁹ (※3)	
「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」(基本モデル) SMGA 1, 2		0.125	2,500 (50km×50km)	1.86×10 ²⁰

※1 断層全体の面積 (100,000 km²) に対するSMGA総面積の割合

※2 断層全体の面積及びSMGA面積比から算出されるSMGA総面積を、諸井ほか⁽³⁸⁾の震源モデルにおけるSMGAの個数 (5個) で等分して算出。

※3 ※2で算出したSMGA 1個の面積及び諸井ほか⁽³⁸⁾に示される断層パラメータを用いて、地震調査委員会⁽⁷⁶⁾ (2016)の式により算出。

第6-7表 要素地震の震源パラメータ (プレート間地震)

(a) 三陸沖北部～宮城県沖の連動

対象領域	発震日時	M	震源距離 (km)	震源深さ (km)	走向 (°)	断層 傾斜角 (°)	すべり角 (°)
三陸沖北部 (SMGA 1, 2)	2001. 8. 14 5:11	6.4	100.2	37.69	174	22	55
三陸沖中南部 (SMGA 3)	2015. 5. 13 6:12	6.8	246.6	46.24	178	25	64
宮城県沖 (SMGA 4, 5)	2011. 3. 10 6:23	6.8	342.5	9.30	213	23	101

(b) 三陸沖北部～根室沖の連動

対象領域	発震日時	M	震源距離 (km)	震源深さ (km)	走向 (°)	断層 傾斜角 (°)	すべり角 (°)
三陸沖北部 (SMGA 1, 2)	2001. 8. 14 5:11	6.4	100.2	37.69	174	22	55
十勝沖 (SMGA 6)	2008. 9. 11 9:20	7.1	254.0	30.86	235	15	116
根室沖 (SMGA 7)	2004. 11. 29 3:32	7.1	395.8	48.17	242	26	122

第6-8表 「想定海洋プレート内地震」検討ケース一覧

	地震規模	断層面位置	断層面上端深さ	短周期レベル(Nm/s ²)
基本モデル	M7.2 M _w 7.1	敷地直近となる位置	海洋性地殻 下端	7.67×10^{19} ^(7.6) (地震調査委員会(2016)に基づく値)
短周期レベルの不確かさケース	M7.2 M _w 7.1		海洋性地殻 下端	1.15×10^{20} ^(7.6) (地震調査委員会(2016)に基づく値の1.5倍)
断層面位置の不確かさケース	M7.2 M _w 7.1		海洋性地殻 上端	7.67×10^{19} ^(7.6) (地震調査委員会(2016)に基づく値)
地震規模の不確かさケース	M _w 7.4		海洋性地殻 下端	1.15×10^{20} ^(7.6) (地震調査委員会(2016)に基づく値)

第6-9表 「想定海洋プレート内地震」の断層パラメータ
(基本モデル)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	0	海溝軸に沿って設定	
	断層傾斜角	$\delta (^{\circ})$	32	プレート上面に対して 60°	
	長さ	L (km)	23.72	断層面積より設定	
	幅	W (km)	16.17	断層面積より設定	
	断層面積	S (km ²)	384	$S=(49\pi^4\beta^4M_0^2)/(16A^2S_a)$	
	上端深さ	h (km)	70.89	敷地前面のプレートの沈み込み深さによる	
	地震モーメント	M_0 (Nm)	4.74×10^{19}	2011年4月7日宮城県沖の地震の M_0 と同等の地震モーメントを設定	
	モーメントマグニチュード	M_w	7.1	2011年4月7日宮城県沖の地震の M_w と同等の地震規模を設定	
	剛性率	μ (N/m ²)	4.80×10^{10}	$\mu = \rho \beta^2, \rho = 3.0 \text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	4.0	佐藤・巽(2002) ^(6.8)	
	平均すべり量	D (m)	2.57	$D=M_0/(\mu S)$	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	15.37	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 (\pi/S)^{3/2}$	
	破壊伝播速度	V_r (km/s)	2.88	$V_r = 0.72\beta$ (Geller(1976)) ^(6.4)	
	短周期レベル	A (Nm/s ²)	7.67×10^{19}	$A = 9.84 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (地震調査委員会(2016)) ^(7.6)	
微視的断層パラメータ	アスペリティ全体	面積	S_a (km ²)	76	$S_a = 1.25 \times 10^{-16} \times (M_0 \times 10^7)^{2/3}$ (地震調査委員会(2016)) ^(7.6)
		地震モーメント	M_{0a} (Nm)	1.88×10^{19}	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
		平均すべり量	D_a (m)	5.15	Somerville et al. (1999) ^(6.2)
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	77.6	$\Delta\sigma_a = A / (4\beta^2(\pi S_a)^{0.5})$
	背景領域	面積	S_b (km ²)	308	$S_b = S - S_a$
		地震モーメント	M_{0b} (Nm)	2.86×10^{19}	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		平均すべり量	D_b (m)	1.94	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
		実効応力	σ_b (MPa)	14.6	$\sigma_b = (D_b/W_b) / (D_a/W_a) \Delta\sigma_a$ $W_a = 8.08 \text{km}, W_b = 16.17 \text{km}$
高周波遮断周波数		f_{\max} (Hz)	18	浅野ほか(2004) ^(6.5) を参照	

第6-10表(1) 「想定海洋プレート内地震」の断層パラメータ
(短周期レベルの不確かさケース)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	θ (°)	0	海溝軸に沿って設定	
	断層傾斜角	δ (°)	32	プレート上面に対して60°	
	長さ	L (km)	23.72	断層面積より設定	
	幅	W (km)	16.17	断層面積より設定	
	断層面積	S (km ²)	384	基本モデルと同じ値を設定	
	上端深さ	h (km)	70.89	敷地前面のプレートの沈み込み深さによる	
	地震モーメント	M ₀ (Nm)	4.74×10 ¹⁹	2011年4月7日宮城県沖の地震のM ₀ と同等の地震モーメントを設定	
	モーメントマグニチュード	M _w	7.1	2011年4月7日宮城県沖の地震のM _w と同等の地震規模を設定	
	剛性率	μ (N/m ²)	4.80×10 ¹⁰	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 3.0 \text{ g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	4.0	佐藤・箕 ⁽⁶³⁾	
	平均すべり量	D (m)	2.57	$D = M_0 / (\mu S)$	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	15.37	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 (\pi/S)^{3/2}$	
	破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.88	$V_r = 0.72 \beta$ (Geller ⁽⁶⁴⁾)	
短周期レベル	A (Nm/s ²)	1.15×10 ²⁰	$A = 9.84 \times 10^{19} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (地震調査委員会 ⁽⁷⁶⁾) 上記の式に基づく値の1.5倍		
微視的断層パラメータ	アスペリティ全体	面積	S _a (km ²)	76	$S_a = 1.25 \times 10^{-16} \times (M_0 \times 10^7)^{2/3}$ (地震調査委員会 ⁽⁷⁶⁾)
		地震モーメント	M _{0a} (Nm)	1.88×10 ¹⁹	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
		平均すべり量	D _a (m)	5.15	Somerville et al. ⁽⁶²⁾
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	116.4	$\Delta\sigma_a = A / (4 \beta^2 (\pi S_a)^{0.5})$
	背景領域	面積	S _b (km ²)	308	$S_b = S - S_a$
		地震モーメント	M _{0b} (Nm)	2.86×10 ¹⁹	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		平均すべり量	D _b (m)	1.94	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
		実効応力	σ_b (MPa)	21.9	$\sigma_b = (D_b/W_b) / (D_a/W_a) \Delta\sigma_a$ W _a =8.08km, W _b =16.17km
高周波遮断周波数		f _{max} (Hz)	18	浅野ほか ⁽⁶⁶⁾ (2004)を参照	

第6-10表(2) 「想定海洋プレート内地震」の断層パラメータ
(断層面位置の不確かさケース)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	0	海溝軸に沿って設定	
	断層傾斜角	$\delta (^{\circ})$	32	プレート上面に対して 60°	
	長さ	L (km)	23.72	断層面積より設定	
	幅	W (km)	16.17	断層面積より設定	
	断層面積	S (km ²)	384	$S=(49\pi^4\beta^4M_0^2)/(16A^2S_a)$	
	上端深さ	h (km)	64.71	敷地前面のプレートの沈み込み深さによる	
	地震モーメント	M_0 (Nm)	4.74×10^{19}	2011年4月7日宮城県沖の地震の M_0 と同等の地震モーメントを設定	
	モーメントマグニチュード*	M_w	7.1	2011年4月7日宮城県沖の地震の M_w と同等の地震規模を設定	
	剛性率	μ (N/m ²)	4.80×10^{10}	$\mu = \rho \beta^2, \rho = 3.0 \text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	4.0	佐藤・巽 ⁽⁶³⁾ (2002)	
	平均すべり量	D (m)	2.57	$D=M_0/(\mu S)$	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	15.37	$\Delta\sigma = 7/16 \times M_0 (\pi/S)^{3/2}$	
	破壊伝播速度	V_r (km/s)	2.88	$V_r = 0.72 \beta$ (Geller(1976)) ⁽⁶⁴⁾	
	短周期レベル	A (Nm/s ²)	7.67×10^{19}	$A = 9.84 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (地震調査委員会(2016)) ⁽⁷⁶⁾	
微視的断層パラメータ	アスベリテイ全体	面積	S_a (km ²)	76	$S_a = 1.25 \times 10^{-16} \times (M_0 \times 10^7)^{2/3}$ (地震調査委員会(2016)) ⁽⁷⁶⁾
		地震モーメント	M_{0a} (Nm)	1.88×10^{19}	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
		平均すべり量	D_a (m)	5.15	Somerville et al. (1999) ⁽⁶²⁾
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	77.6	$\Delta\sigma_a = A / (4\beta^2(\pi S_a)^{0.5})$
	背景領域	面積	S_b (km ²)	308	$S_b = S - S_a$
		地震モーメント	M_{0b} (Nm)	2.86×10^{19}	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		平均すべり量	D_b (m)	1.94	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
		実効応力	σ_b (MPa)	14.6	$\sigma_b = (D_b/W_b) / (D_a/W_a) \Delta\sigma_a$ $W_a = 8.08 \text{km}, W_b = 16.17 \text{km}$
高周波遮断周波数		f_{\max} (Hz)	18	浅野ほか ⁽⁶⁵⁾ (2004)を参照	

第6-10表(3) 「想定海洋プレート内地震」の断層パラメータ
(地震規模の不確かさケース)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	0	海溝軸に沿って設定	
	断層傾斜角	$\delta (^{\circ})$	32	プレート上面に対して 60°	
	長さ	L (km)	53.04	断層面積と幅より設定	
	幅	W (km)	16.17	基本モデルと同じ値を設定	
	断層面積	S (km ²)	858	$S=(49\pi^4\beta^4M_0^2)/(16A^2S_0)$	
	上端深さ	h (km)	70.89	敷地前面のプレートの沈み込み深さによる	
	地震モーメント	M_0 (Nm)	1.58×10^{20}	$\log M_0=1.5M_w+9.1$ (Kanamori (1977))	
	モーメントマグニチュード*	M_w	7.4	2011年4月7日宮城県沖の地震の M_w に不確かさを考慮して設定	
	剛性率	μ (N/m ²)	4.80×10^{10}	$\mu = \rho \beta^2, \rho = 3.0 \text{ g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	4.0	佐藤・巽 (2002)	
	平均すべり量	D (m)	3.85	$D=M_0/(\mu S)$	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	15.37	$\Delta\sigma=7/16 \times M_0(\pi/S)^{3/2}$	
	破壊伝播速度	V_r (km/s)	2.88	$V_r=0.72\beta$ (Geller (1976))	
短周期レベル	A (Nm/s ²)	1.15×10^{20}	$A=9.84 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$ (地震調査委員会 (2016))		
微視的断層パラメータ	全アスペリティ	面積	S_a (km ²)	170	$S_a=1.25 \times 10^{16} \times (M_0 \times 10^7)^{2/3}$ (地震調査委員会 (2016))
		地震モーメント	M_{0a} (Nm)	6.28×10^{19}	$M_{0a}=\mu S_a D_a$
		平均すべり量	D_a (m)	7.70	Somerville et al. (1999)
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	77.6	$\Delta\sigma_a=A/(4\beta^2(\pi S_a)^{0.5})$
	各アスペリティ	面積	S_{ai} (km ²)	85	$S_{ai}=S_a/2$
		地震モーメント	M_{0ai} (Nm)	3.14×10^{19}	$M_{0ai}=M_{0a}/2$
		平均すべり量	D_{ai} (m)	7.70	$D_{ai}=M_{0a}/(\mu S_a)$
		応力降下量	$\Delta\sigma_{ai}$ (MPa)	77.6	$\Delta\sigma_{ai}=\Delta\sigma_a$
	背景領域	面積	S_b (km ²)	688	$S_b=S-S_a$
		地震モーメント	M_{0b} (Nm)	9.57×10^{19}	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		平均すべり量	D_b (m)	2.90	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	σ_b (MPa)	14.6	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\Delta\sigma_a$ $W_a=8.08\text{km}, W_b=16.17\text{km}$
高周波遮断周波数		f_{\max} (Hz)	18	浅野ほか (2004) を参照	

第6-11表 「出戸西方断層による地震」検討ケース一覧

	地震規模	地震 モーメント (Nm)	断層傾斜角 (°)	短周期レベル(Nm/s ²)
基本モデル	M _w 6.5 M7.0	7.51×10 ¹⁸	70	1.20×10 ¹⁹ (地震調査委員会 ⁽⁷⁶⁾ に 基づく値)
短周期レベルの不確かさケース	M _w 6.5 M7.0	7.51×10 ¹⁸	70	1.80×10 ¹⁹ (地震調査委員会 ⁽⁷⁶⁾ に 基づく値の1.5倍)
断層傾斜角の不確かさケース	M _w 6.7 M7.2	1.32×10 ¹⁹	45	1.39×10 ¹⁹ (地震調査委員会 ⁽⁷⁶⁾ に 基づく値)
断層傾斜角と短周期レベルの 不確かさを重畳させたケース	M _w 6.7 M7.2	1.32×10 ¹⁹	45	2.08×10 ¹⁹ (地震調査委員会 ⁽⁷⁶⁾ に 基づく値の1.5倍)

第6-12表 「出戸西方断層による地震」の断層パラメータ
(基本モデル)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	0	地質調査結果に基づき設定	
	断層傾斜角	$\delta (^{\circ})$	70	地質調査結果に基づき設定	
	長さ	L (km)	28.7	六ヶ所地点の特性から得られる地震規模を上回るよう保守的に設定	
	幅	W (km)	12.8	地震発生層厚さと断層傾斜角から設定	
	断層面積	S (km ²)	367.4	S=L×W	
	上端深さ	h (km)	3.0	微小地震データ等を参考に設定	
	下端深さ	h (km)	15.0	微小地震データ等を参考に設定	
	地震モーメント	M ₀ (Nm)	7.51×10 ¹⁸	M ₀ =(S/4.24×10 ¹¹) ² ×10 ⁻⁷ (入倉・三宅 ⁽⁶⁷⁾)	
	気象庁マグニチュード [*]	M	7.0	logM ₀ =1.17M+10.72 (武村(1990)) ⁽⁶⁸⁾	
	モーメントマグニチュード [*]	M _w	6.5	logM ₀ =1.5M _w +9.1 (Kanamori(1977)) ⁽⁷¹⁾	
	剛性率	μ (N/m ²)	2.94×10 ¹⁰	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	3.3	$\beta = \alpha / \sqrt{3}$ $\alpha = 5.8\text{km/s}$ (物理探査学会 ⁽⁶⁸⁾ (1989))	
	平均すべり量	D (cm)	69.5	D=M ₀ /(μ S)	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	2.60	$\Delta\sigma = (7/16) (M_0/R^3)$	
	破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.4	V _r =0.72 β (Geller ⁽⁶⁴⁾ (1976))	
短周期レベル	A (Nm/s ²)	1.04×10 ¹⁹	A=2.46×10 ¹⁰ ×(M ₀ ×10 ⁷) ^{1/3}		
微視的断層パラメータ	アスペリティ全体	面積	S _a (km ²)	50.4	S _a = πr^2 , $r=(7\pi M_0 \beta^2)/(4AR)$, $R=(S/\pi)^{0.5}$
		地震モーメント	M _{0a} (Nm)	2.07×10 ¹⁸	M _{0a} = $\mu S_a D_a$
		平均すべり量	D _a (cm)	139.7	Somerville et al. (1999) ⁽⁶²⁾
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	18.9	$\Delta\sigma_a = (S/S_a) \Delta\sigma$
		短周期レベル	A _a (Nm/s ²)	1.04×10 ¹⁹	A _a =4 $\pi (S_a/\pi)^{0.5} \Delta\sigma_a \beta^2$
	背景領域	面積	S _b (km ²)	317.0	S _b =S-S _a
		地震モーメント	M _{0b} (Nm)	5.44×10 ¹⁸	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
		平均すべり量	D _b (cm)	58.3	D _b =M _{0b} /(μS_b)
		実効応力	σ_b (MPa)	4.39	$\sigma_b = (D_b/W_b)/(D_a/W_a) \Delta\sigma_a$
		短周期レベル	A _b (Nm/s ²)	6.03×10 ¹⁸	A _b =4 $\pi (S_b/\pi)^{0.5} \sigma_b \beta^2$
高周波遮断周波数		f _{max} (Hz)	6	鶴来ほか ⁽⁷⁰⁾ (1997)	

第6-13表(1) 「出戸西方断層による地震」の断層パラメータ
(短周期レベルの不確かさケース)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	0	地質調査結果に基づき設定	
	断層傾斜角	$\delta (^{\circ})$	70	地質調査結果に基づき設定	
	長さ	L(km)	28.7	六ヶ所地点の特性から得られる地震規模を上回るよう保守的に設定	
	幅	W(km)	12.8	地震発生層厚さと断層傾斜角から設定	
	断層面積	S(km ²)	367.4	S=L×W	
	上端深さ	h(km)	3.0	微小地震データ等を参考に設定	
	下端深さ	h(km)	15.0	微小地震データ等を参考に設定	
	地震モーメント	M ₀ (Nm)	7.51×10 ¹⁸	M ₀ =(S/4.24×10 ¹¹) ² ×10 ⁻⁷ (入倉・三宅 ⁽⁶⁷⁾)	
	気象庁マグニチュード*	M	7.0	logM ₀ =1.17M+10.72(武村(1990)) ⁽⁶⁸⁾	
	モーメントマグニチュード*	M _w	6.5	logM ₀ =1.5M _w +9.1(Kanamori(1977)) ⁽⁷¹⁾	
	剛性率	μ (N/m ²)	2.94×10 ¹⁰	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	3.3	$\beta = \alpha / \sqrt{3}$ $\alpha = 5.8\text{km/s}$ (物理探査学会 ⁽⁶⁵⁾ (1989))	
	平均すべり量	D(cm)	69.5	D=M ₀ /(μ S)	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	2.60	$\Delta\sigma = (7/16)(M_0/R^2)$	
	破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.4	V _r =0.72 β (Geller(1976)) ⁽⁶⁴⁾	
短周期レベル	A(Nm/s ²)	1.04×10 ¹⁹	A=2.46×10 ¹⁰ ×(M ₀ ×10 ⁷) ^{1/3}		
微視的断層パラメータ	アスペリティ全体	面積	S _a (km ²)	50.4	S _a = πr^2 , $r=(7\pi M_0 \beta^2)/(4AR)$, $R=(S/\pi)^{0.5}$
		地震モーメント	M _{0a} (Nm)	2.07×10 ¹⁸	M _{0a} = $\mu S_a D_a$
		平均すべり量	D _a (cm)	139.7	Somerville et al. (1999) ⁽⁶²⁾
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	28.4	$\Delta\sigma_a=(S/S_a)\Delta\sigma$, 不確かさを考慮し1.5倍
		短周期レベル	A _a (Nm/s ²)	1.56×10 ¹⁹	A _a =4 $\pi(S_a/\pi)^{0.5}\Delta\sigma_a\beta^2$
	背景領域	面積	S _b (km ²)	317.0	S _b =S-S _a
		地震モーメント	M _{0b} (Nm)	5.44×10 ¹⁸	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
		平均すべり量	D _b (cm)	58.3	D _b =M _{0b} /(μS_b)
		実効応力	σ_b (MPa)	6.58	$\sigma_b=(D_b/W_b)/(D_a/W_a)\Delta\sigma_a$
		短周期レベル	A _b (Nm/s ²)	9.04×10 ¹⁸	A _b =4 $\pi(S_b/\pi)^{0.5}\sigma_b\beta^2$
高周波遮断周波数	f _{max} (Hz)	6	鶴来ほか ⁽⁷⁰⁾ (1997)		

第6-13表(2) 「出戸西方断層による地震」の断層パラメータ
(断層傾斜角の不確かさケース)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	$\theta (^{\circ})$	0	地質調査結果に基づき設定	
	断層傾斜角	$\delta (^{\circ})$	45	地質調査結果に不確かさを考慮し設定	
	長さ	L (km)	28.7	基本モデルの長さを採用	
	幅	W (km)	17.0	地震発生層厚さと断層傾斜角から設定	
	断層面積	S (km ²)	487.9	S=L×W	
	上端深さ	h (km)	3.0	微小地震データ等を参考に設定	
	下端深さ	h (km)	15.0	微小地震データ等を参考に設定	
	地震モーメント	M ₀ (Nm)	1.32×10 ¹⁹	M ₀ =(S/4.24×10 ¹¹) ² ×10 ⁻⁷ (入倉・三宅(2001)) ⁽⁶⁷⁾	
	気象庁マグニチュード	M	7.2	logM ₀ =1.17M+10.72 (武村(1990)) ⁽⁶⁸⁾	
	モーメントマグニチュード	M _w	6.7	logM ₀ =1.5M _w +9.1 (Kanamori(1977)) ⁽⁷¹⁾	
	剛性率	μ (N/m ²)	2.94×10 ¹⁰	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	3.3	$\beta = \alpha / \sqrt{3}$ $\alpha = 5.8\text{km/s}$ (物理探査学会(1989)) ⁽⁶⁸⁾	
	平均すべり量	D (cm)	92.3	D=M ₀ /(μ S)	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	2.99	$\Delta\sigma = (7/16) (M_0/R^3)$	
	破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.4	V _r =0.72 β (Geller(1976)) ⁽⁶⁴⁾	
短周期レベル	A (Nm/s ²)	1.25×10 ¹⁹	A=2.46×10 ¹⁰ ×(M ₀ ×10 ⁷) ^{1/3}		
微視的断層パラメータ	アスペリティ全体	面積	S _a (km ²)	80.9	S _a = πr^2 , $r=(7\pi M_0 \beta^2)/(4AR)$, $R=(S/\pi)^{0.5}$
		地震モーメント	M _{0a} (Nm)	4.41×10 ¹⁸	M _{0a} = $\mu S_a D_a$
		平均すべり量	D _a (cm)	185.5	Somerville et al. (1999) ⁽⁵²⁾
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	18.1	$\Delta\sigma_a = (S/S_a) \Delta\sigma$
		短周期レベル	A _a (Nm/s ²)	1.25×10 ¹⁹	A _a =4 $\pi (S_a/\pi)^{0.5} \Delta\sigma_a \beta^2$
	背景領域	面積	S _b (km ²)	407.0	S _b =S-S _a
		地震モーメント	M _{0b} (Nm)	8.83×10 ¹⁸	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
		平均すべり量	D _b (cm)	73.8	D _b =M _{0b} /(μS_b)
		実効応力	σ_b (MPa)	3.80	$\sigma_b = (D_b/W_b)/(D_a/W_a) \Delta\sigma_a$
		短周期レベル	A _b (Nm/s ²)	5.92×10 ¹⁸	A _b =4 $\pi (S_b/\pi)^{0.5} \sigma_b \beta^2$
高周波遮断周波数		f _{max} (Hz)	6	鶴来ほか(1997) ⁽⁷⁰⁾	

第6-13表(3) 「出戸西方断層による地震」の断層パラメータ
(断層傾斜角と短周期レベルの不確かさを重畳させたケース)

断層パラメータ		設定値	設定方法		
巨視的断層パラメータ	走向	θ (°)	0	地質調査結果に基づき設定	
	断層傾斜角	δ (°)	45	地質調査結果に不確かさを考慮し設定	
	長さ	L (km)	28.7	基本モデルの長さを採用	
	幅	W (km)	17.0	地震発生層厚さと断層傾斜角から設定	
	断層面積	S (km ²)	487.9	S=L×W	
	上端深さ	h (km)	3.0	微小地震データ等を参考に設定	
	下端深さ	h (km)	15.0	微小地震データ等を参考に設定	
	地震モーメント	M ₀ (Nm)	1.32×10 ¹⁹	M ₀ =(S/4.24×10 ¹¹) ² ×10 ⁻⁷ (入倉・三宅 ⁽⁶⁷⁾)	
	気象庁マグニチュード	M	7.2	logM ₀ =1.17M+10.72 (武村 ⁽⁶⁸⁾ (1990))	
	モーメントマグニチュード	M _w	6.7	logM ₀ =1.5M _w +9.1 (Kanamori ⁽⁷¹⁾ (1977))	
	剛性率	μ (N/m ²)	2.94×10 ¹⁰	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$	
	S波速度	β (km/s)	3.3	$\beta = \alpha / \sqrt{3}$ $\alpha = 5.8\text{km/s}$ (物理探査学会 ⁽⁶⁸⁾ (1989))	
	平均すべり量	D (cm)	92.3	D=M ₀ /(μ S)	
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	2.99	$\Delta\sigma = (7/16) (M_0/R^3)$	
	破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.4	V _r =0.72 β (Geller ⁽⁶⁴⁾ (1976))	
短周期レベル	A (Nm/s ²)	1.25×10 ¹⁹	A = 2.46×10 ¹⁰ ×(M ₀ ×10 ⁷) ^{1/3}		
微視的断層パラメータ	アスペリティ全体	面積	S _a (km ²)	80.9	S _a = πr^2 , r=(7 π M ₀ β^2)/(4AR), R=(S/ π) ^{0.5}
		地震モーメント	M _{0a} (Nm)	4.41×10 ¹⁸	M _{0a} = μ S _a D _a
		平均すべり量	D _a (cm)	185.5	Somerville et al. (1999) ⁽⁶²⁾
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$ (MPa)	27.1	$\Delta\sigma_a = (S/S_a) \Delta\sigma$, 不確かさを考慮し1.5倍
		短周期レベル	A _a (Nm/s ²)	1.88×10 ¹⁹	A _a =4 π (S _a / π) ^{0.5} $\Delta\sigma_a \beta^2$
	背景領域	面積	S _b (km ²)	407.0	S _b =S-S _a
		地震モーメント	M _{0b} (Nm)	8.83×10 ¹⁸	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
		平均すべり量	D _b (cm)	73.8	D _b =M _{0b} /(μ S _b)
		実効応力	σ_b (MPa)	5.70	$\sigma_b = (D_b/W_b)/(D_a/W_a) \Delta\sigma_a$
		短周期レベル	A _b (Nm/s ²)	8.88×10 ¹⁸	A _b =4 π (S _b / π) ^{0.5} $\sigma_b \beta^2$
高周波遮断周波数		f _{max} (Hz)	6	鶴来ほか ⁽⁷⁰⁾ (1997)	

第6-14表 各距離減衰式の概要

距離減衰式	DB 対象地域	地震タイプ	主なパラメータ	M_w の範囲	距離の範囲	地盤条件・種別
Kanno et al. (2006) ⁽⁴⁵⁾	主に国内	内陸 プレート間 プレート内	M_w , 断層最短距離, 震源深さ, V_{s30} ^(*)	5.5~8.2	1~500km	100< V_{s30} <1400m/s
Zhao et al. (2006) ⁽⁴⁶⁾			M_w , 断層最短距離, 震源深さ	5.0~8.3	0.3~300km	Soft soil~Hard rock(Hard rock $V_s=2000$ m/s)
内山・翠川 (2006) ⁽⁴⁷⁾			日本周辺	M_w , 断層最短距離, 震源深さ	5.5~8.3	300km 以内
片岡ほか (2006) ⁽⁴⁸⁾	国内	内陸 海溝性	M_w , 断層最短距離, 短周期レベル	陸: 4.9~6.9 海: 5.2~8.2	250km 以内	I種, II種, III種地盤 および工学的基盤
Abrahamson et al. (2014) ⁽⁴⁹⁾	国内外	内陸	M_w , 断層最短距離, V_{s30} , 断層上端深さ	3.0~8.5	0~300km	180 $\leq V_{s30} \leq 1000$ m/s
Boore et al. (2014) ⁽⁵⁰⁾	国内外	内陸	M_w , 断層面の地表投影面 への最短距離, V_{s30}	3.0~8.5 (横ずれ, 逆断層) 3.0~7.0 (正断層)	0~400km	150 $\leq V_{s30} \leq 1500$ m/s
Campbell et al. (2014) ⁽⁵¹⁾	国内外	内陸	M_w , 断層最短距離, V_{s30} , 断層上端深さ	3.3~8.5 (横ずれ断層) 3.3~8.0 (逆断層) 3.3~7.5 (正断層)	0~300km	150 $\leq V_{s30} \leq 1500$ m/s
Chiou et al. (2014) ⁽⁵²⁾	国内外	内陸	M_w , 断層最短距離, V_{s30} , 断層上端深さ	3.5~8.5 (横ずれ断層) 3.5~8.0 (逆・正断層)	0~300km	180 $\leq V_{s30} \leq 1500$ m/s
Idriss (2014) ⁽⁵³⁾	国内外	内陸	M_w , 断層最短距離, V_{s30}	5 $\leq M_w$	≤ 150 km	450m/s $\leq V_{s30}$

※ V_{s30} =表層地盤 (地表からおよそ 30m の深さまで) の平均S波速度

第6-15表 要素地震の震源パラメータ（内陸地殻内地震）

発生日 ^{※1}	北緯 ^{※1} (°)	東経 ^{※1} (°)	深さ ^{※1} (km)	M ^{※1}	M ₀ ^{※2} (Nm)	走向 ^{※2} (°)	断層 傾斜角 ^{※2} (°)	すべり角 ^{※2} (°)	品質 ^{※2}
1999. 9. 13	40.9317	141.2670	14.72	4.0	1.26E+15	194;32	66;25	83;106	91.99

※1：気象庁カタログ⁽¹⁰⁾による。

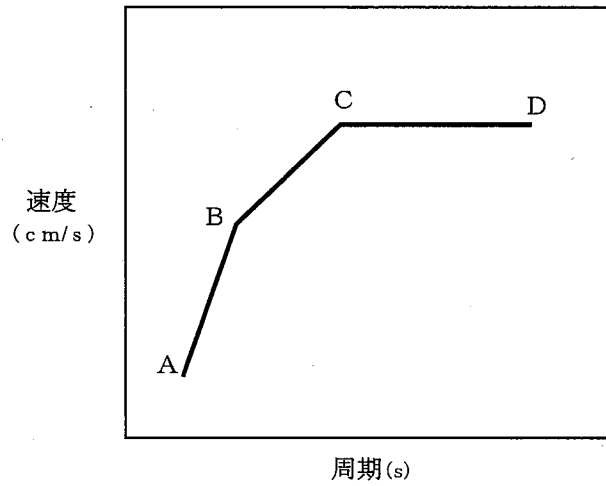
※2：防災科学技術研究所F-net⁽⁷⁹⁾による。

第6-16表 検討対象地震

No.	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/ 6/14, 8:43	M _w 6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/ 6, 13:30	M _w 6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/ 3/12, 3:59	M _w 6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/ 3/26, 17:31	M _w 6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/ 7/26, 7:13	M _w 6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/ 8/11, 3:12	M _w 6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/ 5/13, 14:38	M _w 6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/ 9/ 3, 16:58	M _w 5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/ 3/15, 22:31	M _w 5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/ 6/25, 18:50	M _w 5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/ 3/19, 18:56	M _w 5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/ 2/25, 16:23	M _w 5.8
13	2004年北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	M _w 5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/ 4/20, 6:11	M _w 5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/ 3/10, 2:25	M _w 5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/ 7/ 5, 19:18	M _w 5.0

第6-17表 $S_s - A_H$, $S_s - A_V$ の設計用応答スペクトルのコントロールポイント

応答スペクトル		コントロールポイント			
		A	B	C	D
$S_s - A_H$	周期(s)	0.02	0.09	0.523	5
	速度(cm/s)	2.229	22.92	100	100
$S_s - A_V$	周期(s)	0.02	0.09	0.523	5
	速度(cm/s)	1.487	15.28	70	70



第6-18表 設計用模擬地震波 $S_s - A_H$, $S_s - A_V$ の振幅包絡線の経時的変化

基準地震動	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		T_b	T_c	T_d
$S_s - A_H$	136.88	16.6	47.5	136.88
$S_s - A_V$	136.88	16.6	47.5	136.88

第6-19表 設計用模擬地震波 $S_s - A_H$, $S_s - A_V$ の作成結果

基準地震動	最大加速度 (cm/s^2)	SI比	応答スペクトル比		
			平均値	最小値	標準偏差
$S_s - A_H$	700	1.03	1.02	0.95	0.03
$S_s - A_V$	467	1.04	1.01	0.89	0.02

$$SI\text{比} = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt}$$

$S_v(T)$: 設計用模擬地震波の応答スペクトル (cm/s)

$\bar{S}_v(T)$: 目標とする設計用応答スペクトル (cm/s)

T : 固有周期 (s)

第6-20表 基準地震動S s - B 1 ~ B 5

基準地震動		NS 方向	EW 方向	UD 方向
S s - B 1	出戸西方断層による地震 (短周期レベルの不確かさケース) [破壊開始点2]	410	487	341
S s - B 2	出戸西方断層による地震 (短周期レベルと断層傾斜角の不確かさを重畳させたケース) [破壊開始点1]	429	445	350
S s - B 3	出戸西方断層による地震 (短周期レベルと断層傾斜角の不確かさを重畳させたケース) [破壊開始点2]	443	449	406
S s - B 4	出戸西方断層による地震 (短周期レベルと断層傾斜角の不確かさを重畳させたケース) [破壊開始点3]	538	433	325
S s - B 5	出戸西方断層による地震 (短周期レベルと断層傾斜角の不確かさを重畳させたケース) [破壊開始点4]	457	482	370

第6-21表 基準地震動S_s-C1~C4

基準地震動		NS 方向	EW 方向	UD 方向
S _s -C1	2004年北海道留萌支庁南部地震(K-NET港町)	620		320
S _s -C2	2008年岩手・宮城内陸地震(栗駒ダム[右岸地山])	450 ^{*1}	490 ^{*2}	320
S _s -C3	2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net金ヶ崎)	430	400	300
S _s -C4	2008年岩手・宮城内陸地震(KiK-net-関東)	540	500	—

※1：ダム軸方向
 ※2：上下流方向

第6-22表 ロジックツリーに反映する活断層の諸元
(特定震源 出戸西方断層以外の断層による地震)

震源として考慮する活断層 (出戸西方断層は除く)	断層長さ (k m)	M	平均活動間隔 (年)	等価震源距離 X_{eq} (k m)
横浜断層	15	6.8	24,000	22
上原子断層～七戸西方断層	51	7.7	83,000	42
折爪断層	53	7.7	8,300	70
青森湾西岸断層帯	31	7.3	4,500	63
津軽山地西縁断層帯北部	16	7.3	2,400	62
津軽山地西縁断層帯南部	23	7.3	3,600	60
F-a 断層	20	7.0	3,100	60
F-b 断層	15	6.8	2,400	60
F-c 断層	15	6.8	2,400	41
F-d 断層	6	6.8	2,400	15

第6-23表(1) 各領域における最大地震規模
(領域震源 プレート間地震)

領域震源区分 ^{※1}	地震調査委員会 モデル1	地震調査委員会 モデル2
①十勝根室 ^{※2}	6.9	8.0
	7.1	
②三陸沖北部 ^{※2}	7.0	7.9
	7.1~7.6	
③三陸~房総沖海溝寄り	8.0	8.0
④三陸沖中部	8.0	8.2

※1: 領域震源区分は、地震調査委員会⁽⁴³⁾(2013)による。

※2: 地震調査委員会モデル1の上段は震源不特定、下段は繰り返し以外の特定震源の地震規模を示す。

第6-23表(2) 各領域における最大地震規模
(領域震源 海洋プレート内地震)

領域震源区分※1	地震調査委員会 モデル1	地震調査委員会 モデル2
①三陸沖北部 ②三陸沖中部 ③東北陸側プレート内	7.5	8.2
④十勝根室 ⑤千島陸側プレート内※2	7.5	8.2
	8.2	
	7.5	
⑥三陸～房総沖海溝寄り	8.2	8.2

※1：領域震源区分は、地震調査委員会⁽⁴³⁾(2013)による。

※2：地震調査委員会モデル1の上段は震源不特定、中段はやや浅い地震、下段はやや深い地震を示す。

第6-23表(3) 各領域における最大地震規模
(領域震源 内陸地殻内地震)

領域震源区分 ^{※1}	地震調査委員会 モデル1	地震調査委員会 モデル2
①東北日本弧外帯	6.8	7.3
②東北日本弧内帯	7.2	7.3
③東北日本弧外帯北部 ^{※2}	6.8	7.3
④東北日本弧内帯北部 ^{※2}	7.2	7.3
⑤千島弧外帯西端部	6.8	7.3
⑥浦河沖 ^{※3}	7.1	7.3
⑦礼文樺戸帯	6.8	7.3
⑧日本海東縁変動帯	7.3	7.5

※1：領域震源区分は、地震調査委員会⁽⁴³⁾(2013)による。

※2：東北日本弧外帯(内帯)のうち、北緯40°～43°の範囲に限定した小領域

※3：千島弧外帯西端部のうち、地震調査委員会⁽⁷²⁾(2005)において、「浦河沖の震源断層を予め特定しにくい地震」の地域区分に設定されている小領域

第6-24表 解放基盤表面以浅の地盤モデル

(a) 第1 ガラス固化体貯蔵建屋 (西側地盤)

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比 ν_d	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	せん断弾性 係数G ($\times 10^3$ N/m ²)	減衰定数 h (%)
建屋底面▽ 35.2	15.9	0.438	570	1720	527	3.0
17.0						
-22.0	15.6	0.432	580	1680	535	
-50.0	16.4	0.431	590	1690	582	
解放基盤表面▽ -70.0	17.0	0.409	730	1860	923	
	15.9	0.404	780	1940	987	

(b) 前処理建屋 (中央地盤)

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比 ν_d	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	せん断弾性 係数G ($\times 10^3$ N/m ²)	減衰定数 h (%)
建屋底面▽ 33.2	18.2	0.406	760	1910	1075	3.0
22.0						
4.0	18.2	0.399	800	1950	1192	
解放基盤表面▽ -70.0	17.8	0.393	820	1950	1225	
	17.0	0.393	820	1950	1164	

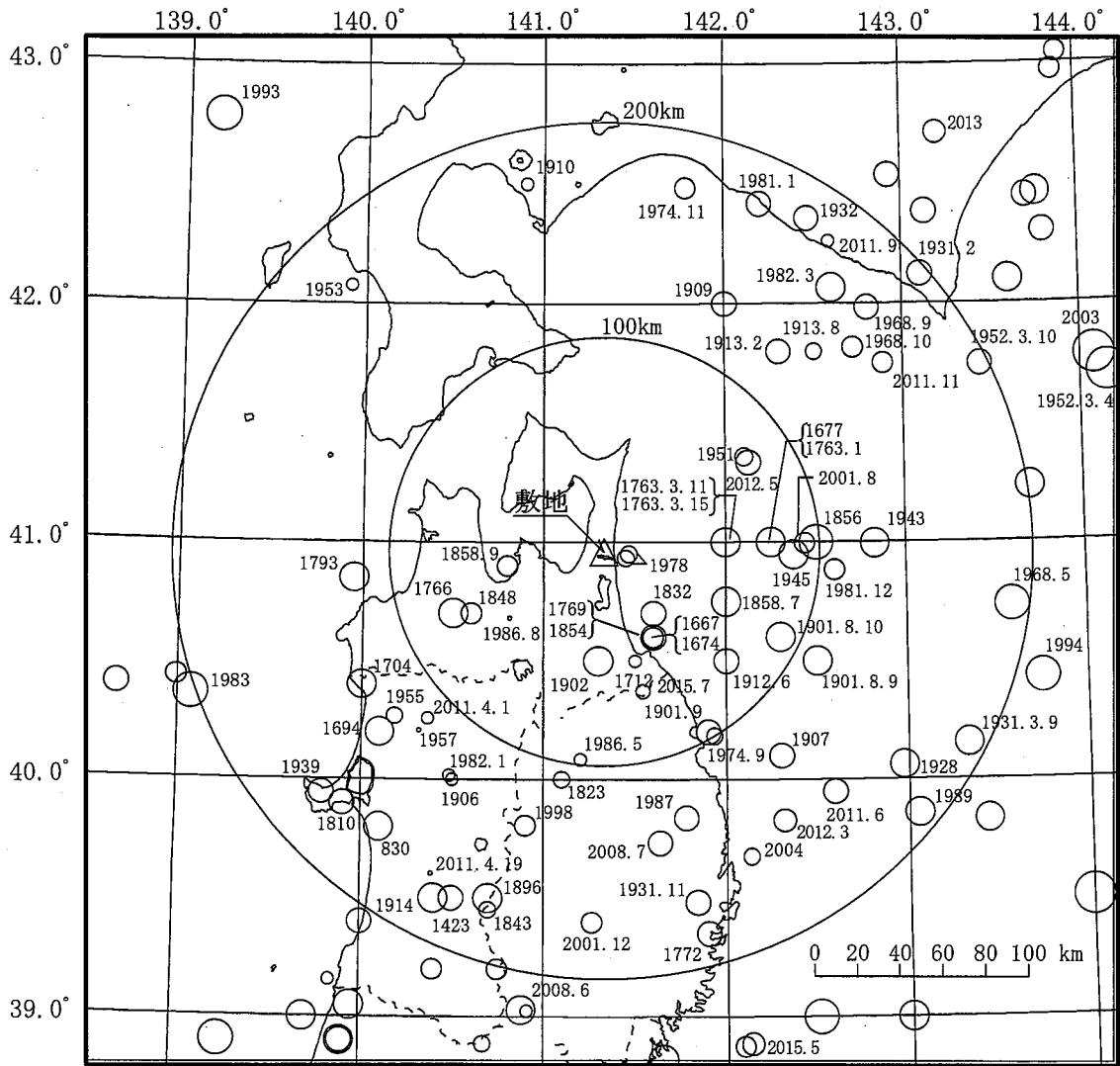
(c) ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋 (東側地盤)

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比 ν_d	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	せん断弾性 係数G ($\times 10^3$ N/m ²)	減衰定数 h (%)
建屋底面▽ 35.0	15.7	0.435	580	1710	538	3.0
23.0						
-18.0	15.3	0.407	740	1870	855	
解放基盤表面▽ -70.0	17.4	0.381	890	2030	1403	
	18.1	0.370	930	2050	1601	

第7-1表 弾性設計用地震動S dの最大加速度

(単位 : cm/s²)

弾性設計用地震動	NS 方向	EW 方向	UD 方向
Sd-A	364.0		242.8
Sd-B1	205.1	243.7	170.6
Sd-B2	214.7	222.4	175.0
Sd-B3	221.3	224.7	202.8
Sd-B4	269.1	216.4	162.5
Sd-B5	228.5	241.1	185.1
Sd-C1	310.0		160.0
Sd-C2	225.0	245.0	160.0
Sd-C3	215.0	200.0	150.0
Sd-C4	270.0	250.0	—

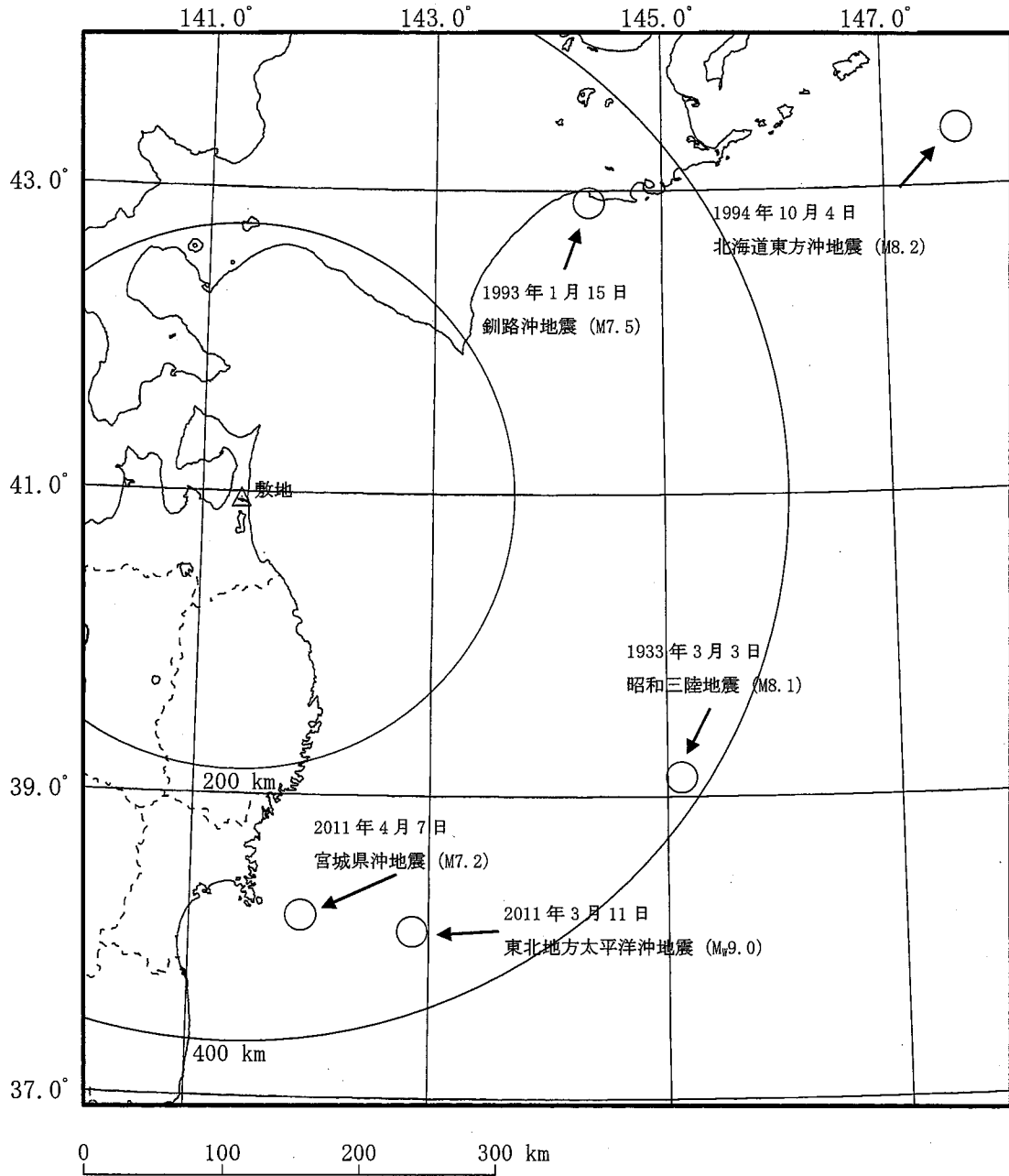


図中の数字は地震発生年（同年（同年月）の地震が複数存在する場合には年月（年月日））

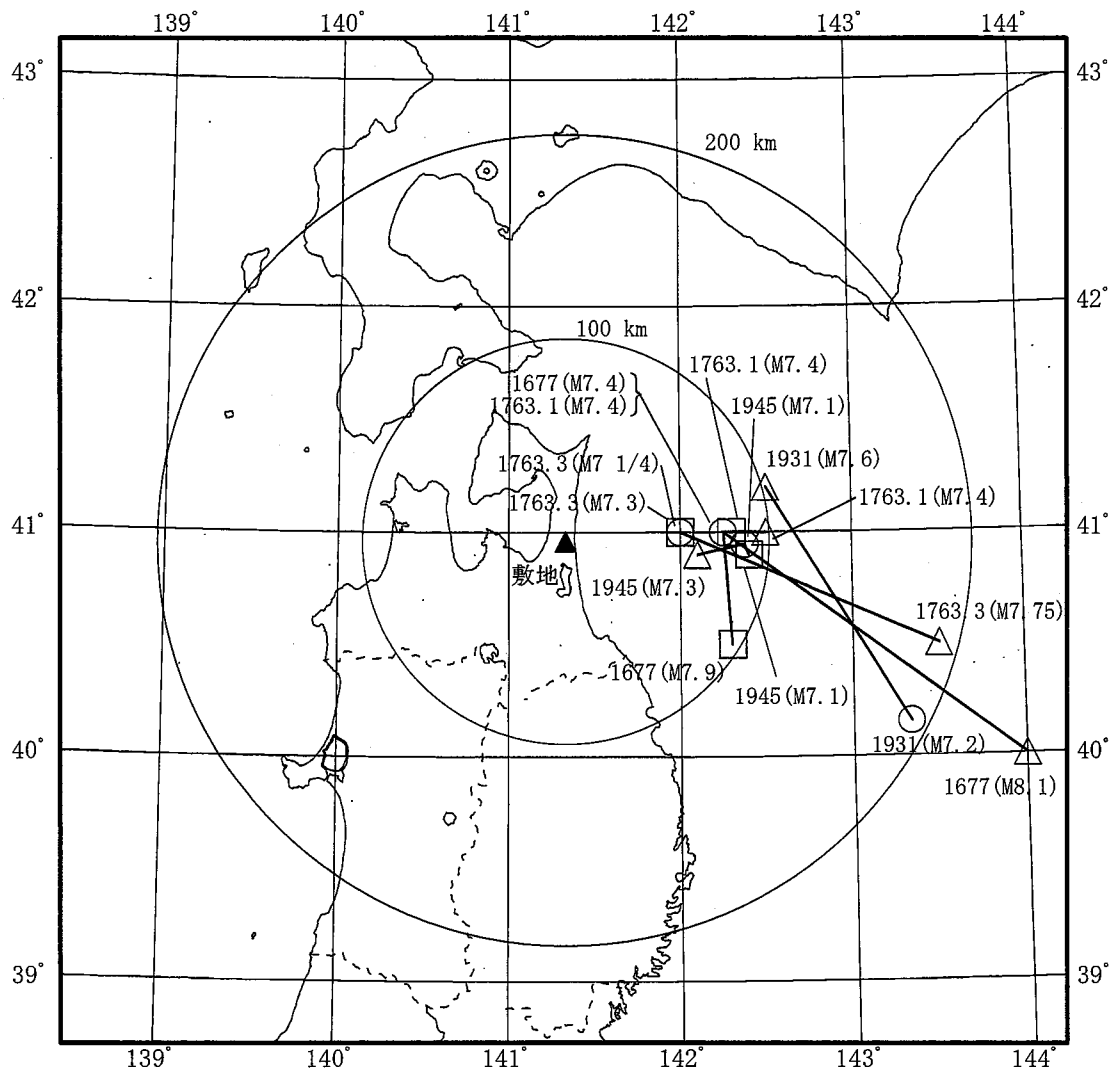
地震諸元は、1884年以前の地震については「日本被害地震総覧」による値を、1885年以降1922年以前の地震については「宇津カタログ」による値を、1923年以降の地震については「気象庁地震カタログ」による値を用いている。

凡例	
○	8.0 ≤ M
○	7.5 ≤ M < 8.0
○	7.0 ≤ M < 7.5
○	6.5 ≤ M < 7.0
○	6.0 ≤ M < 6.5
○	5.5 ≤ M < 6.0
○	5.0 ≤ M < 5.5
•	M < 5.0

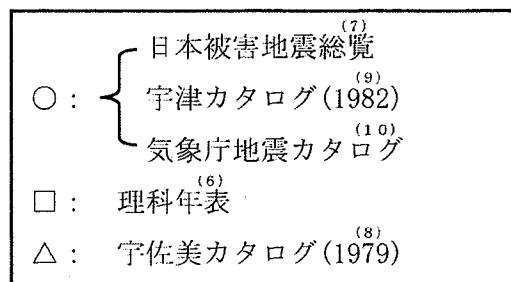
第3-1図(1) 敷地周辺の被害地震の震央分布
(敷地からの震央距離 200 km 程度以内)



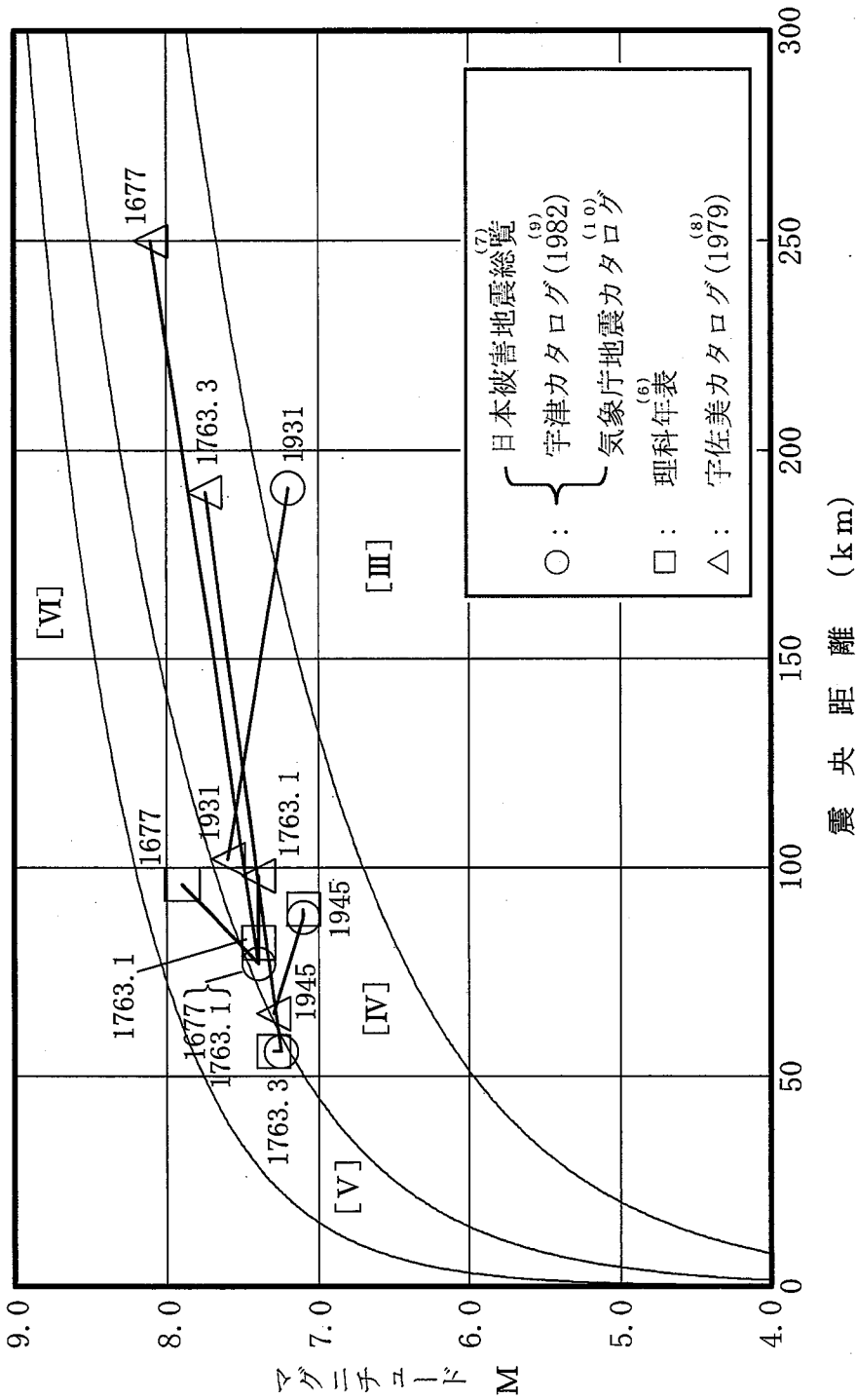
第3-1図(2) 敷地周辺の被害地震の震央分布
(敷地からの震央距離 200 km程度以遠)



図中の数字は地震発生年（同年の地震が複数存在する場合には年月）

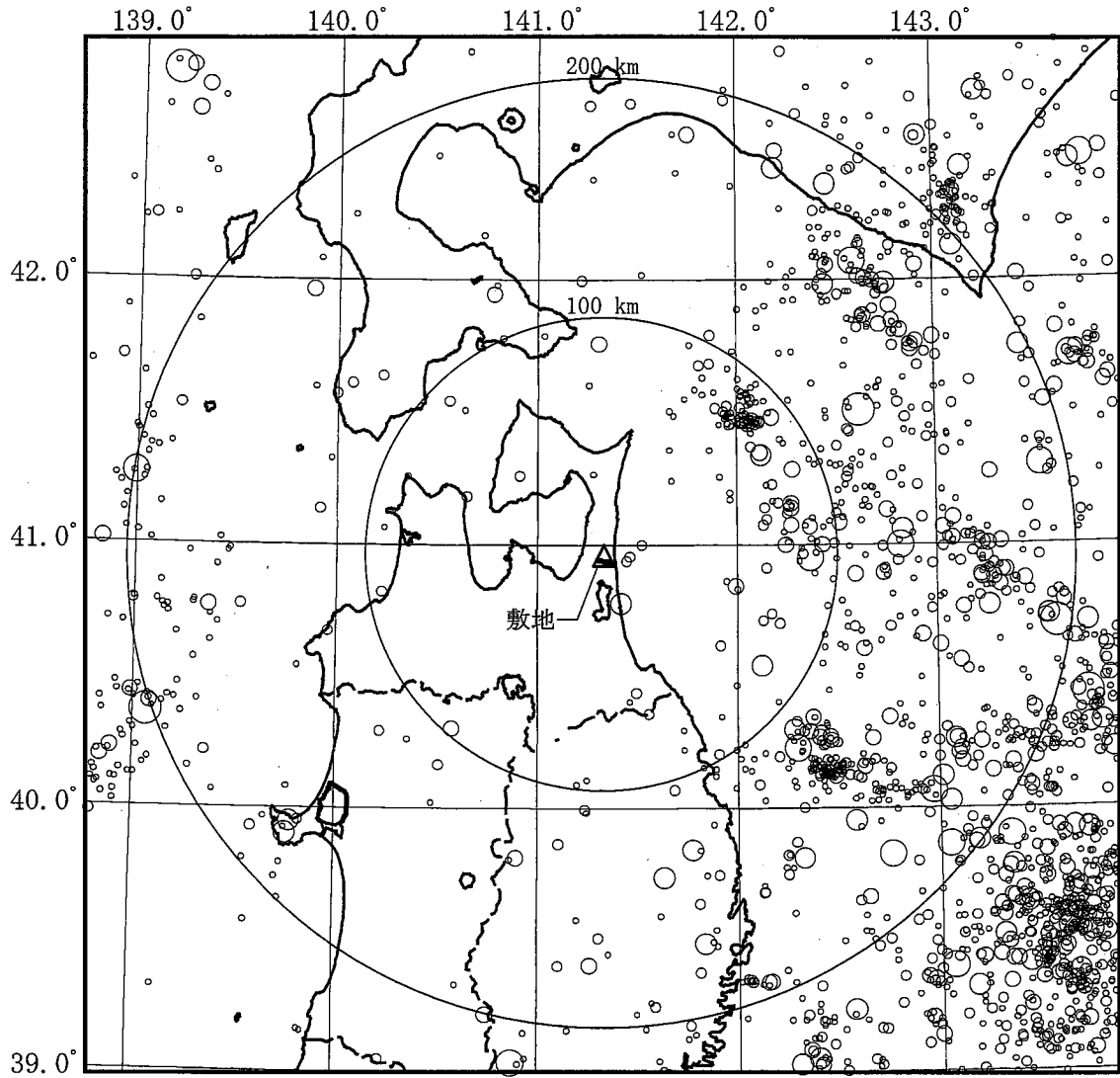


第3-3図 地震カタログ間で差異のみられる地震の震央分布



図中の数字は地震発生年 (同年の地震が複数存在する場合には年月)
 注) [III]~[VI]は気象庁震度階級で, 村松^(1,8) (1969), 勝又・徳永^(1,6) (1971) による。

第3-4図 地震カタログ間の差異による敷地への影響度の比較

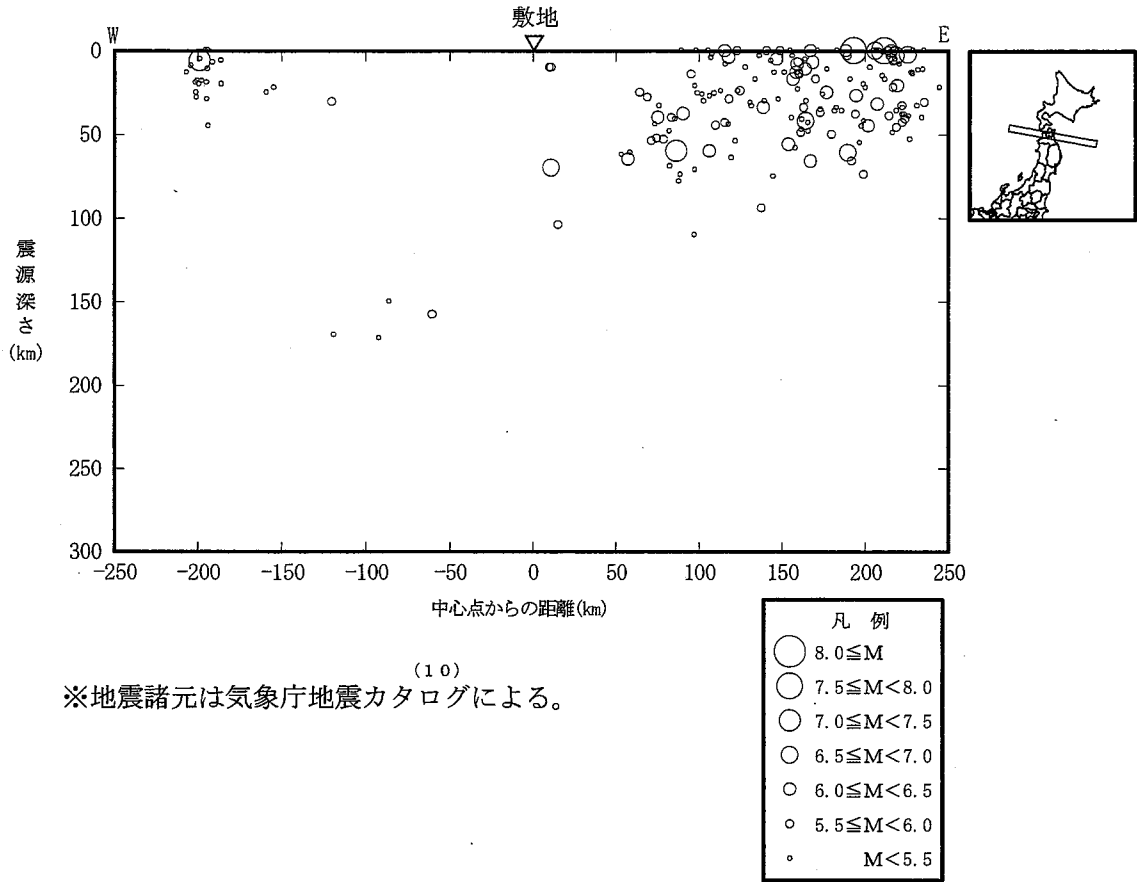


0 50 100 km

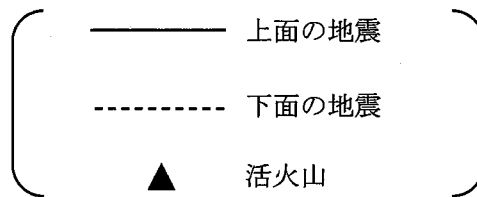
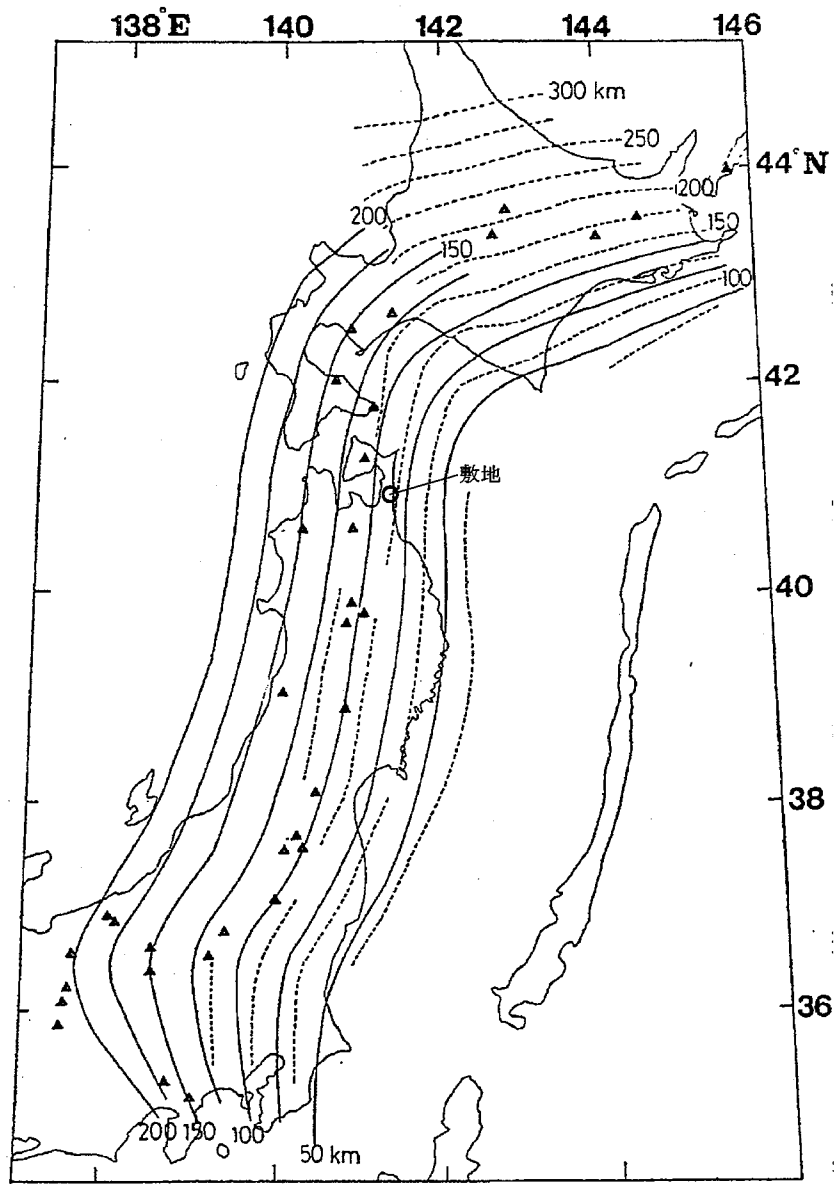
凡例	
○ (largest)	8.0 ≤ M
○	7.5 ≤ M < 8.0
○	7.0 ≤ M < 7.5
○	6.5 ≤ M < 7.0
○	6.0 ≤ M < 6.5
○	5.5 ≤ M < 6.0
○ (smallest)	M < 5.5

(10)
 ※地震諸元は気象庁地震カタログによる。

第 3 - 5 図 敷地周辺における M5.0 以上の中地震の震央分布
 (1923 年 ~ 2015 年 7 月)

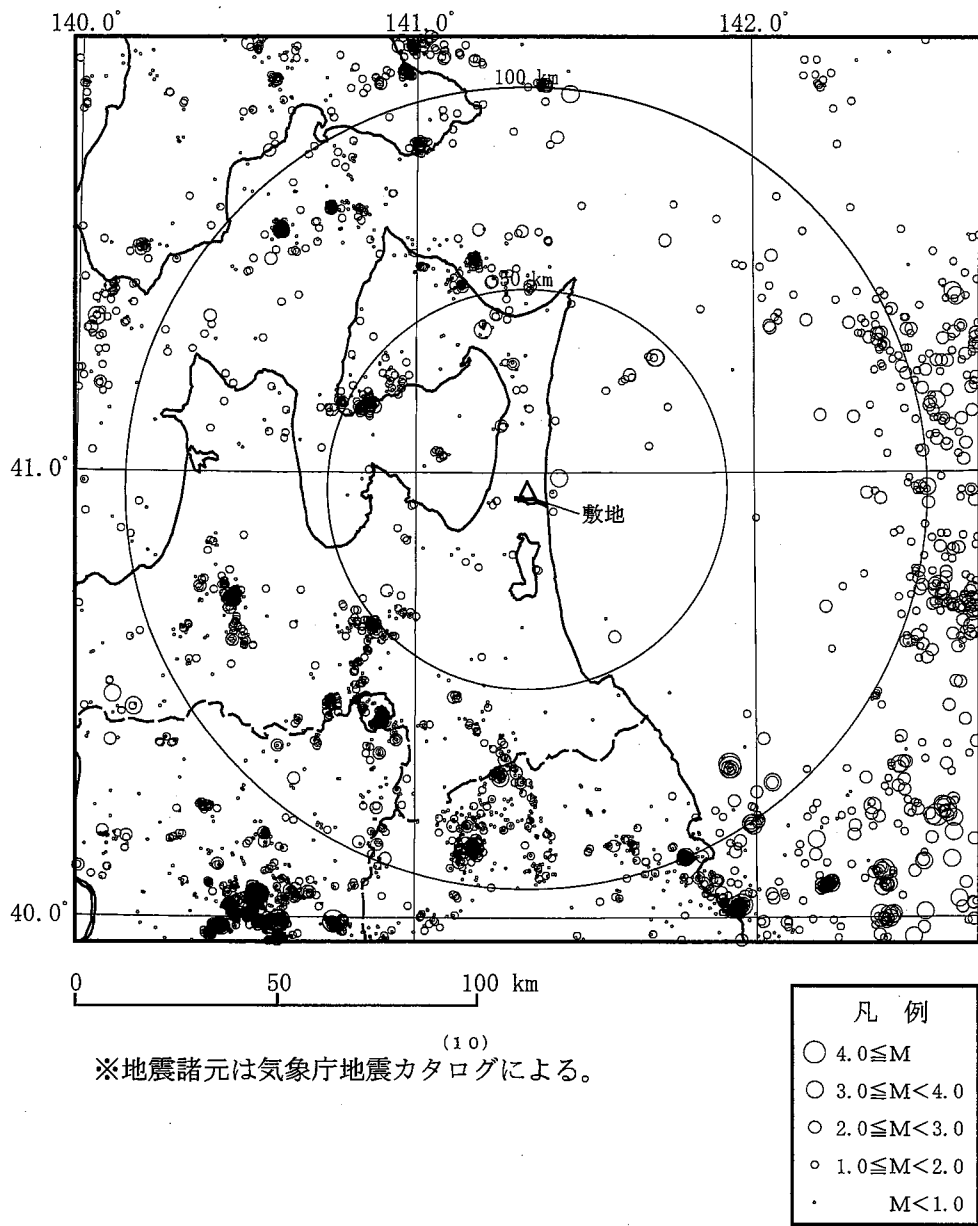


第3-6図 敷地周辺におけるM5.0以上の中地震の震源鉛直分布 (1923年~2015年7月)

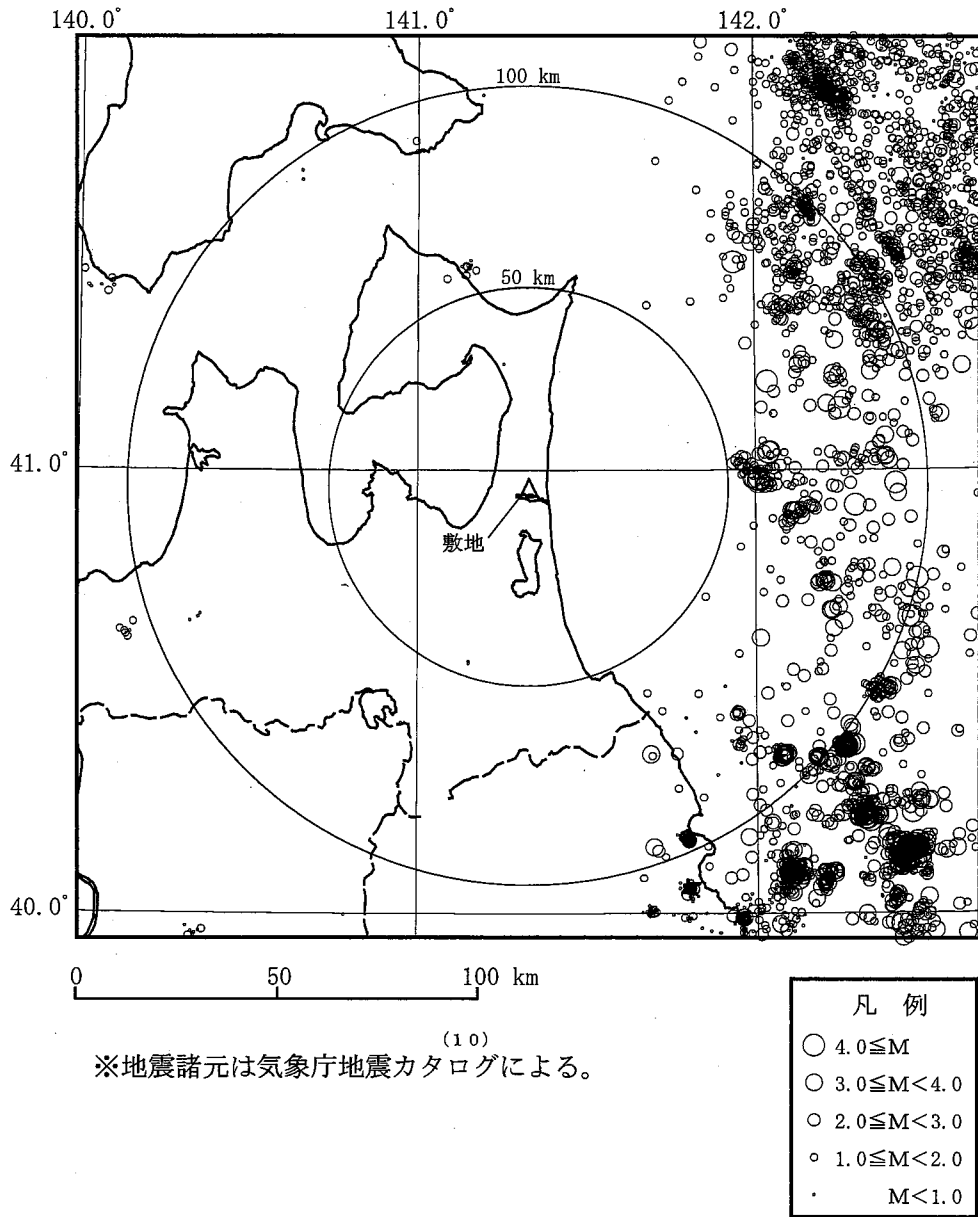


※長谷川ほか⁽⁶⁰⁾より抜粋・一部加筆

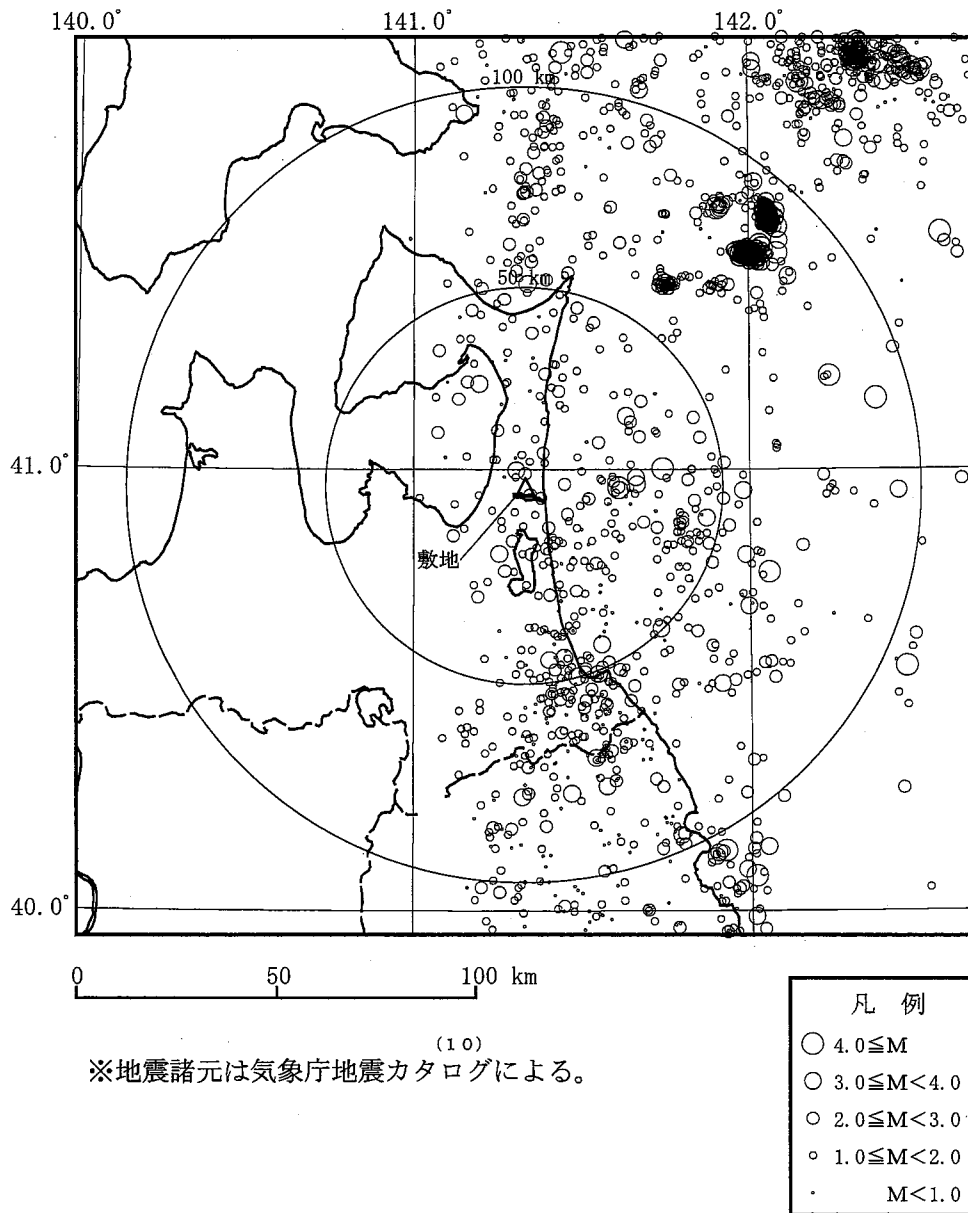
第 3 - 7 図 深発地震面の等深線



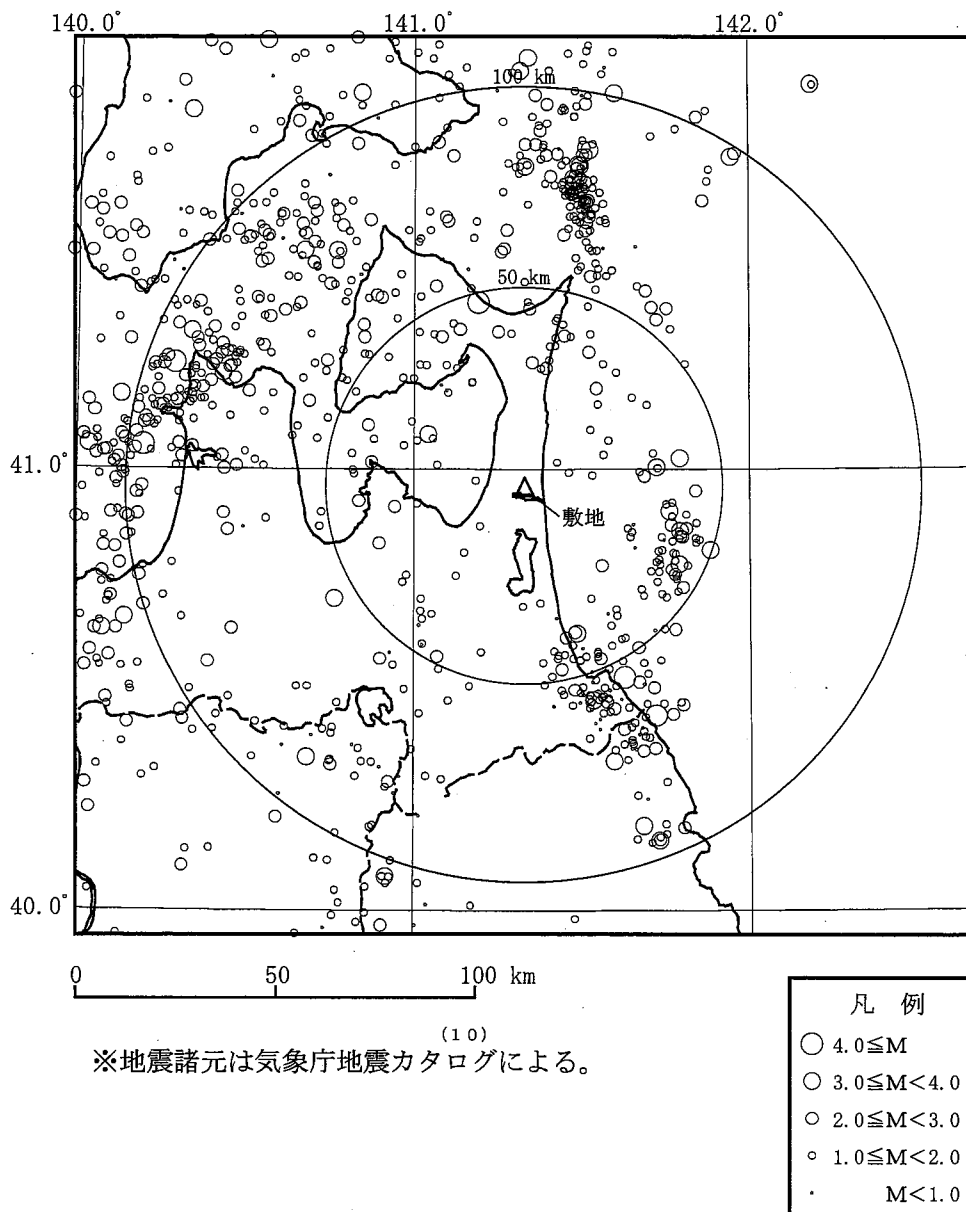
第3-8図(1) 敷地周辺におけるM5.0以下の小・微小地震の震央分布
(震源深さ0~30 km, 2012年~2015年7月)



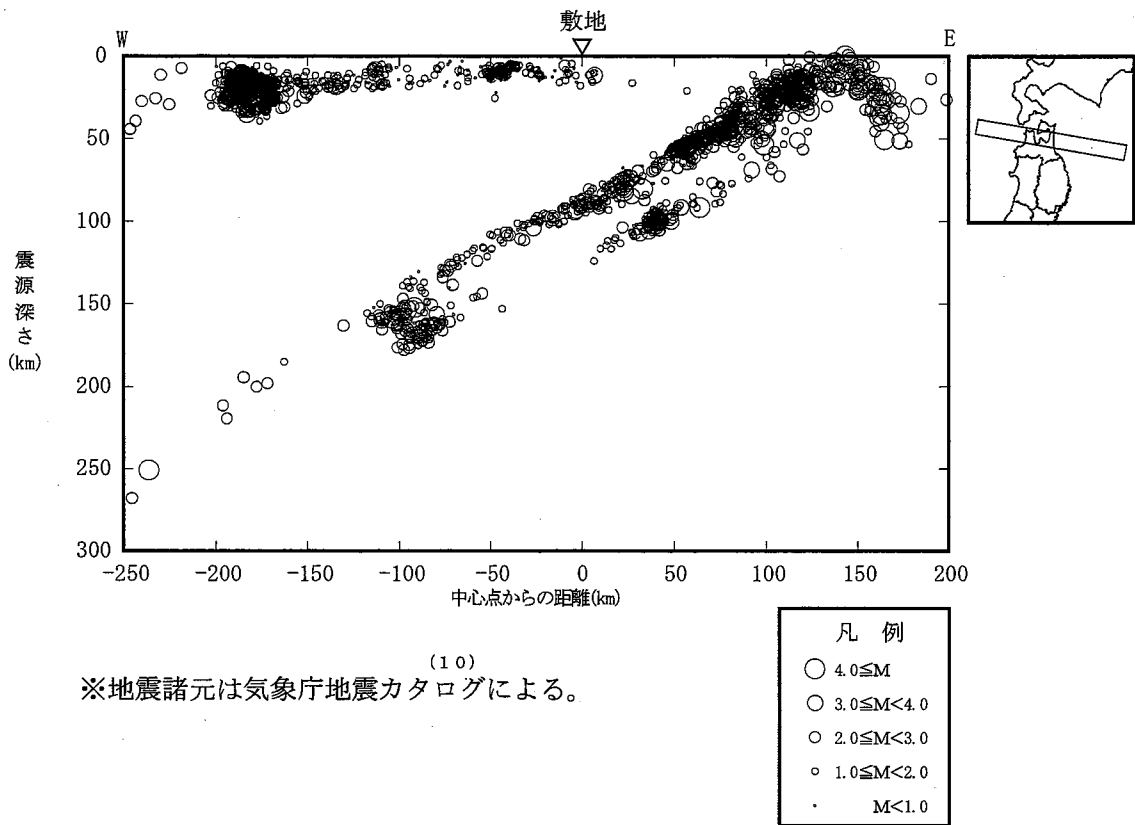
第3-8図(2) 敷地周辺におけるM5.0以下の小・微小地震の震央分布
(震源深さ30~60km, 2012年~2015年7月)



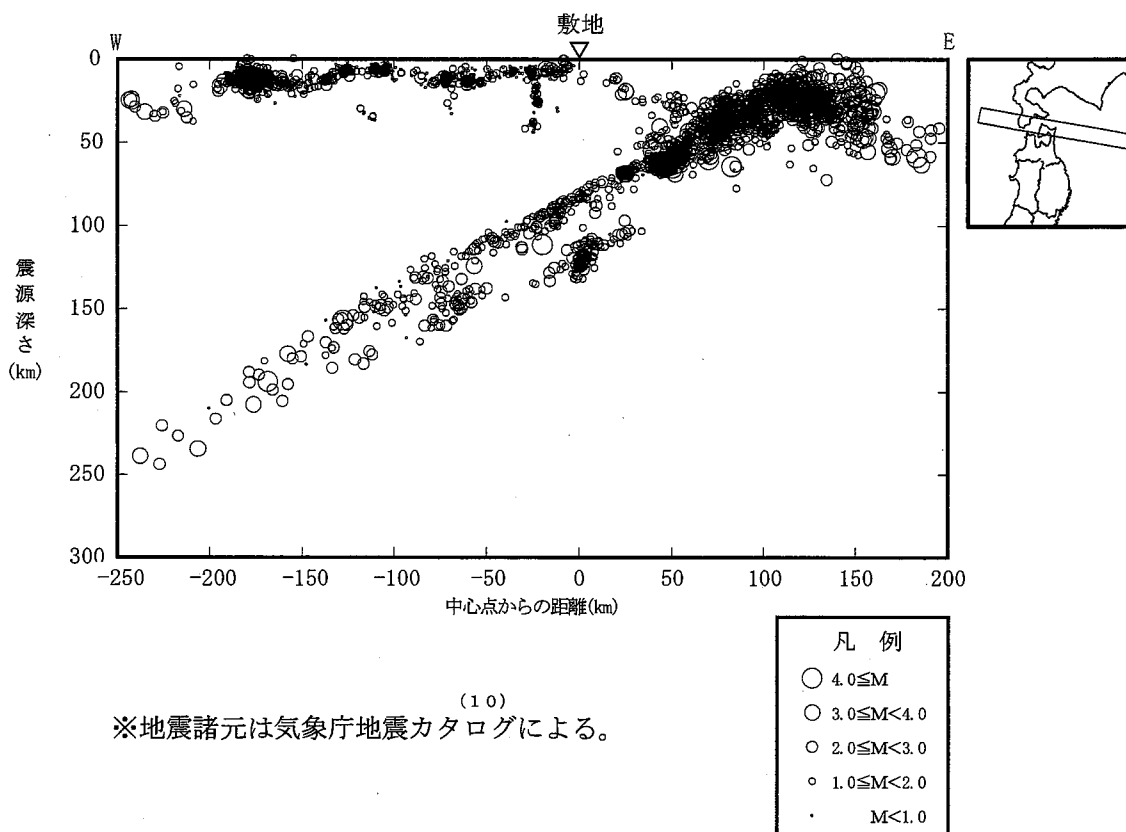
第3-8図(3) 敷地周辺におけるM5.0以下の小・微小地震の震央分布
(震源深さ60~100 km, 2012年~2015年7月)



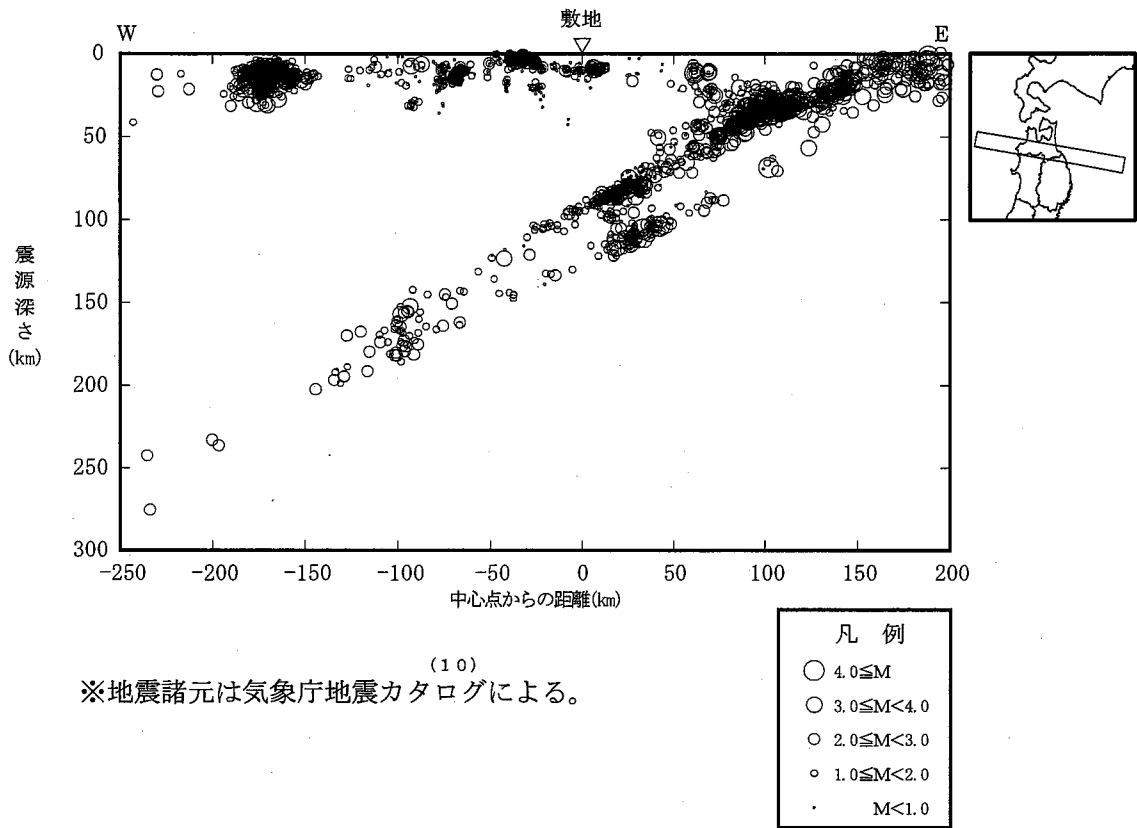
第 3 - 8 図(4) 敷地周辺におけるM5.0以下の小・微小地震の震央分布
(震源深さ 100 km以上, 2012年~2015年7月)



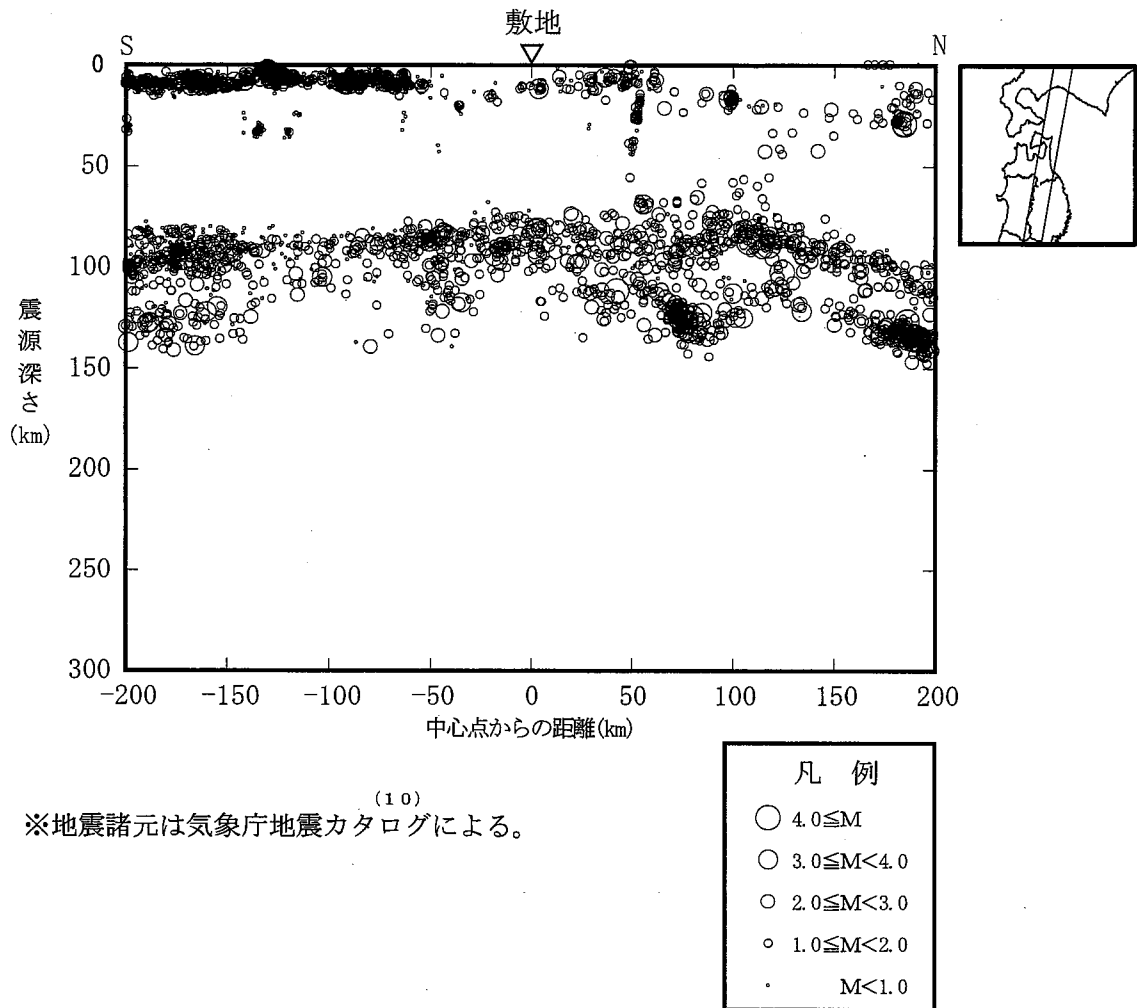
第3-9図(1) 敷地周辺におけるM5.0以下の小・微小地震の震源鉛直分布 (2012年~2015年7月)



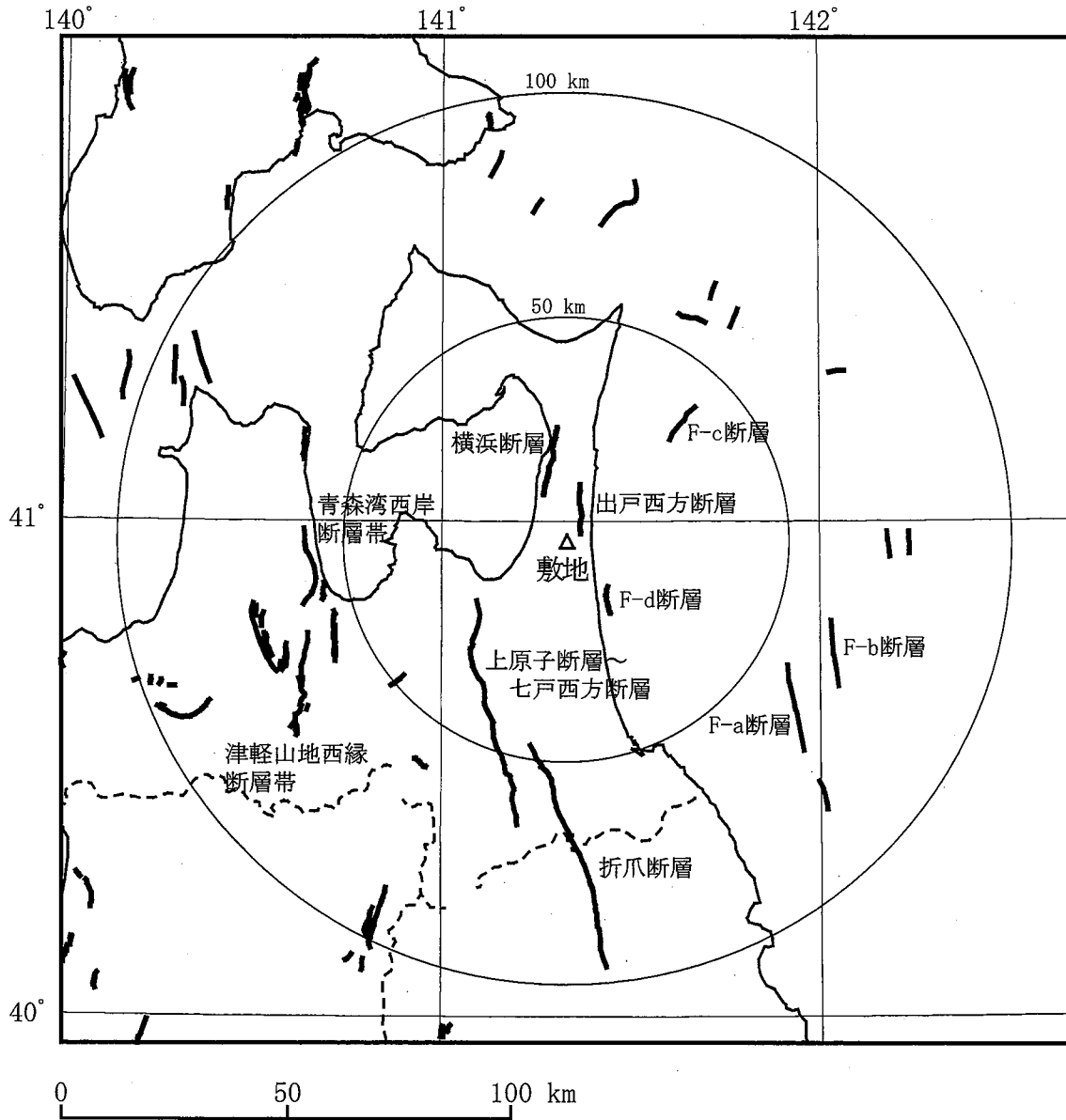
第3-9図(2) 敷地周辺におけるM5.0以下の小・微小地震の震源鉛直分布(2012年~2015年7月)



第 3 - 9 図(3) 敷地周辺における M5.0 以下の小・微小地震の震源鉛直分布 (2012 年~2015 年 7 月)

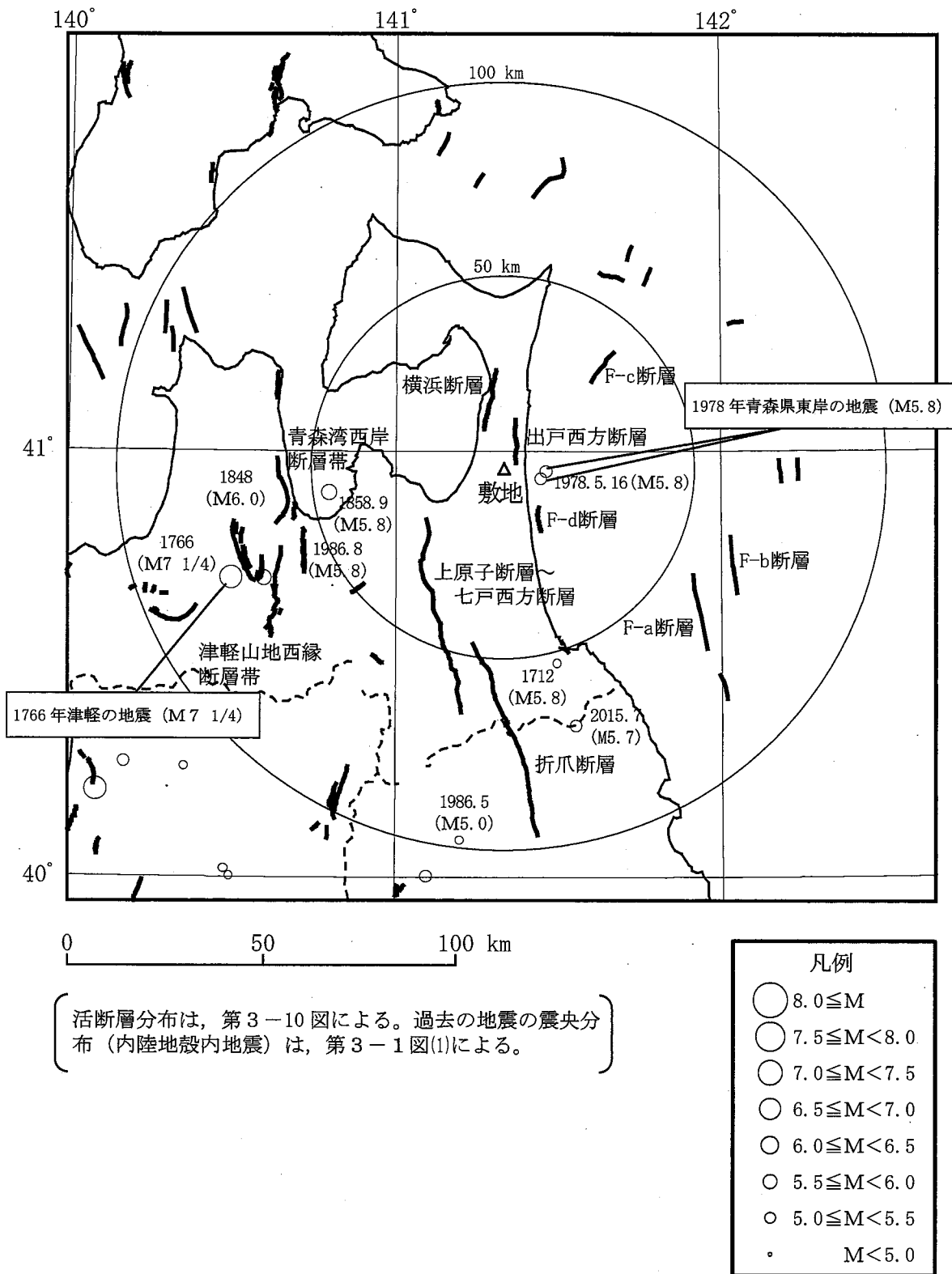


第 3 - 9 図(4) 敷地周辺における M5.0 以下の小・微小地震の震源鉛直分布 (2012 年~2015 年 7 月)

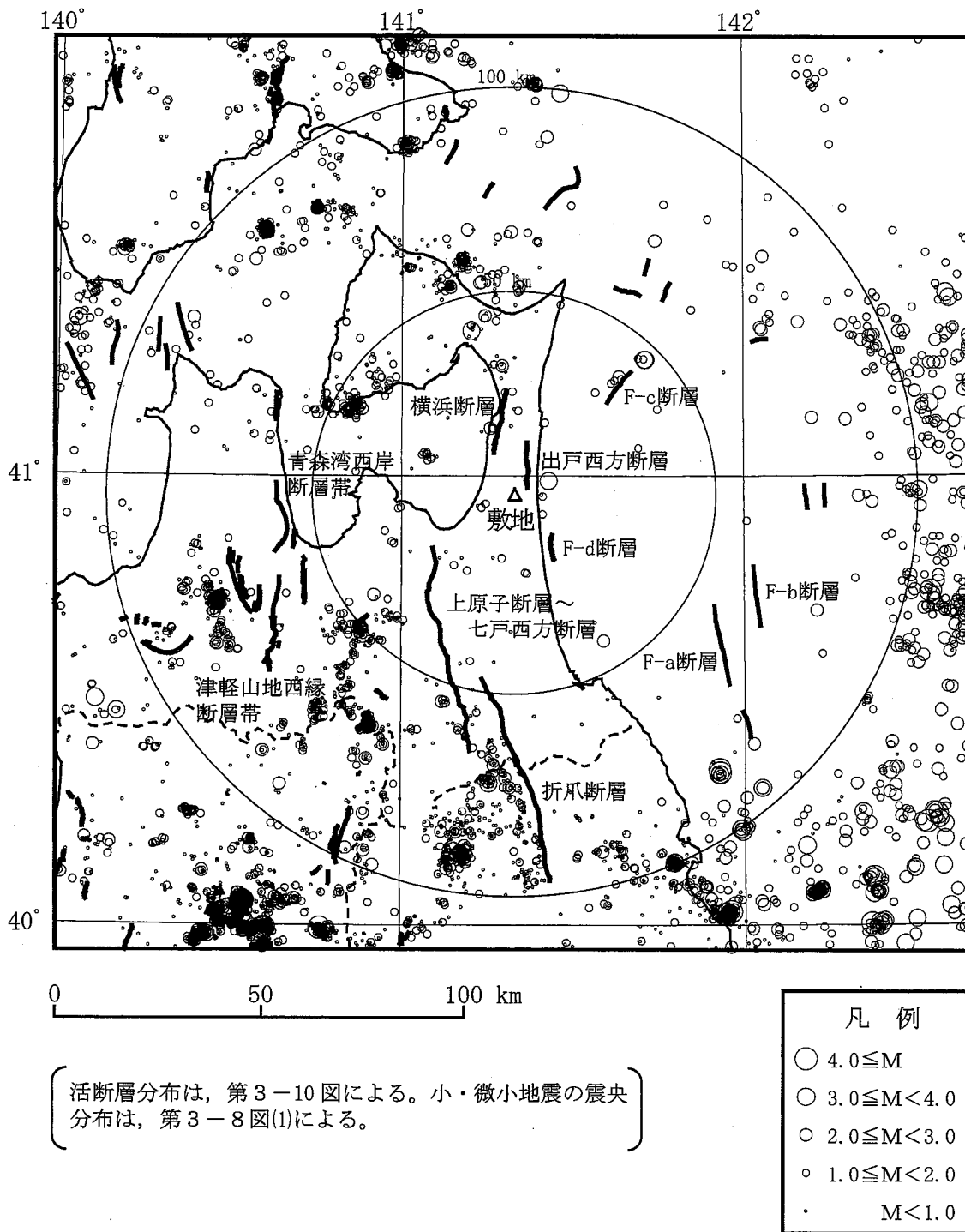


活断層分布は、「4. 地盤」及び「[新編]日本の活断層⁽¹⁸⁾」による。

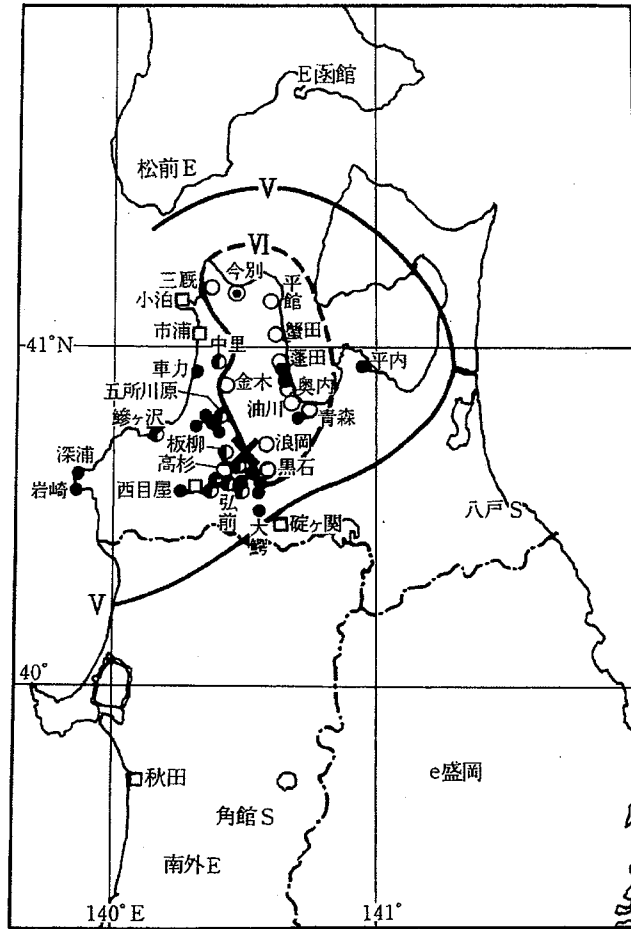
第3-10図 敷地周辺における活断層分布



第4-1図 活断層分布と過去の被害地震の震央分布



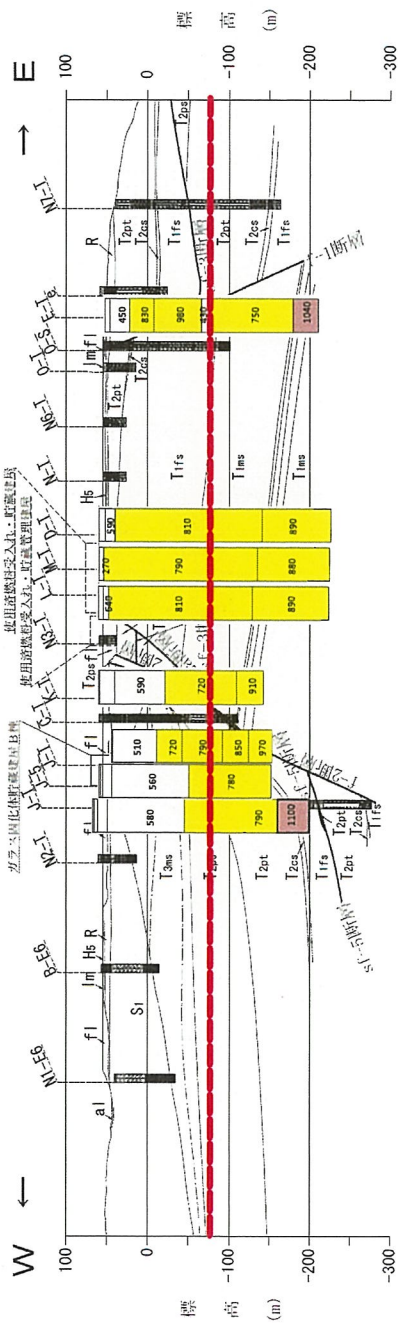
第4-2図 活断層分布と小・微小地震の震央分布



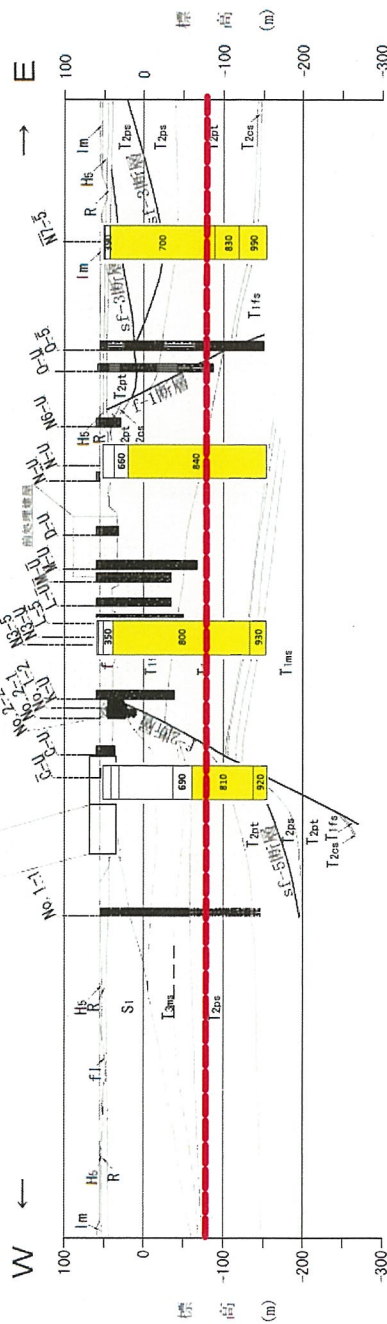
(7)
※「日本被害地震総覧」による。

第4-3図 1766年津軽の地震の震度分布

- : $700\text{m/s} \leq V_s < 1000\text{m/s}$
- : $1000\text{m/s} \leq V_s$
- : 解放基盤表面位置 (標高-70m)



(a) EW-2 断面



(b) EW-2 a 断面

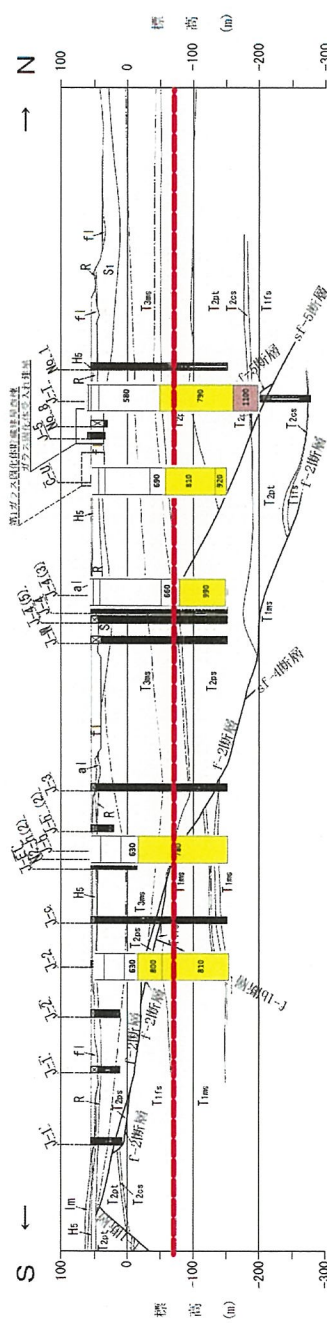


- | | |
|------|-----------------|
| fl | 盛土 |
| al | 柱状堆積層 |
| im | 沖積低地堆積層 |
| Hs | 火山灰層 |
| R | 中位段丘堆積層 |
| Si | 高位段丘堆積層 |
| T2ms | 六ヶ所層 |
| T2ps | 砂子又層下部層 |
| T2pt | 鷹架層上部層泥岩層 |
| T2ca | 鷹架層中部層軽石泥り砂岩層 |
| T1fs | 鷹架層中部層粗粒砂岩層 |
| T1ms | 鷹架層下部層粗粒砂岩層 |
| T1ps | 鷹架層下部層泥岩層 |
| T1ca | 鷹架層下部層泥岩層中の凝灰岩類 |

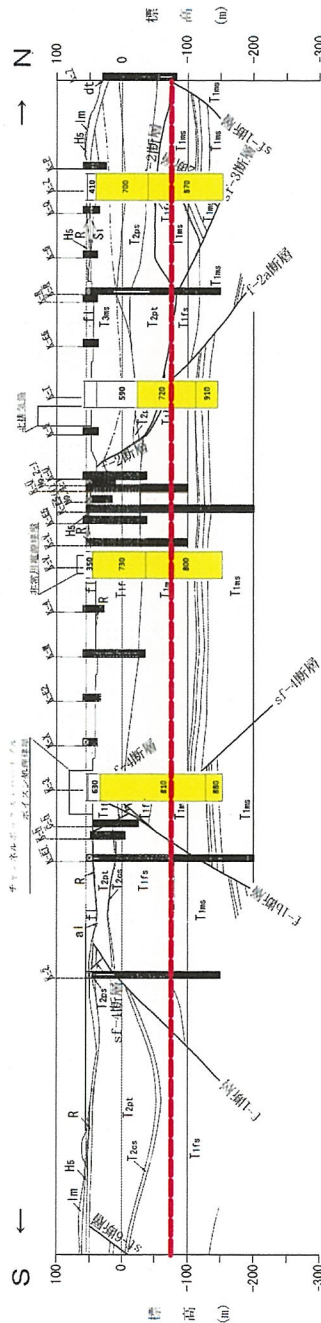
断面
ボーリング孔
(破線は投影孔 最大で31.25m投影。)

第5-1図(1) P S 検層結果 (東西断面その1)

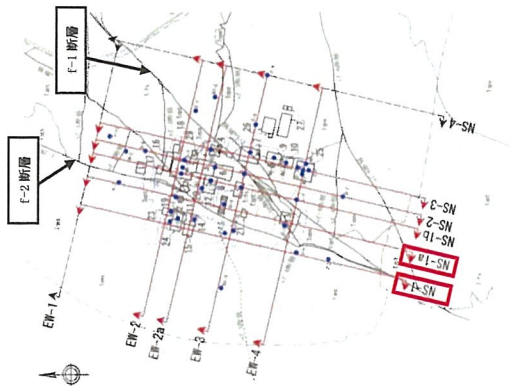
- : $700\text{m/s} \leq V_s < 1000\text{m/s}$
- : $1000\text{m/s} \leq V_s$
- : 解放基盤表面位置 (標高-70m)



(a) NS-1 断面



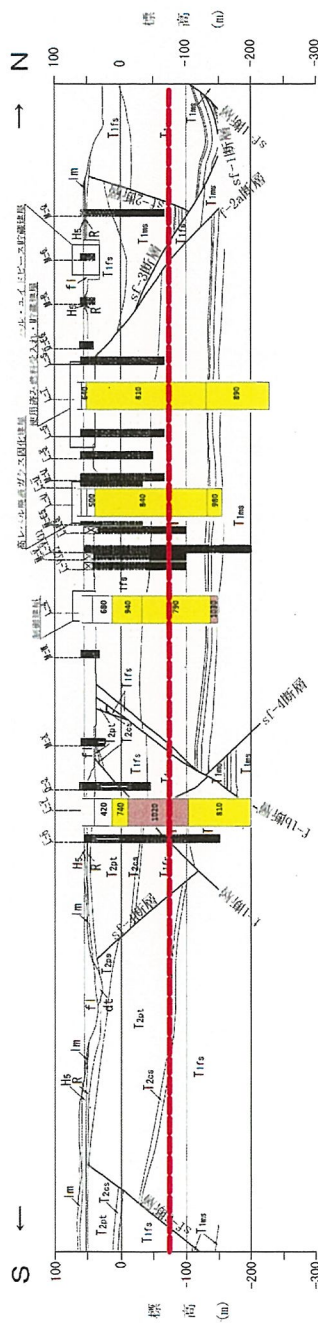
(b) NS-1 a 断面



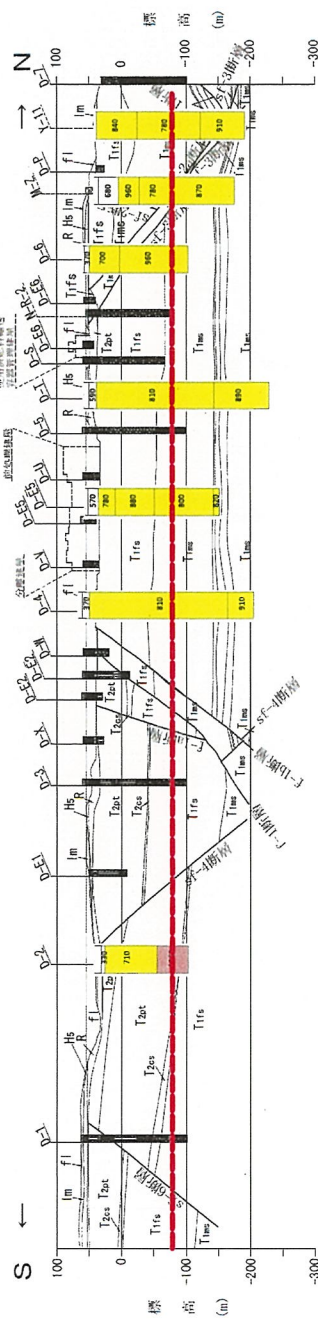
- | | |
|-----|-----------------|
| fl | 盛上 |
| dt | 雄雄地層層 |
| al | 神樂低地堆積層 |
| lm | 火山灰層 |
| Ml | 中位段丘堆積層 |
| Hs | 高位段丘堆積層 |
| R | 六ヶ所層 |
| Si | 砂子又層下部層 |
| Tms | 鷹架層上部層泥岩層 |
| Tps | 鷹架層上部層泥岩層中の凝灰岩 |
| Tzp | 鷹架層中部層凝灰石混り砂岩層 |
| Tcs | 鷹架層中部層凝灰石混り砂岩層 |
| Tfs | 鷹架層中部層粗粒砂岩層 |
| Tms | 鷹架層下部層細粒砂岩層 |
| Tms | 鷹架層下部層泥岩層 |
| Tms | 鷹架層下部層泥岩層中の凝灰岩類 |
- 断面
- ボーリング孔
(破線は投影孔、最大で31.25m投影。)
- 0 100 200m

第5-1図(3) P S検層結果 (南北断面その1)

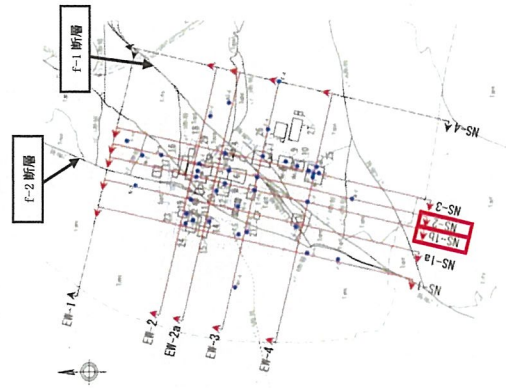
- : $700\text{m/s} \leq V_s < 1000\text{m/s}$
- : $1000\text{m/s} \leq V_s$
- : 解放基盤表面位置 (標高-70m)



(a) NS-1 b 断面



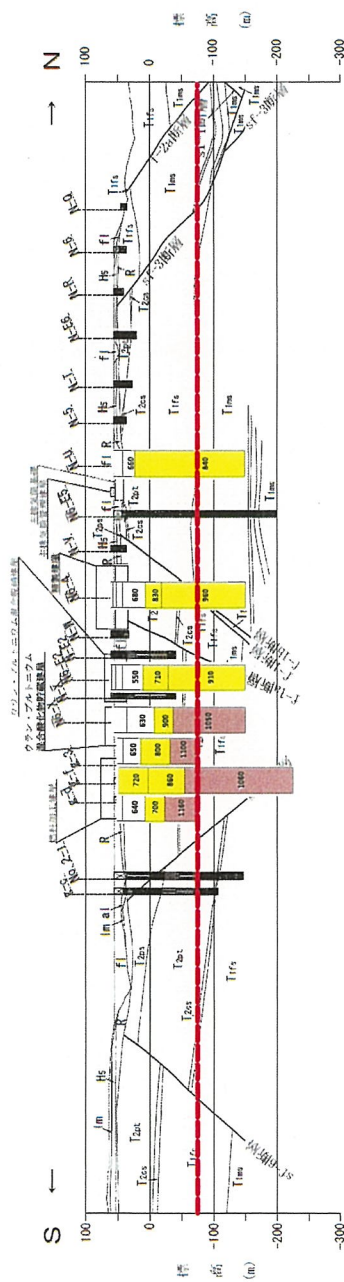
(b) NS-2 断面



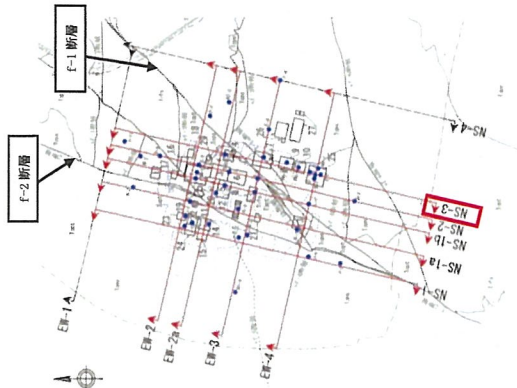
- | | |
|--|-----------------|
| | 盛上 |
| | 柱状堆積層 |
| | 沖積低地堆積層 |
| | 火山灰層 |
| | 中位段土堆積層 |
| | 高位段土堆積層 |
| | 六ヶ所層 |
| | 砂子又層下部層 |
| | 鷹架層上部層泥岩層 |
| | 鷹架層上部層泥岩層中の凝灰岩 |
| | 鷹架層中部層軽石混り砂岩層 |
| | 鷹架層中部層軽石凝灰岩層 |
| | 鷹架層中部層粗粒砂岩層 |
| | 鷹架層下部層細粒砂岩層 |
| | 鷹架層下部層泥岩層 |
| | 鷹架層下部層泥岩層中の凝灰岩類 |
| | 断層 |
- ボーリング孔
(破線は投影孔、最大で31.25m投影)
- 0 100 200m

第5-1 図(4) P S 検層結果 (南北断面その2)

- : $700\text{m/s} \leq V_s < 1000\text{m/s}$
- : $1000\text{m/s} \leq V_s$
- : 解放基盤表面位置 (標高-70m)

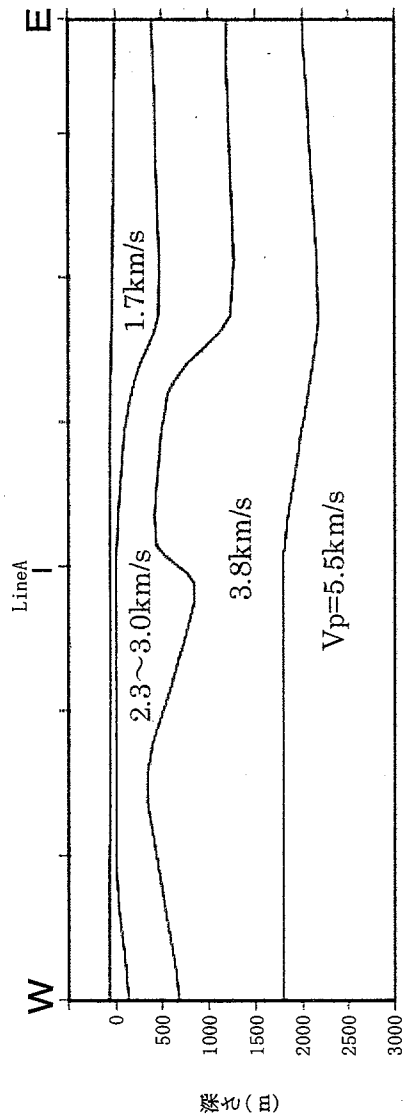


(a) NS-3 断面

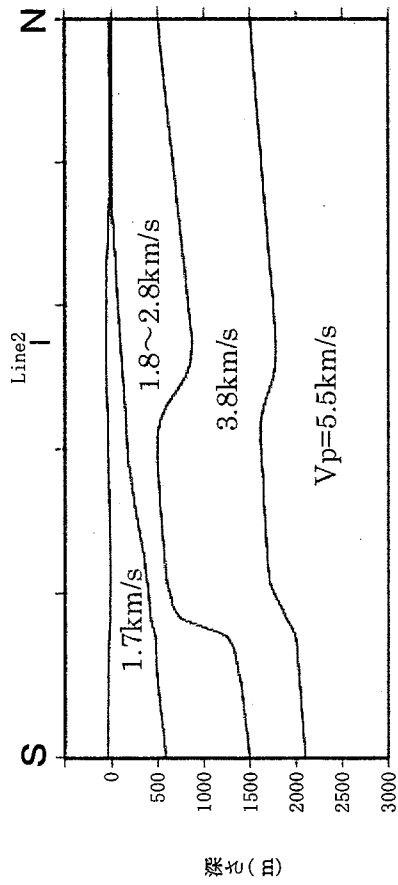


- | | |
|------|-----------------|
| fl | 盛土 |
| dt | 住地堆積層 |
| al | 沖積低地堆積層 |
| lm | 火山灰層 |
| M | 中位段丘堆積層 |
| Hs | 高位段丘堆積層 |
| R | 六ヶ所層 |
| S | 砂子又層下部層 |
| Tms | 鷹架層上部層泥岩層 |
| Tps | 鷹架層中部層砂岩層 |
| Tapt | 鷹架層中部層砂岩層 |
| Tics | 鷹架層下部層粗粒砂岩層 |
| Tms | 鷹架層下部層泥岩層 |
| 断 | 鷹架層下部層泥岩層中の凝灰岩層 |
- ボアリング孔
(破線は投影孔、最大で31.25m投影。)
- 0 100 200m

第 5-1 図(5) P S 検層結果 (南北断面その 3)

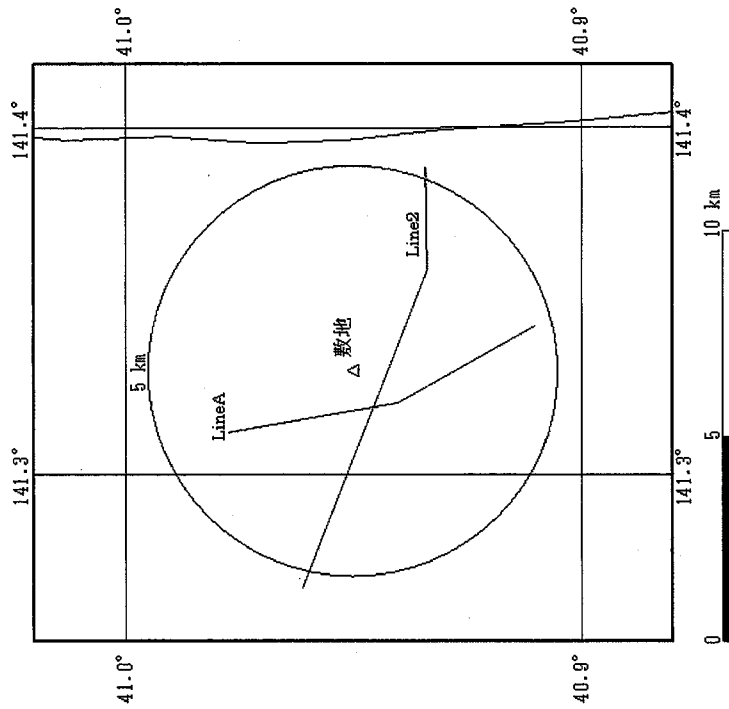


(測線 Line 2 の探查結果)



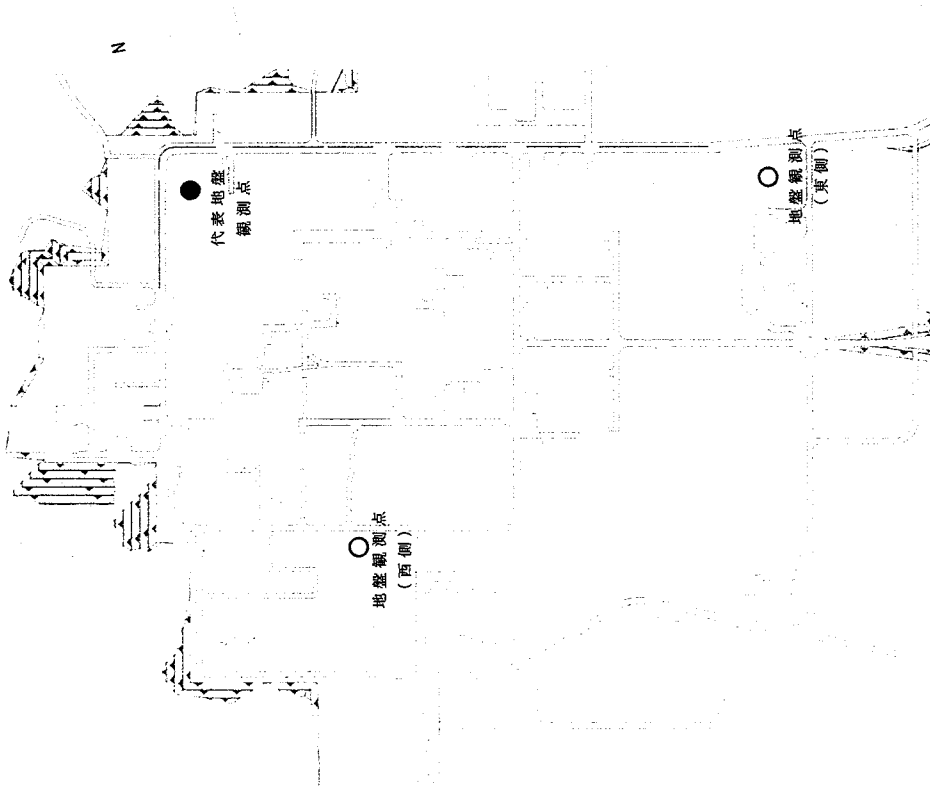
(測線 Line A の探查結果)

(a) 屈折法地震探查結果



(b) 測線位置図

第 5 - 2 図 屈折法地震探查による敷地及び敷地周辺の速度構造



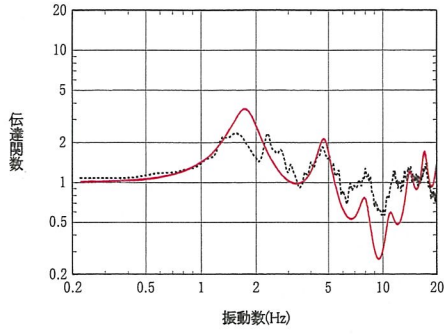
標高 (m) ※1	地震計 ※1	地層名 ※2	S 波速度 ※2
53	⊗	第四系 六ヶ所層	0.53
37	⊗	鷹架層	0.62
-70	⊗		0.82
-145	⊗		0.90
			0.93

※1 地震計設置深さは3地盤観測点で共通。なお、地震計は各々水平・鉛直3成分。

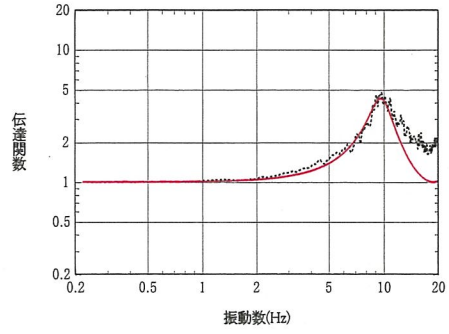
※2 地層データは各地盤観測点で異なる。上図は代表地盤観測点のデータを示す。

第5-3図 地震観測点

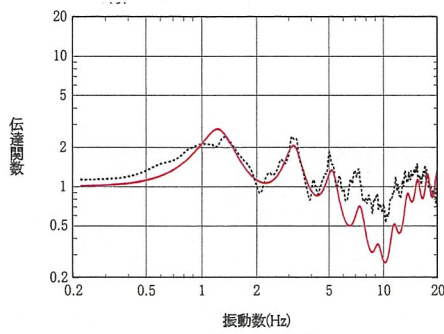
— はぎとり地盤モデル
 観測記録



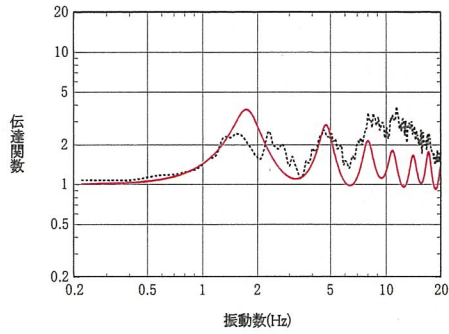
G. L. -18m/G. L. -125m



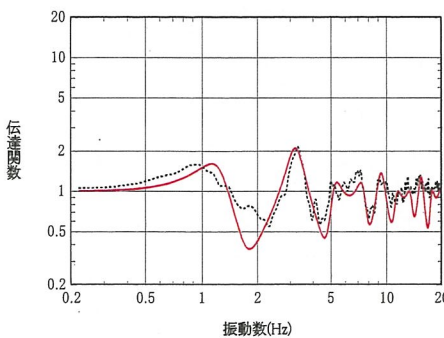
G. L. -2m/G. L. -18m



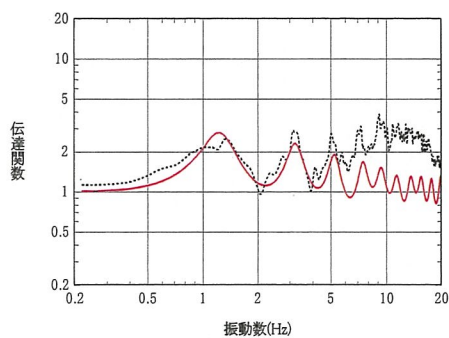
G. L. -18m/G. L. -200m



G. L. -2m/G. L. -125m



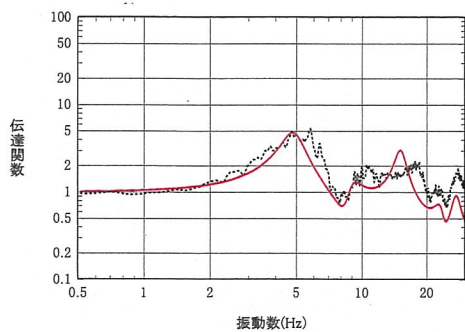
G. L. -125m/G. L. -200m



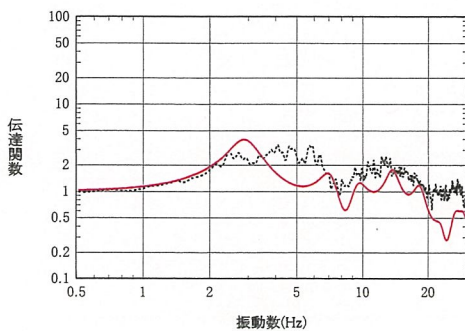
G. L. -2m/G. L. -200m

第5-4図(1) 観測記録に基づく伝達関数とはぎとり地盤モデルによる伝達関数の比較 (中央地盤)

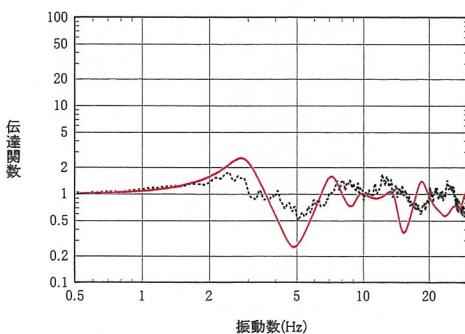
— はぎとり地盤モデル
 観測記録



G. L. -18m/G. L. -100m



G. L. -18m/G. L. -200m

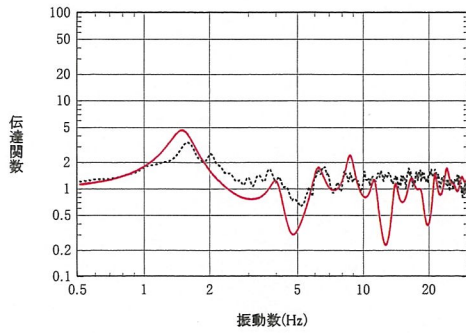


G. L. -100m/G. L. -200m

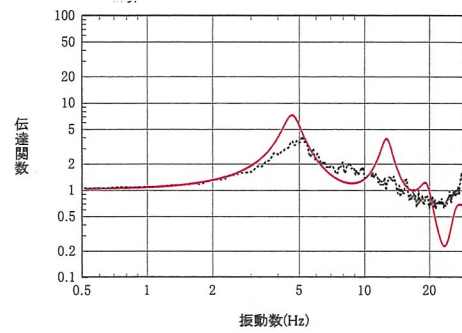
※東側地盤観測点については、G. L. -2mの観測記録が無いため、
 G. L. -18m以深の記録を用いて作成している。

第5-4図(2) 観測記録に基づく伝達関数とはぎとり地盤モデルによる
 伝達関数の比較 (東側地盤)

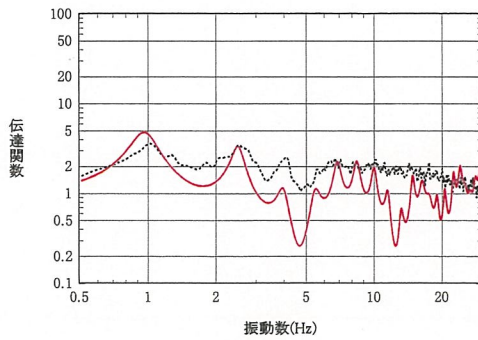
— はぎとり地盤モデル
 観測記録



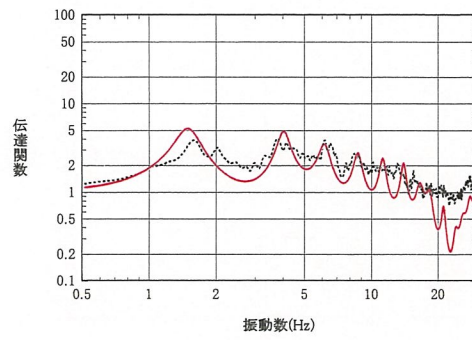
G. L. -18m/G. L. -100m



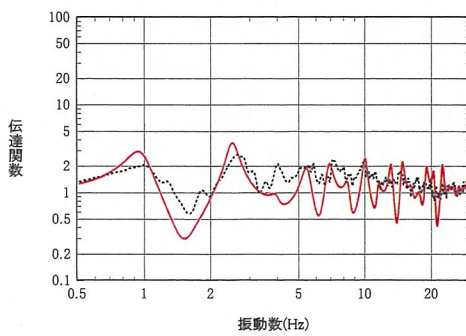
G. L. -2m/G. L. -18m



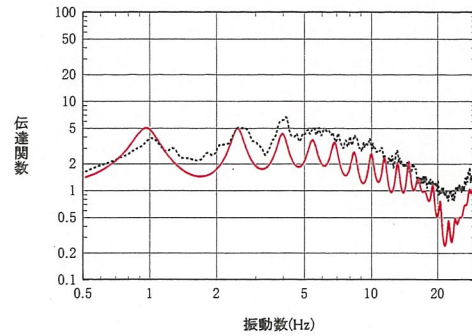
G. L. -18m/G. L. -200m



G. L. -2m/G. L. -100m

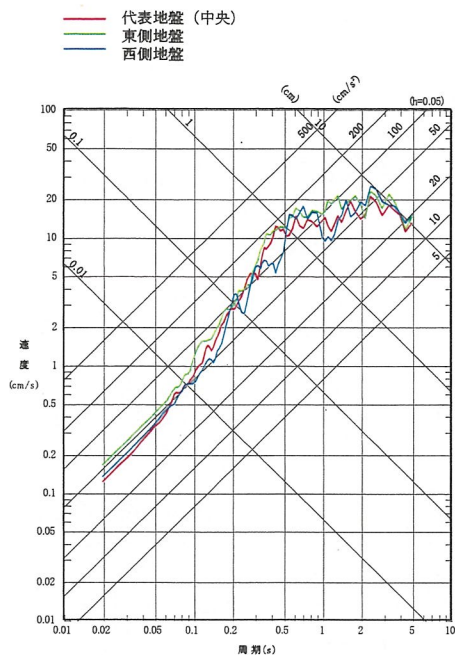


G. L. -100m/G. L. -200m

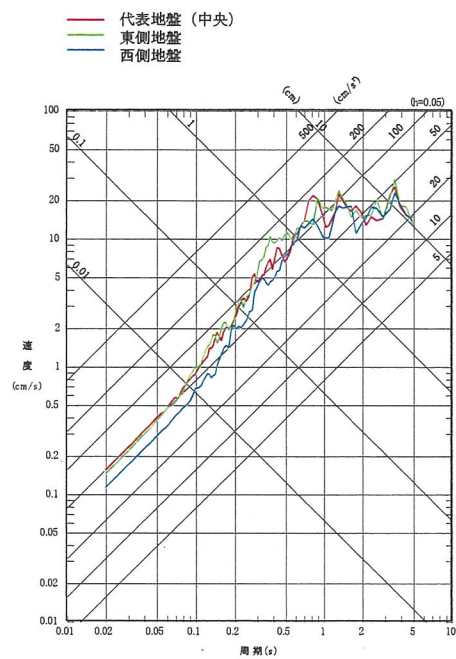


G. L. -2m/G. L. -200m

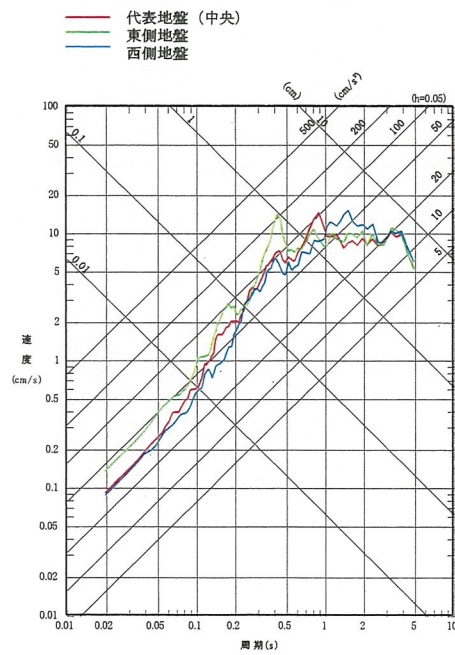
第 5 - 4 図(3) 観測記録に基づく伝達関数とはぎとり地盤モデルによる伝達関数の比較 (西側地盤)



NS方向

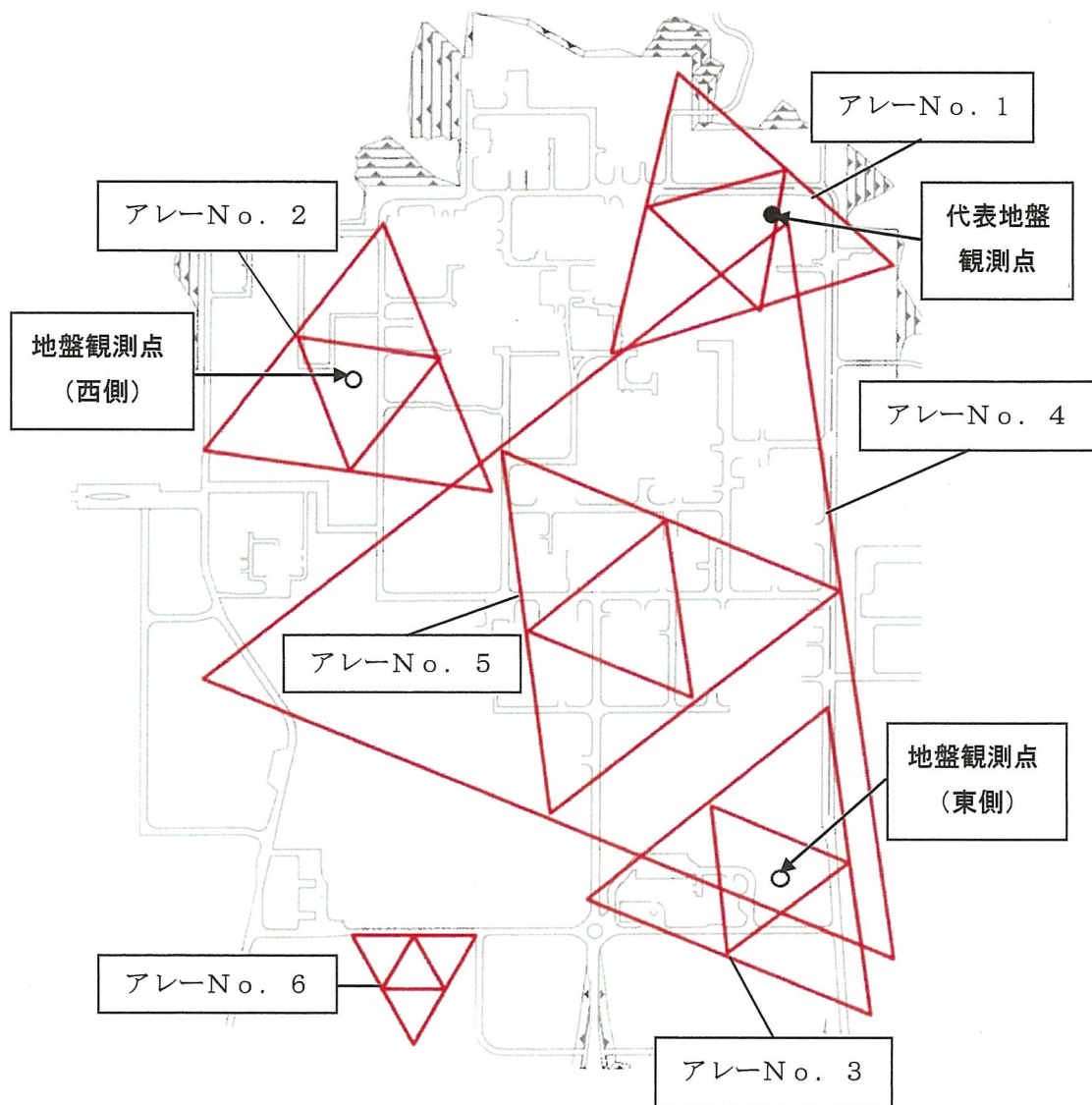


EW方向

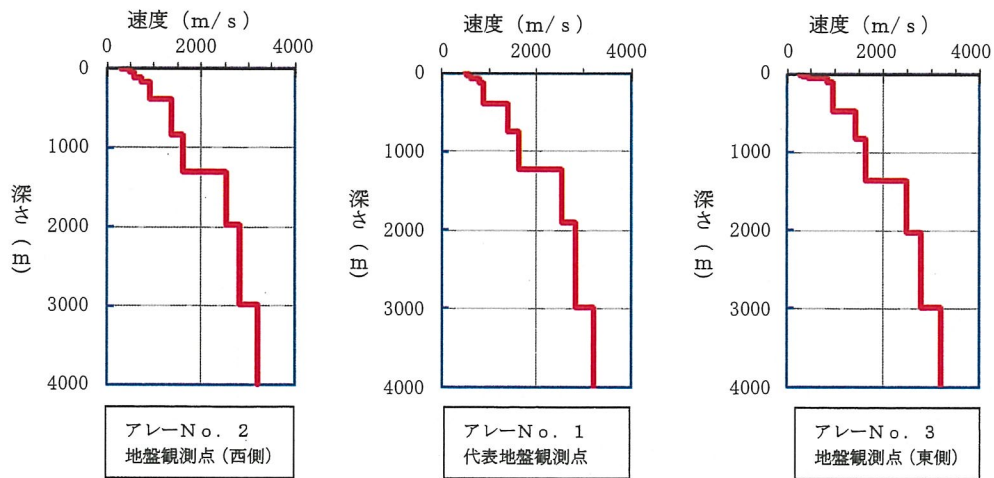


UD方向

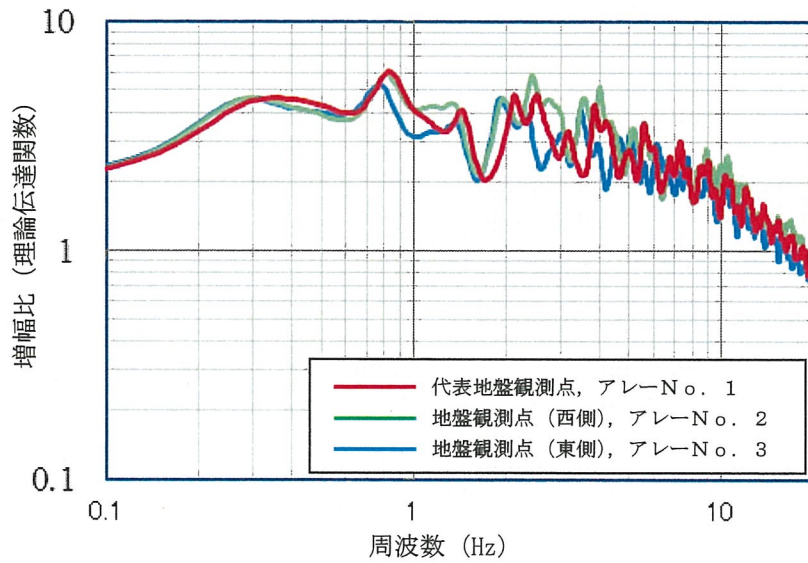
第5-5図 2011年東北地方太平洋沖地震 3地盤のはざとり波の応答スペクトル
(標高-70m, 減衰定数 (h) = 0.05)



第5-6図 微動アレー観測点位置

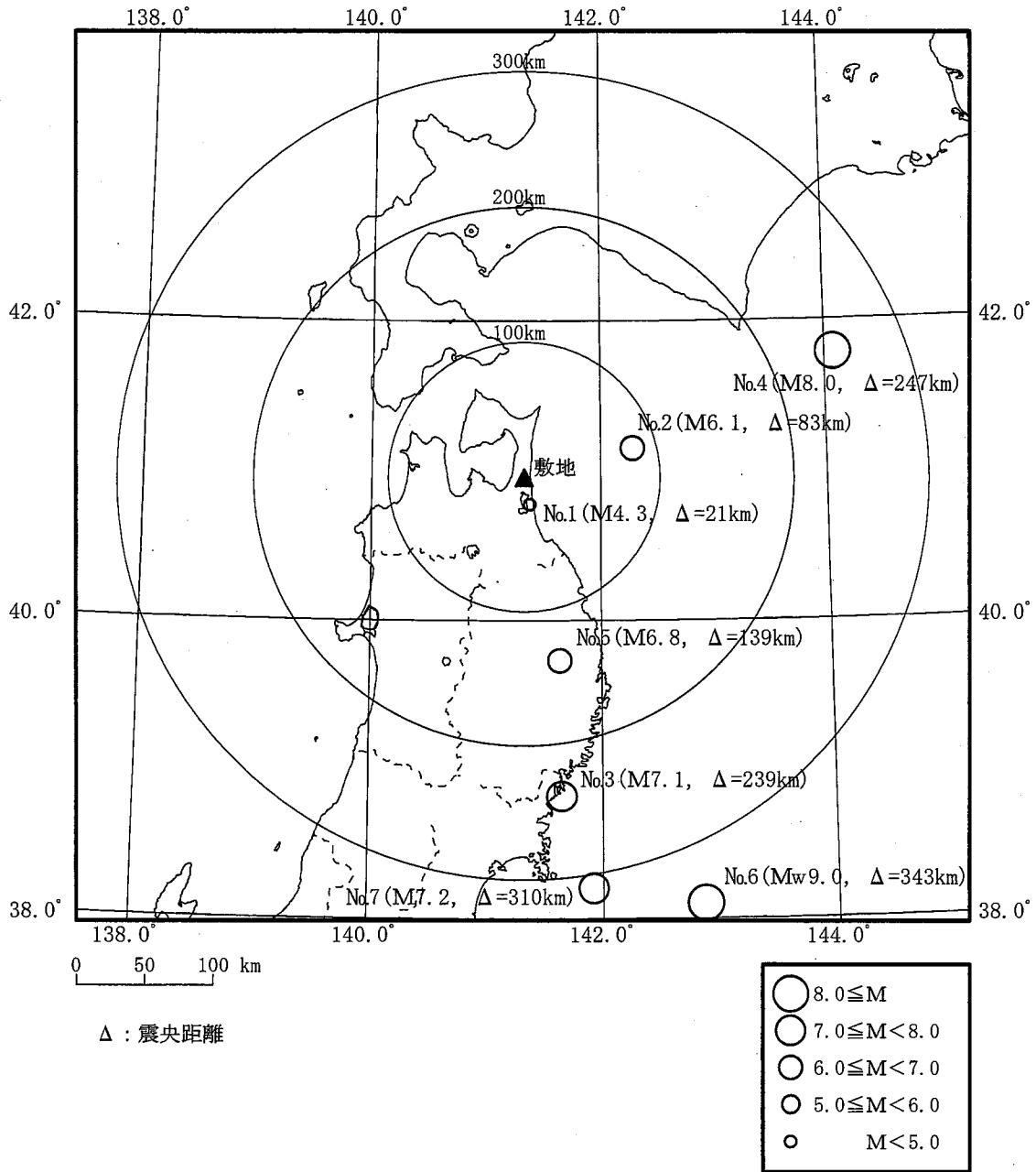


(a) 微動アレー探索結果から推定したS波速度構造



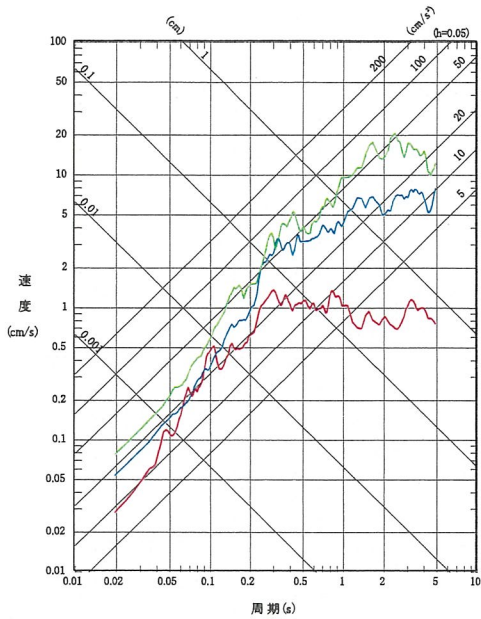
(b) 微動アレー探索結果に基づく地震基盤～解放基盤表面の増幅比

第5-7図 各微動アレー観測点のS波速度構造及び地震基盤～解放基盤表面の増幅比の比較



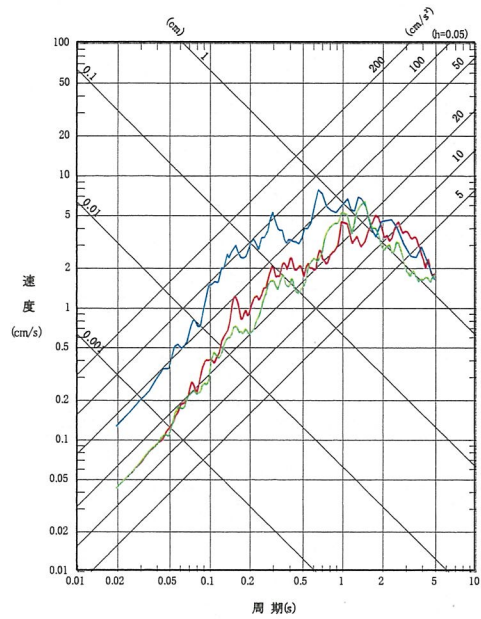
第5-8図 観測地震の震央分布

— No. 2 (2002. 10. 14 青森県東方沖 M6.1)
 — No. 4 (2003. 9. 26 2003年十勝沖地震 M8.0)
 — No. 6 (2011. 3. 11 2011年東北地方太平洋沖地震 Mw9.0)



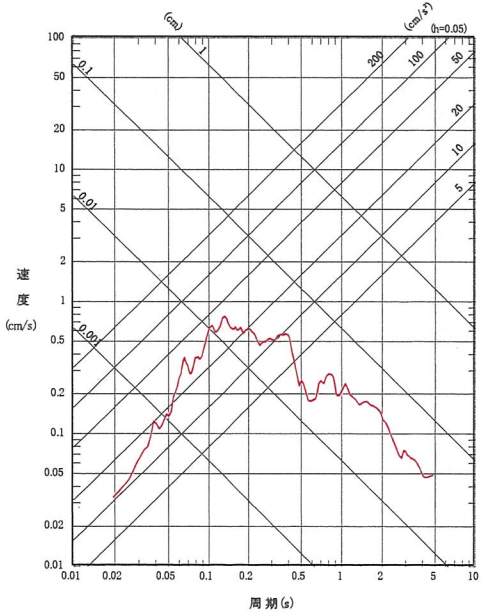
プレート間地震

— No. 3 (2003. 5. 26 宮城県沖 M7.1)
 — No. 5 (2008. 7. 24 岩手県沿岸北部 M6.8)
 — No. 7 (2011. 4. 7 宮城県沖 M7.2)



海洋プレート内地震

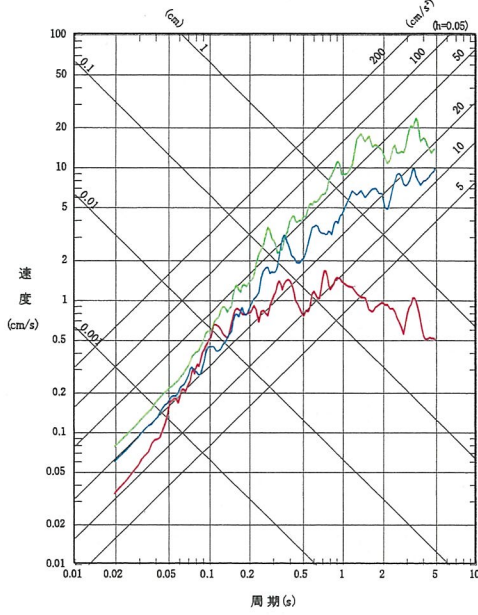
— No. 1 (1996. 2. 17 三八上北地方 M4.3)



内陸地殻内地震

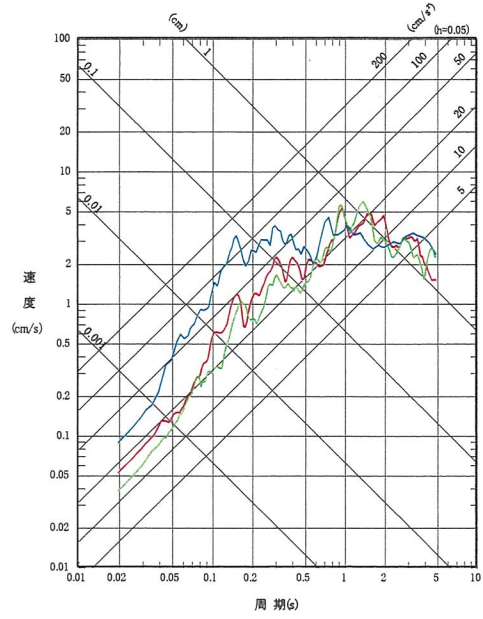
第5-9図(1) 地震発生様式別応答スペクトル
 (標高-70m, NS成分, 減衰定数 (h) = 0.05)

— No. 2 (2002. 10. 14 青森県東方沖 M6.1)
 — No. 4 (2003. 9. 26 2003年十勝沖地震 M8.0)
 — No. 6 (2011. 3. 11 2011年東北地方太平洋沖地震 Mw9.0)



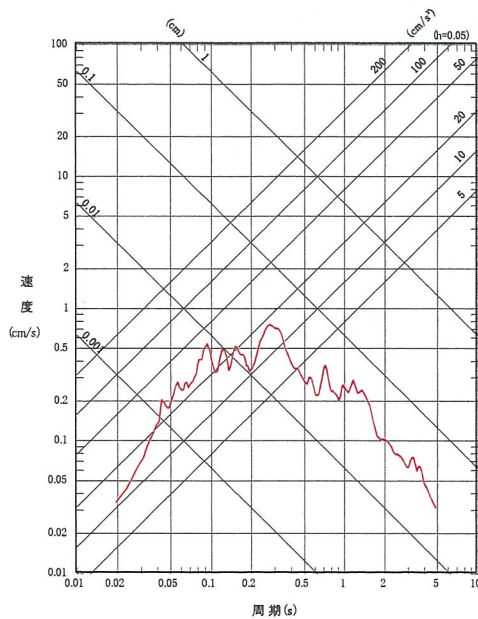
プレート間地震

— No. 3 (2003. 5. 26 宮城県沖 M7.1)
 — No. 5 (2008. 7. 24 岩手県沿岸北部 M6.8)
 — No. 7 (2011. 4. 7 宮城県沖 M7.2)



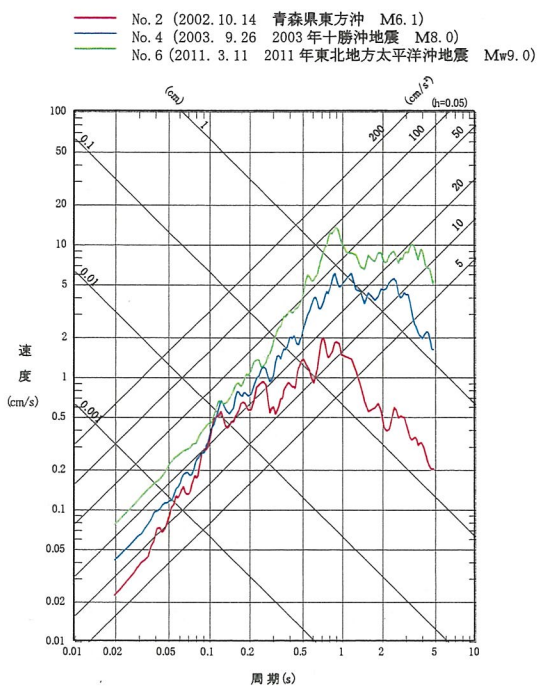
海洋プレート内地震

— No. 1 (1996. 2. 17 三八上北地方 M4.3)

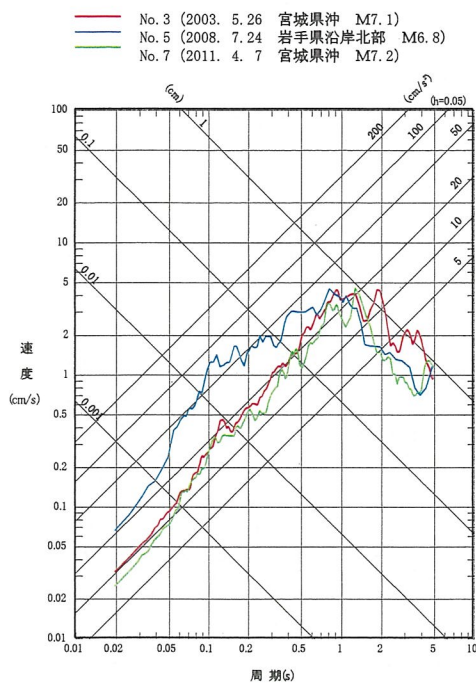


内陸地殻内地震

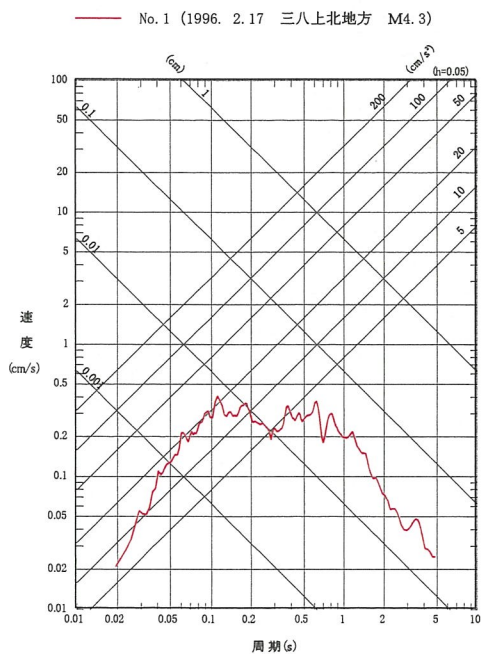
第 5 - 9 図(2) 地震発生様式別応答スペクトル
 (標高-70m, EW成分, 減衰定数 (h) = 0.05)



プレート間地震

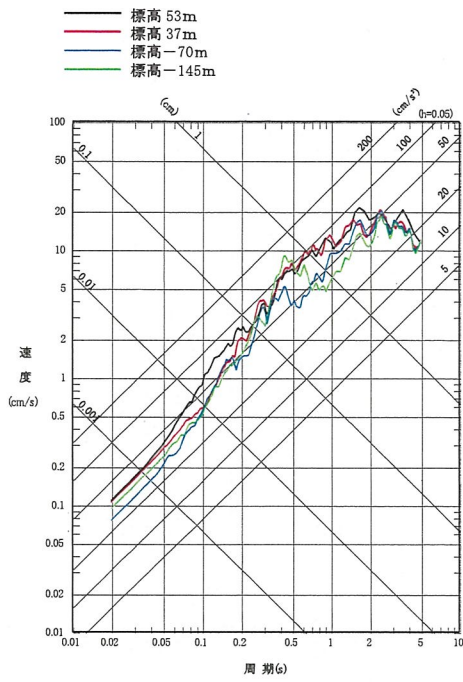


海洋プレート内地震



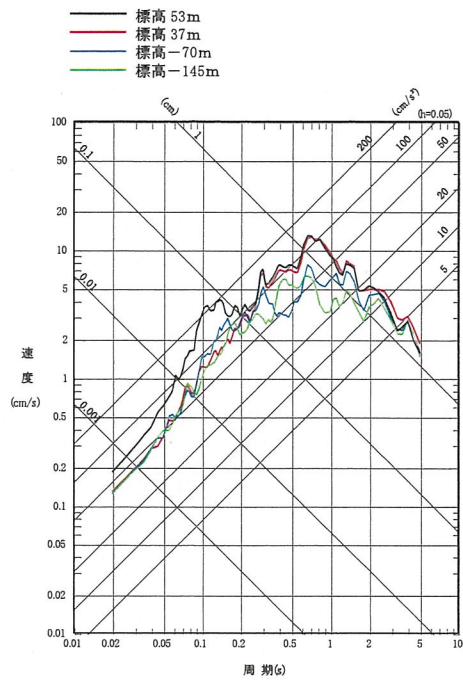
内陸地殻内地震

第5-9図(3) 地震発生様式別応答スペクトル
 (標高-70m, UD成分, 減衰定数 (h) =0.05)



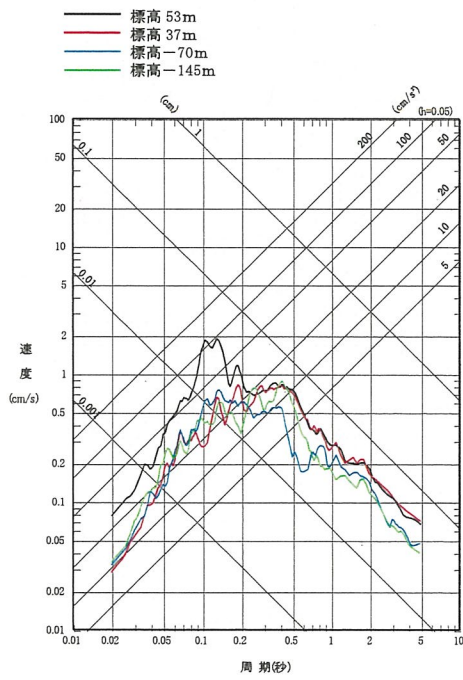
No. 6 (2011. 3. 11 2011年東北地方太平洋沖地震 Mw9.0)

プレート間地震



No. 5 (2008. 7. 24 岩手県沿岸北部 M6.8)

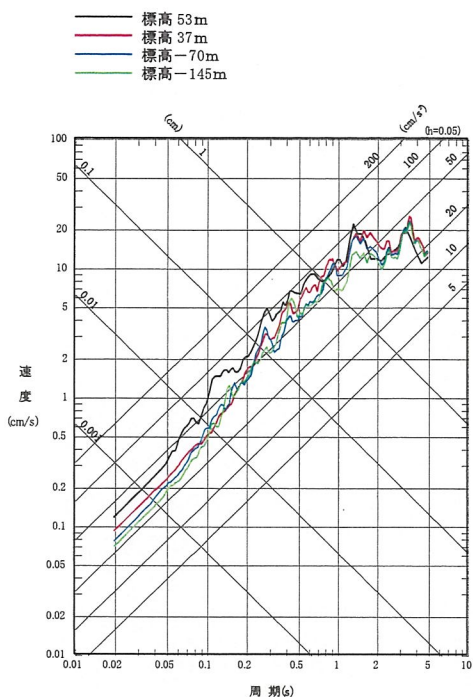
海洋プレート内地震



No. 1 (1996. 2. 17 三八上北地方 M4.3)

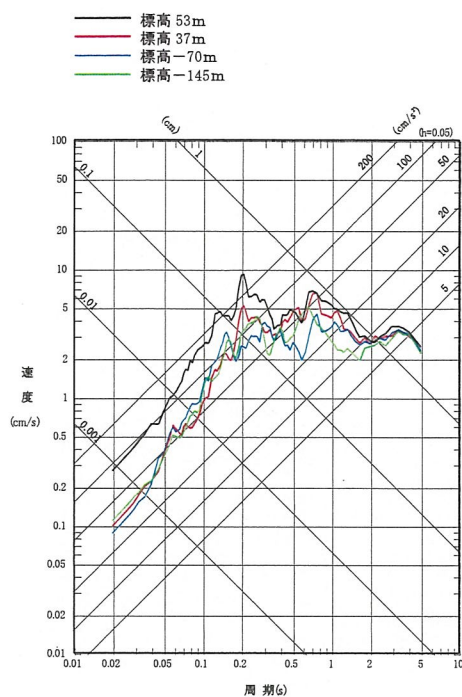
内陸地殻内地震

第5-10 図(1) 地震別応答スペクトル (観測深度の比較)
(NS成分, 減衰定数 (h) = 0.05)



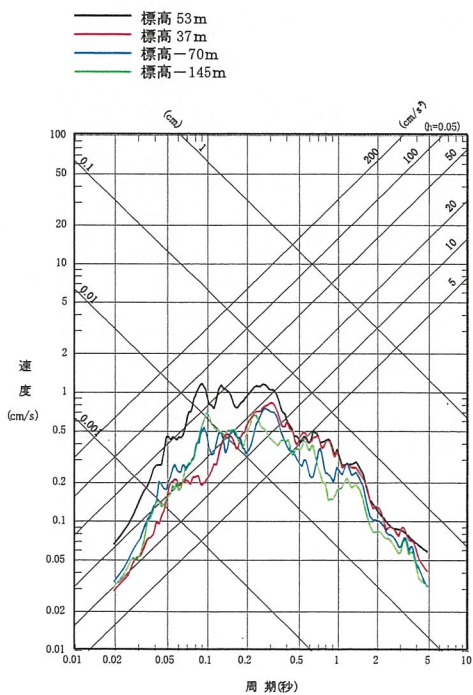
No. 6 (2011. 3. 11 2011年東北地方太平洋沖地震 M_s9.0)

プレート間地震



No. 5 (2008. 7. 24 岩手県沿岸北部 M6.8)

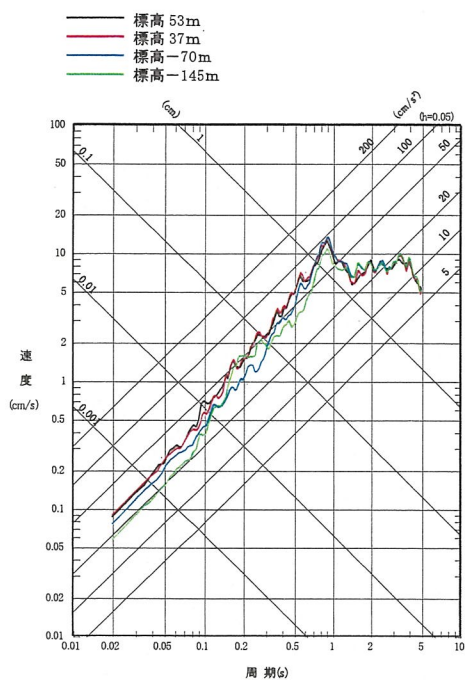
海洋プレート内地震



No. 1 (1996. 2. 17 三八上北地方 M4.3)

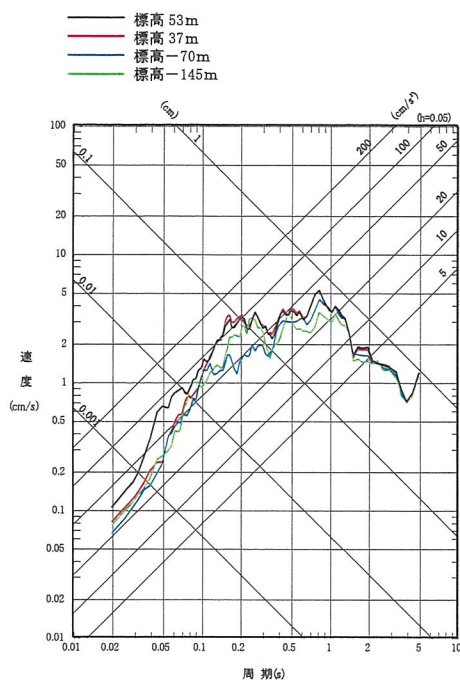
内陸地殻内地震

第5-10 図(2) 地震別応答スペクトル (観測深度の比較)
(EW成分, 減衰定数 (h) = 0.05)



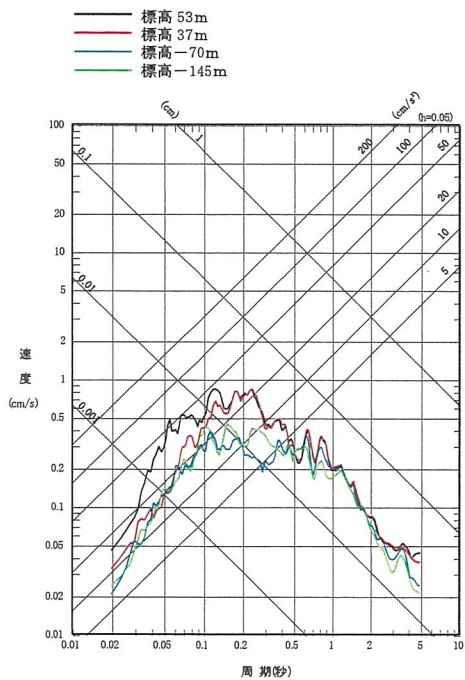
No. 6 (2011. 3. 11 2011年東北地方太平洋沖地震 M_w 9.0)

プレート間地震



No. 5 (2008. 7. 24 岩手県沿岸北部 M 6.8)

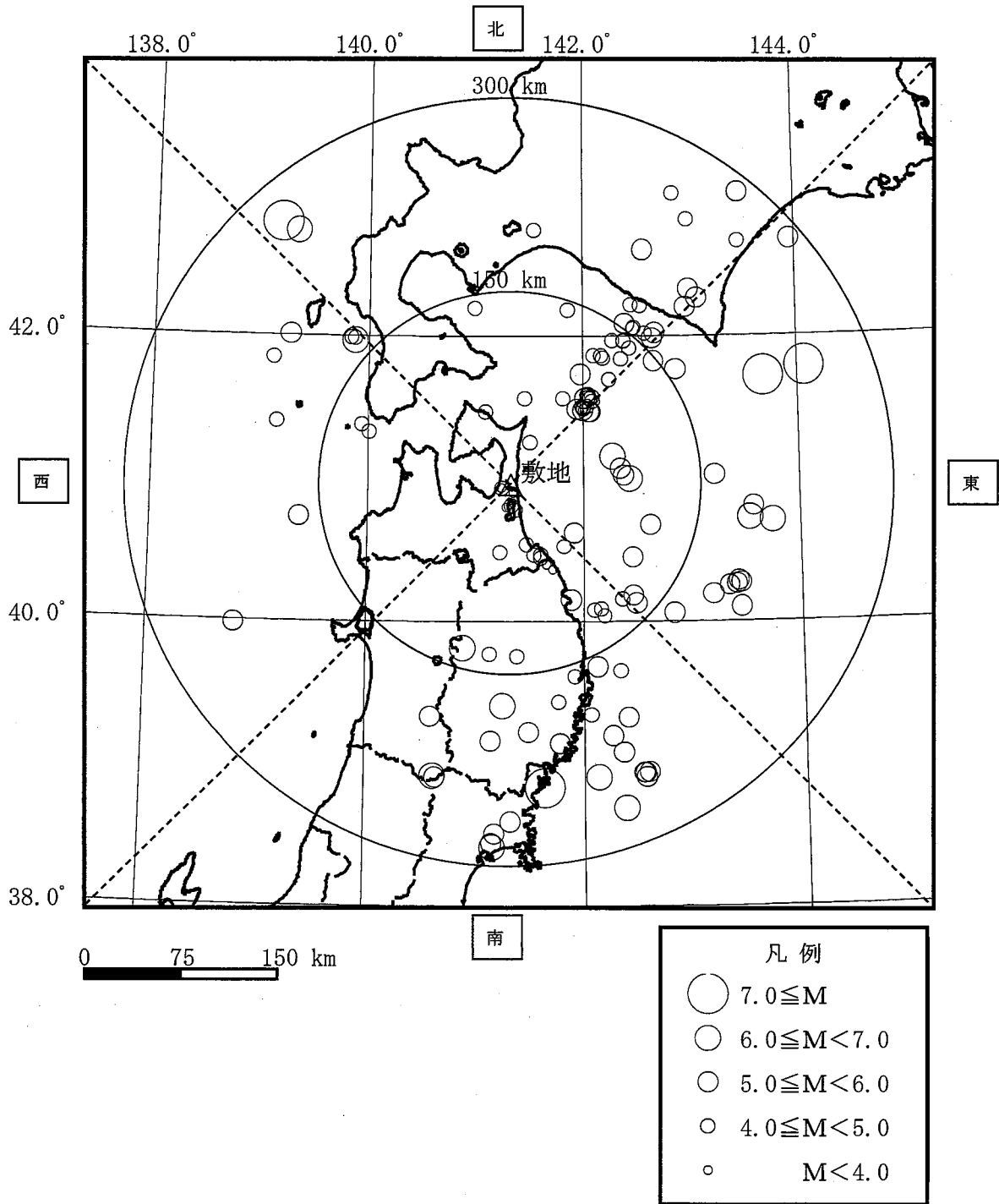
海洋プレート内地震



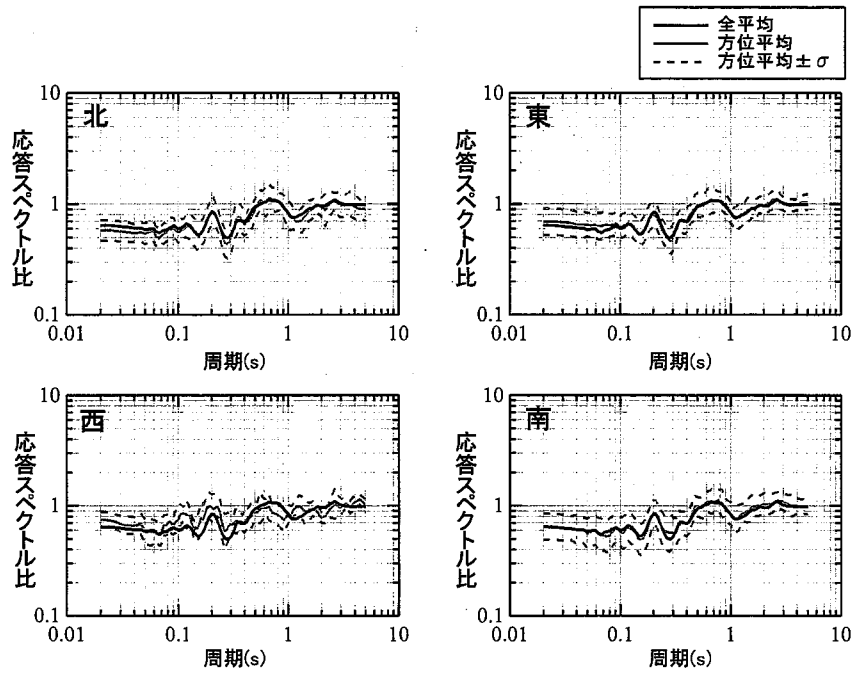
No. 1 (1996. 2. 17 三八上北地方 M 4.3)

内陸地殻内地震

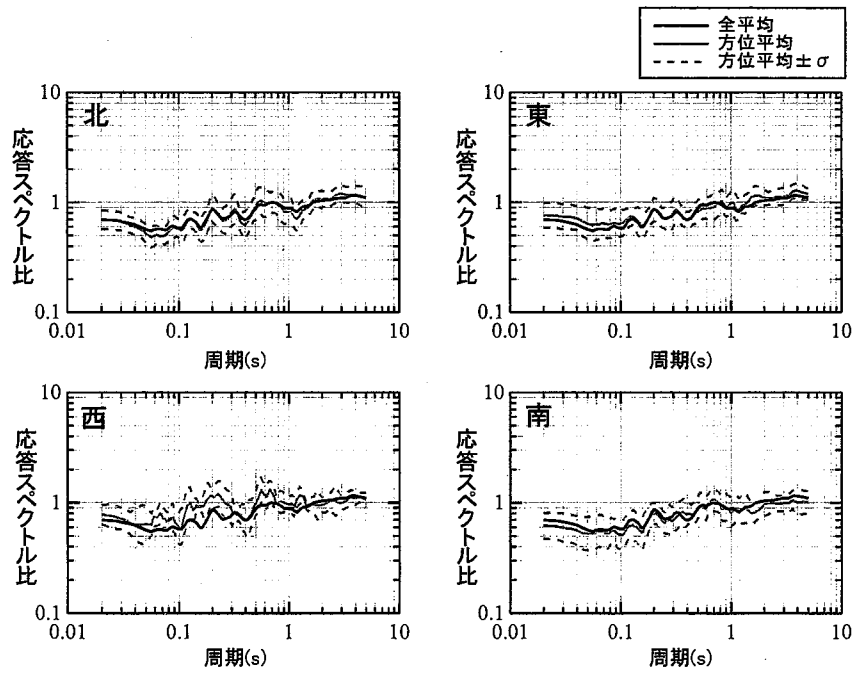
第 5 - 10 図(3) 地震別応答スペクトル (観測深度の比較)
(UD成分, 減衰定数 (h) = 0.05)



第5-11図 地震波の到来方向別の検討に用いた地震の分布

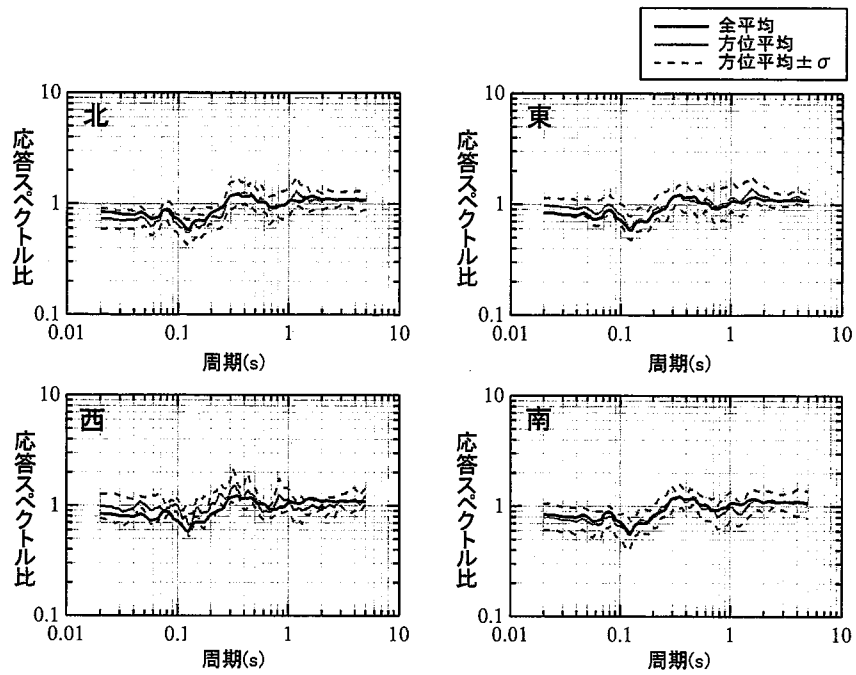


地盤観測点 (東側) / 代表地盤観測点 (NS方向)



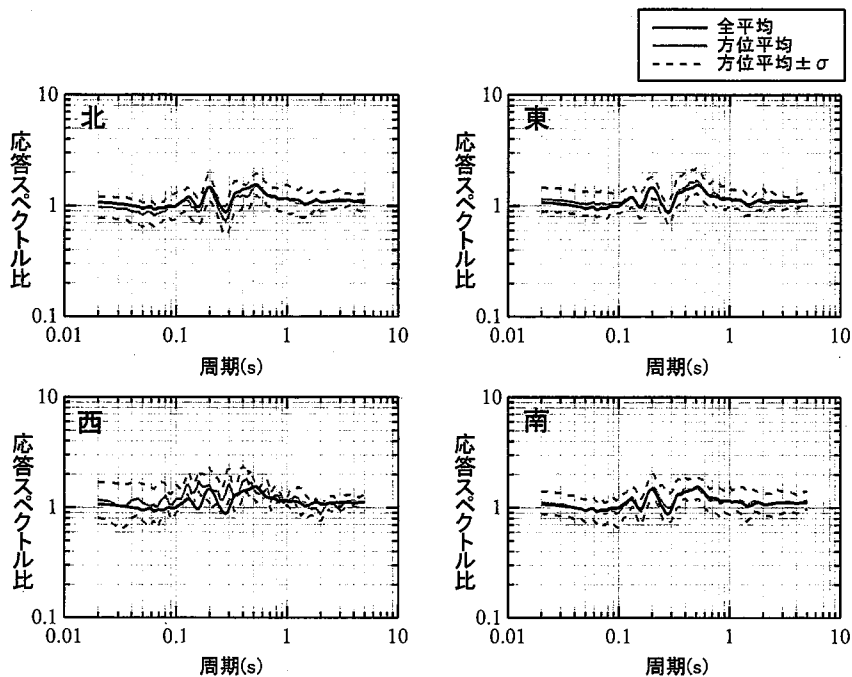
地盤観測点 (東側) / 代表地盤観測点 (EW方向)

第5-12 図(1) 地盤観測点 (東側) の到来方向別の応答スペクトル比

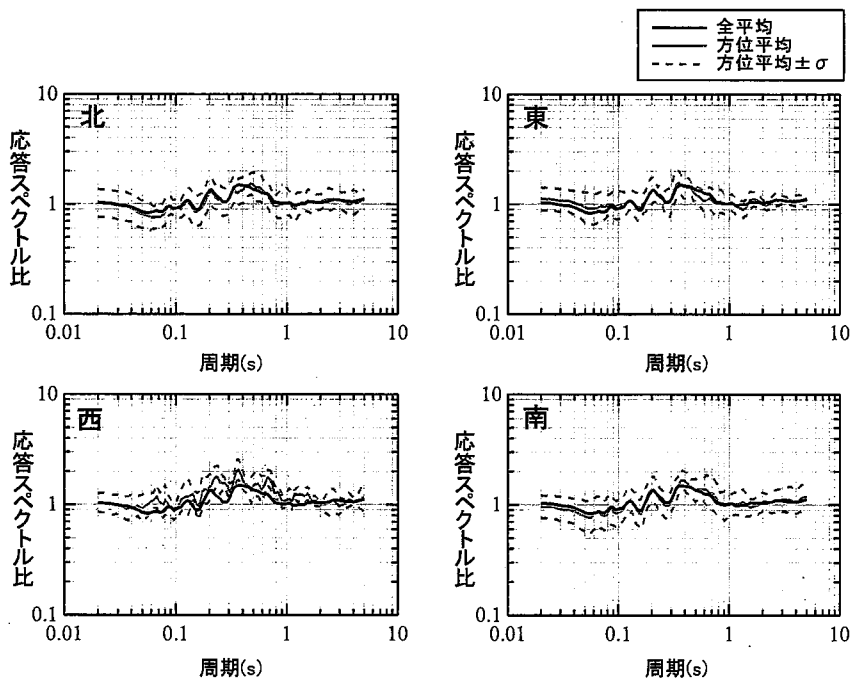


地盤観測点 (東側) / 代表地盤観測点 (UD方向)

第 5 - 12 図(2) 地盤観測点 (東側) の到来方向別の応答スペクトル比

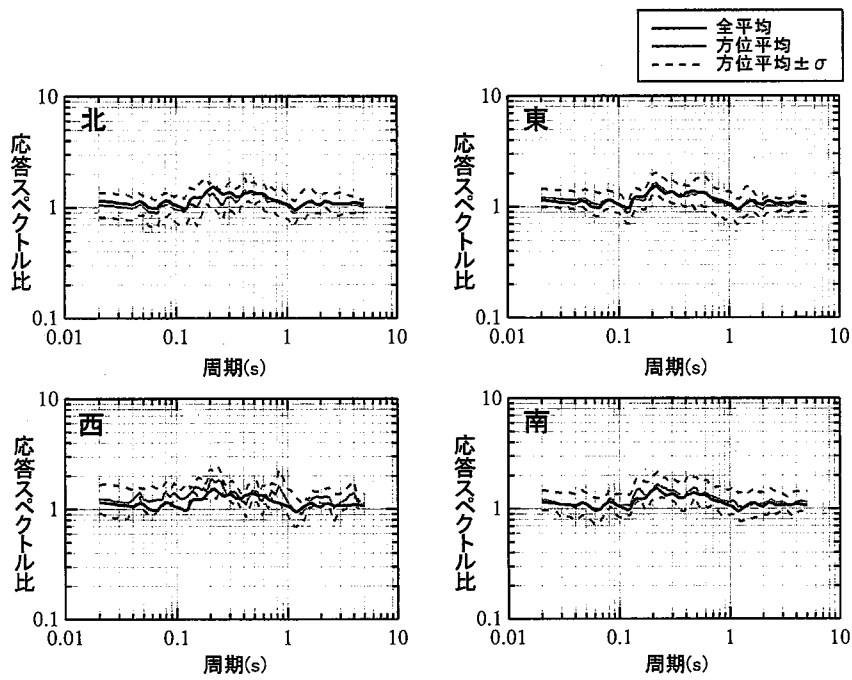


地盤観測点 (西側) / 代表地盤観測点 (NS方向)



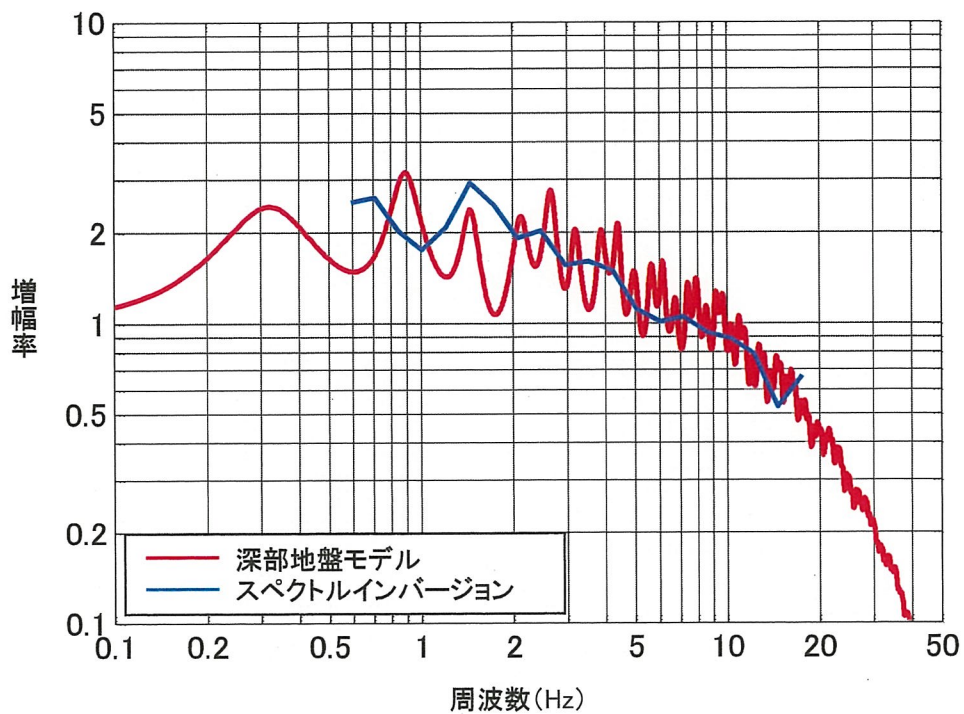
地盤観測点 (西側) / 代表地盤観測点 (EW方向)

第5-12 図(3) 地盤観測点 (西側) の到来方向別の応答スペクトル比

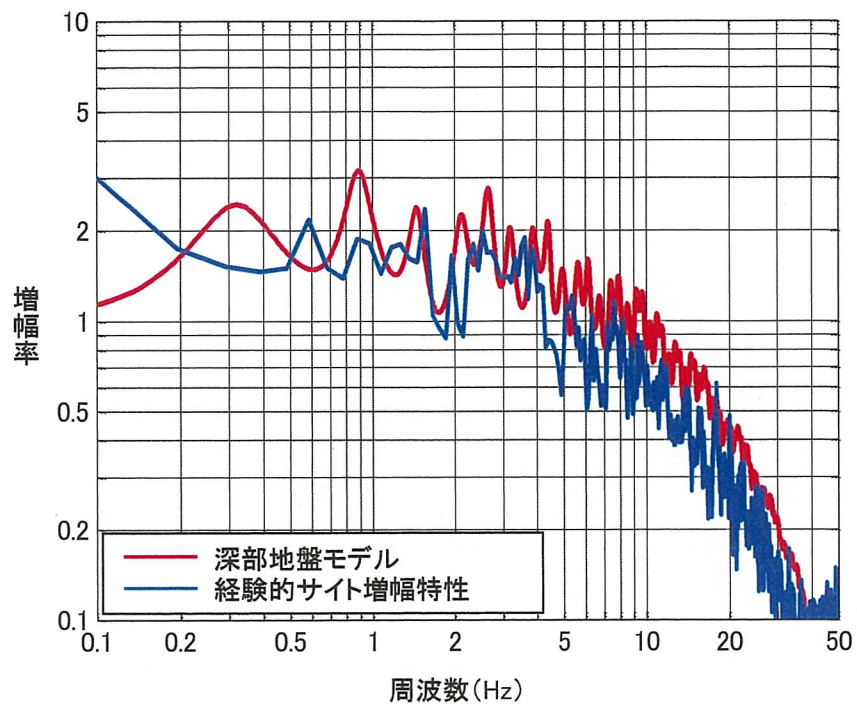


地盤観測点 (西側) / 代表地盤観測点 (UD方向)

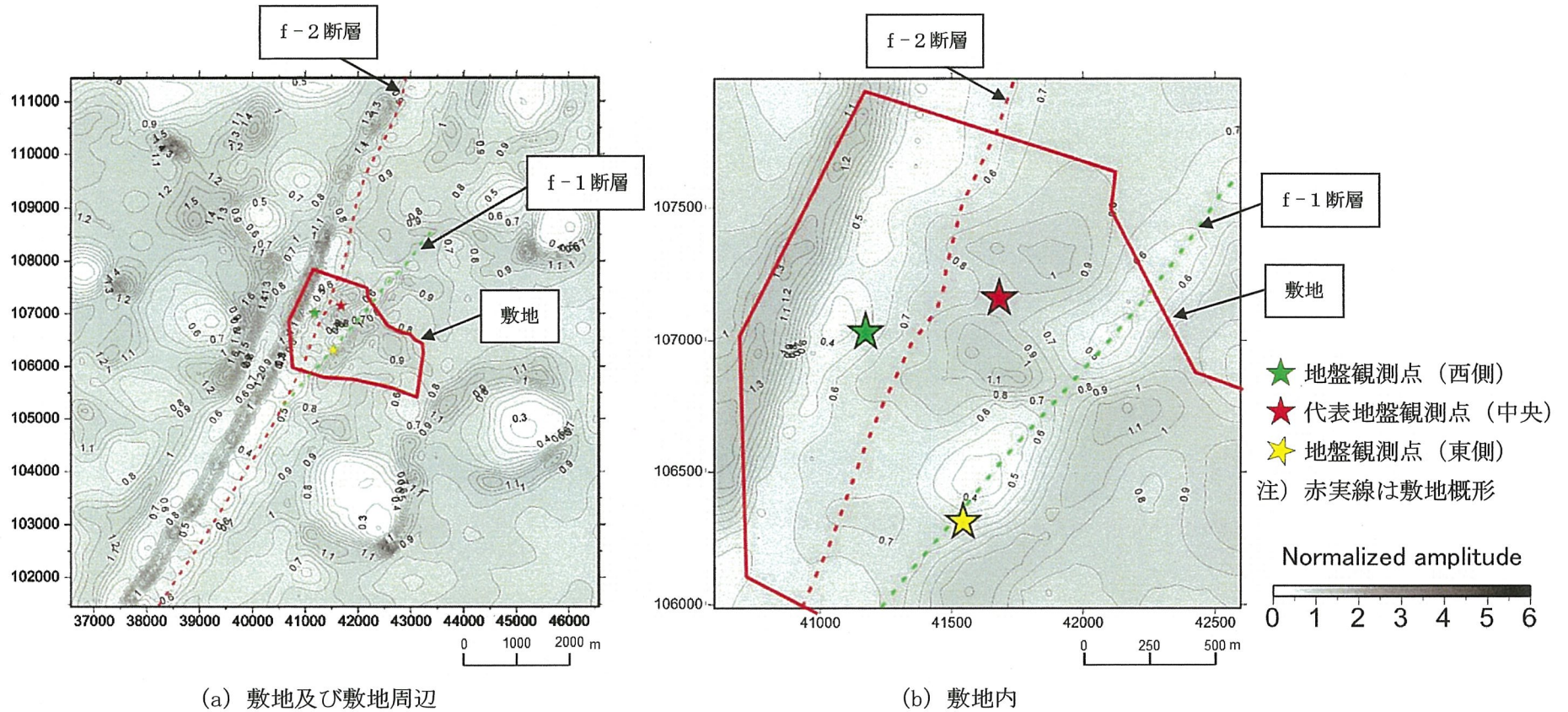
第5-12 図(4) 地盤観測点 (西側) の到来方向別の応答スペクトル比



第5-13図 深部地盤モデルによる増幅特性とスペクトルインバージョン解析の増幅特性の比較

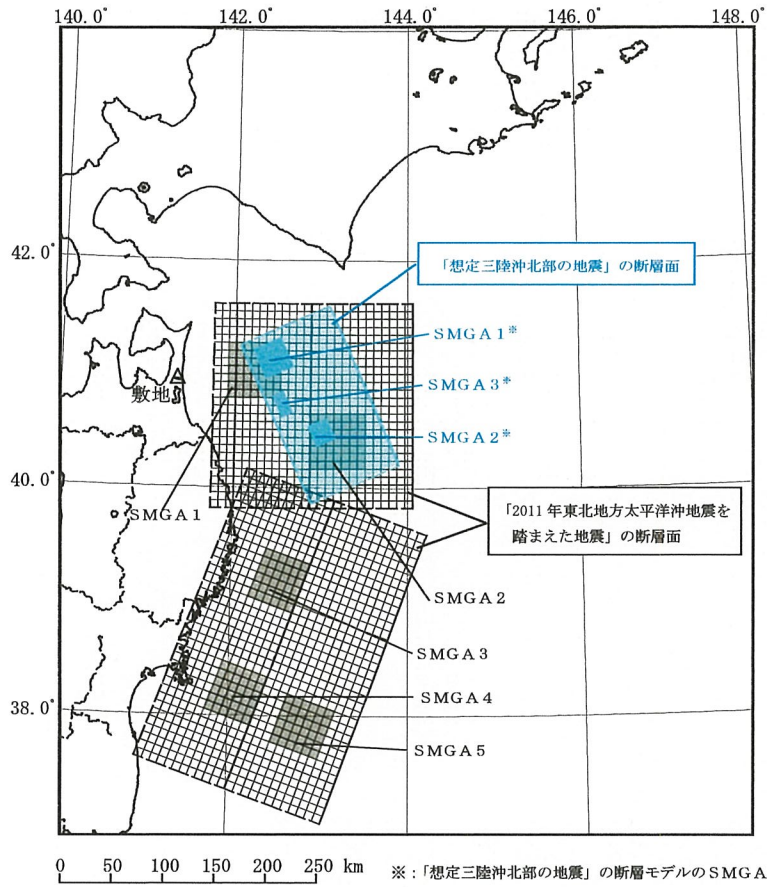


第5-14 図 深部地盤モデルによる増幅特性と経験的サイト増幅特性の比較

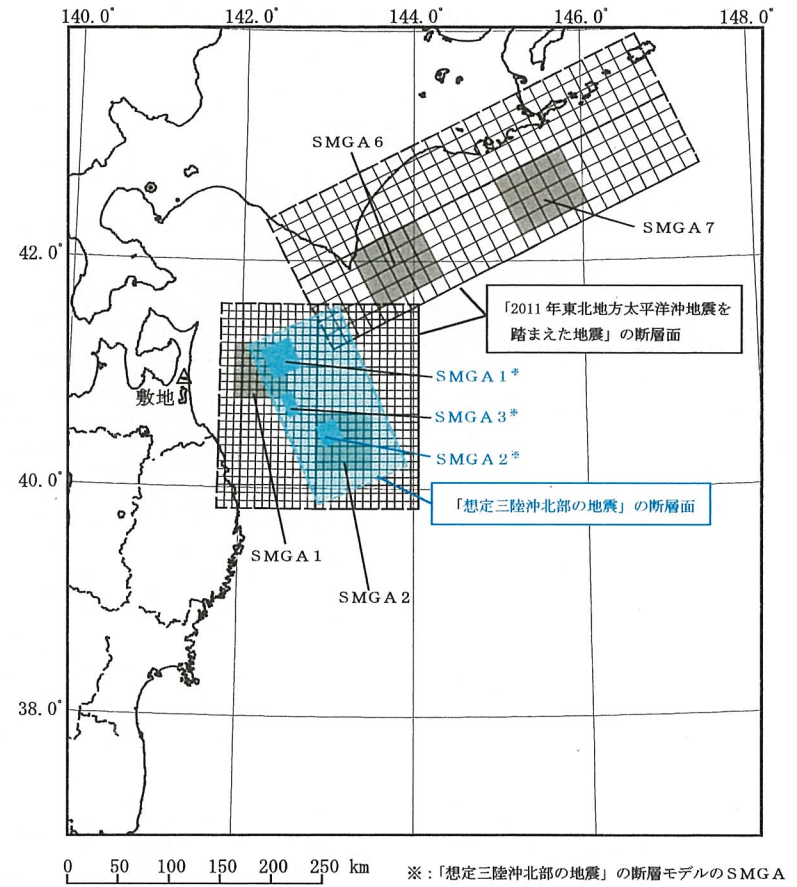


※深部地盤モデルから計算した解放基盤表面上の最大振幅値を算出した結果を 1 として正規化

第 5 - 15 図 解放基盤表面 (G. L. -125m) における 3 次元地盤モデルと深部地盤モデルの最大振幅値の比較

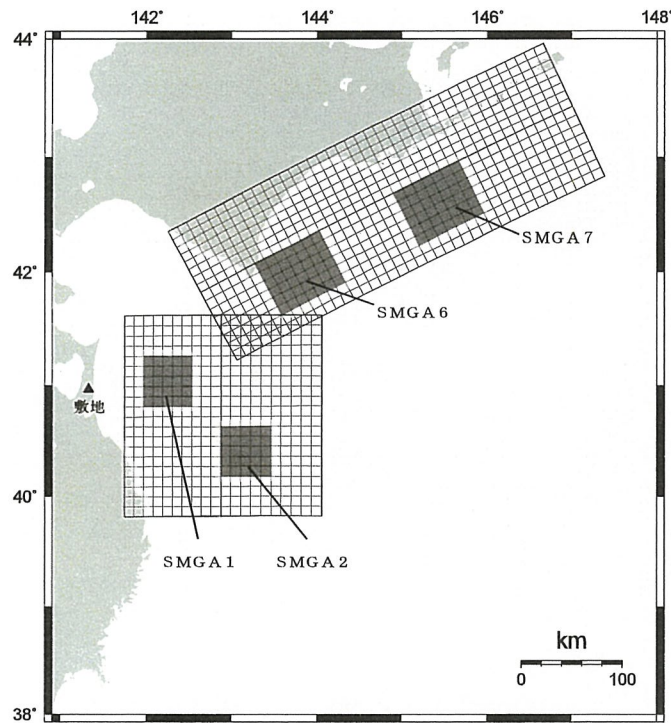


(a) 三陸沖北部～宮城県沖の連動

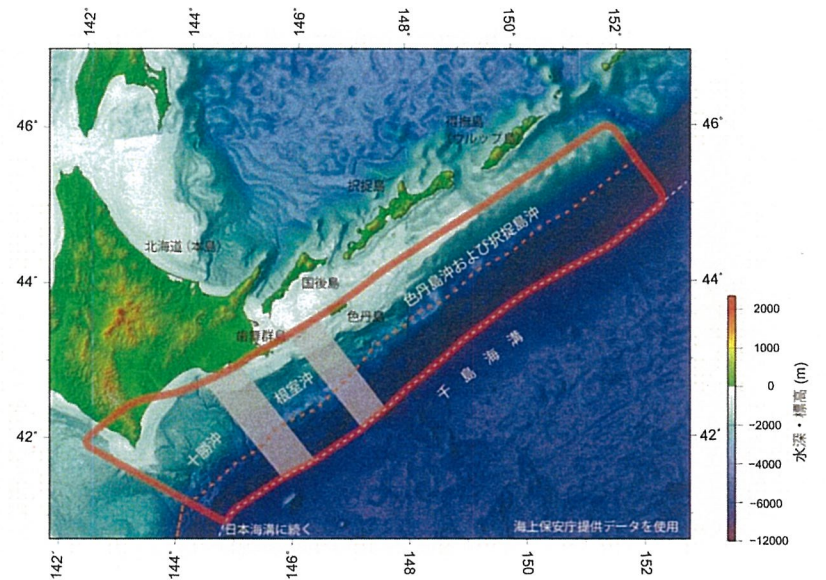


(b) 三陸沖北部～根室沖の連動

第 6 - 1 図 「想定三陸沖北部の地震」及び「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層面比較



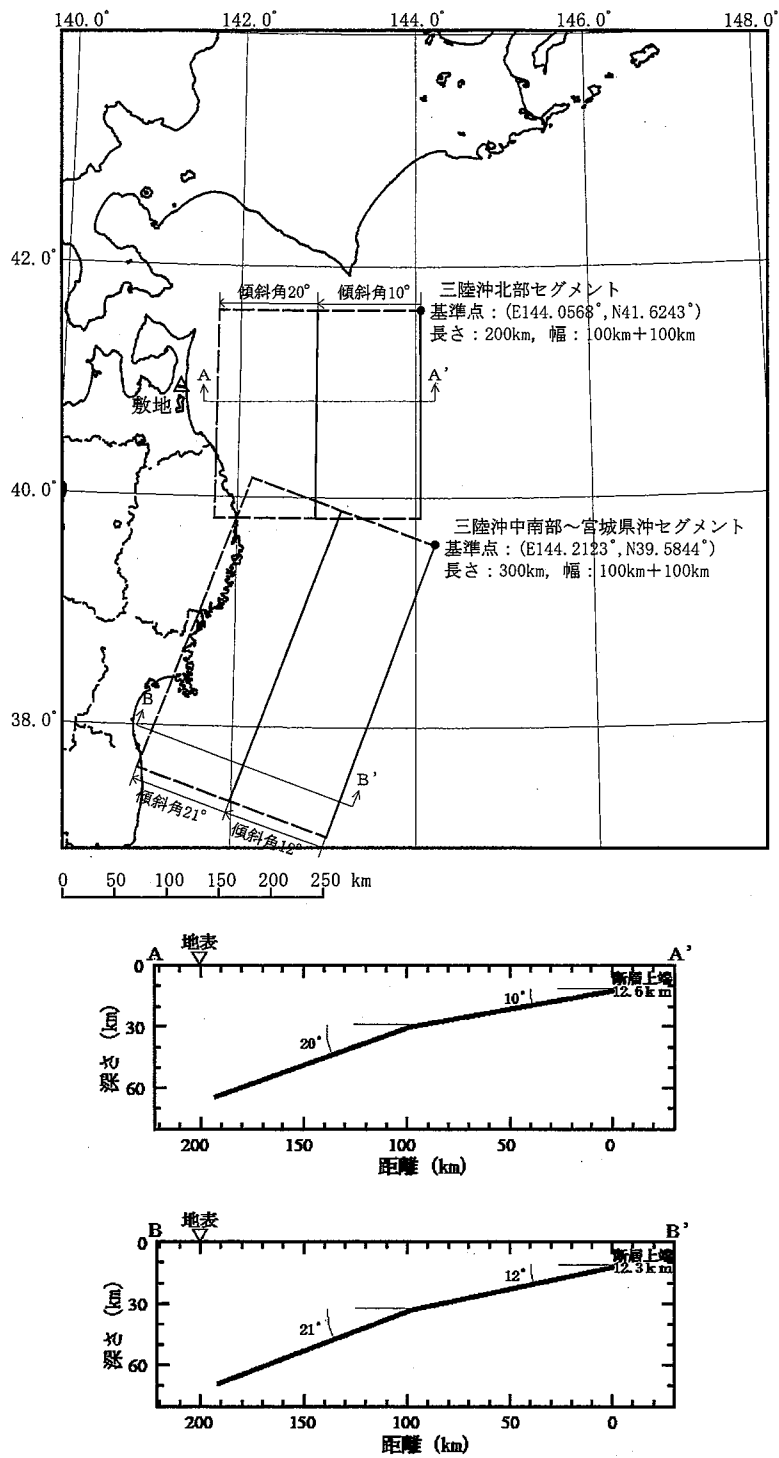
(a) 「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震 (三陸沖北部～根室沖の連動)」の断層面



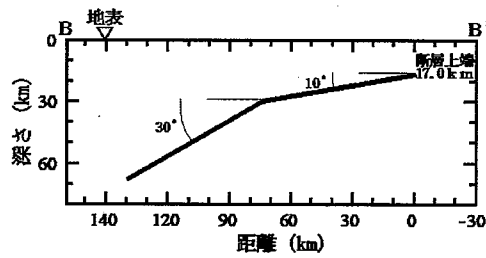
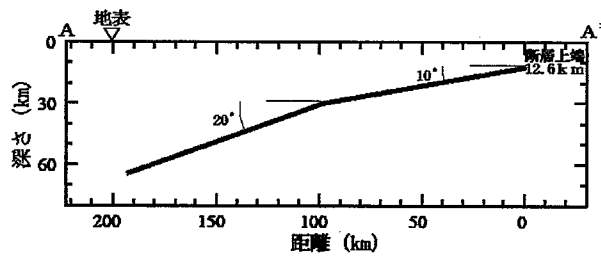
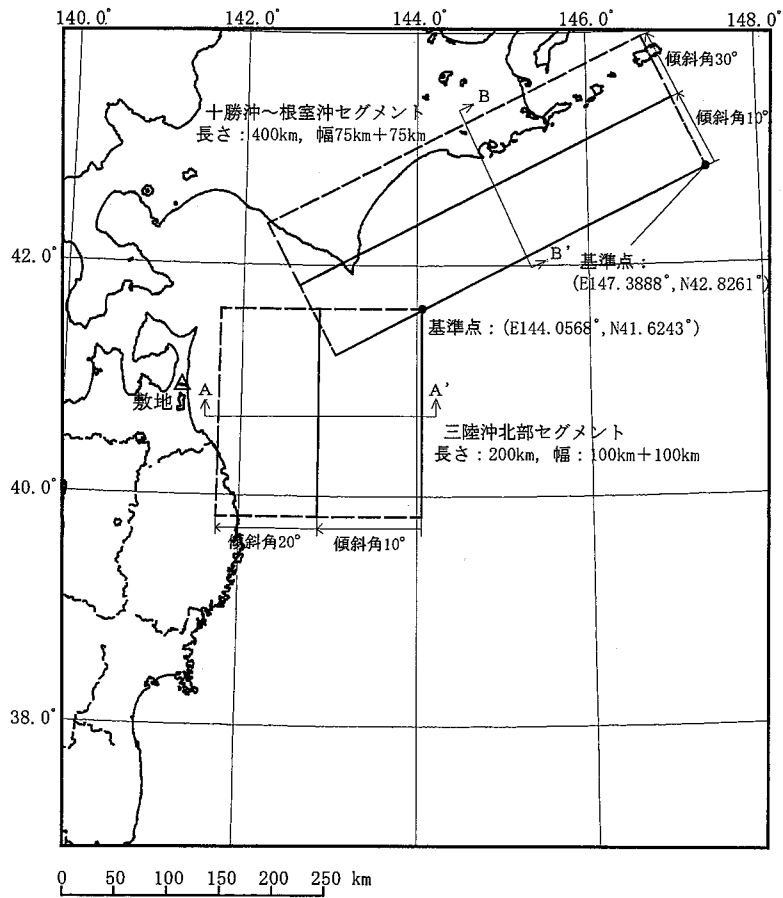
(87)
※地震調査委員会 (2017) より抜粋

(b) 「超巨大地震 (17世紀型)」の評価対象領域

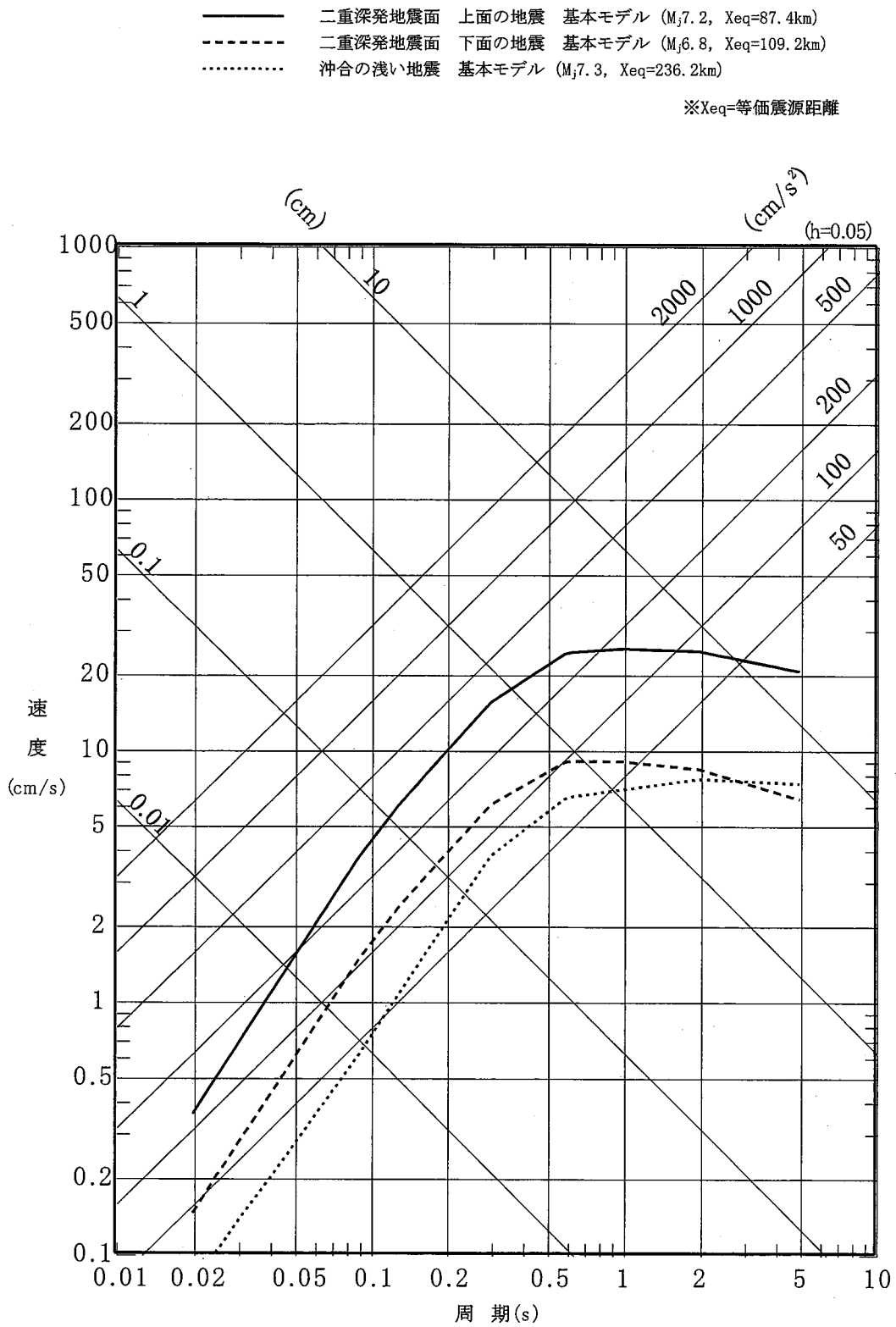
第6-2図 「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震 (三陸沖北部～根室沖の連動)」の断層面及び「超巨大地震 (17世紀型)」の評価対象領域の比較



第 6 - 3 図(1) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層面の位置 (三陸沖北部～宮城県沖)

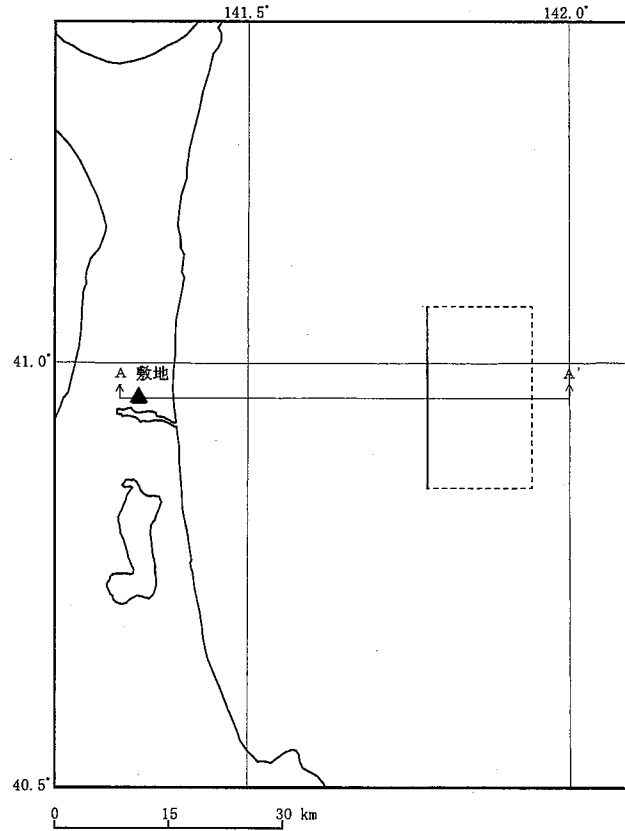


第 6 - 3 図(2) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層面の位置 (三陸沖北部～根室沖)

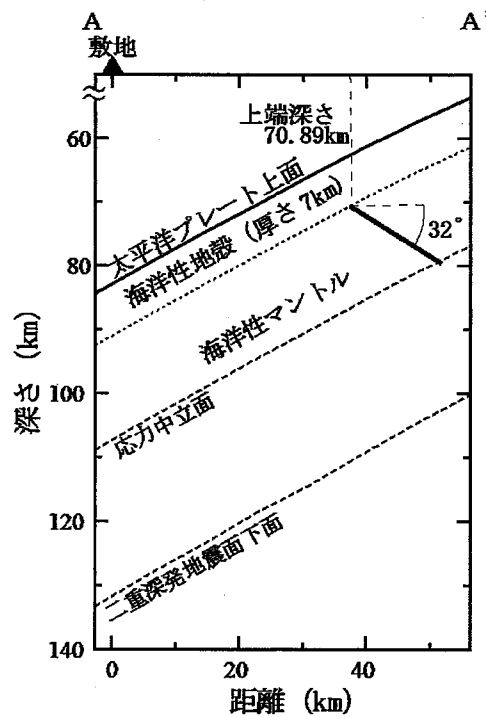


第6-4図 検討用地震の選定

(Noda et al. (2002)⁽²⁹⁾ による比較)
 (海洋プレート内地震)

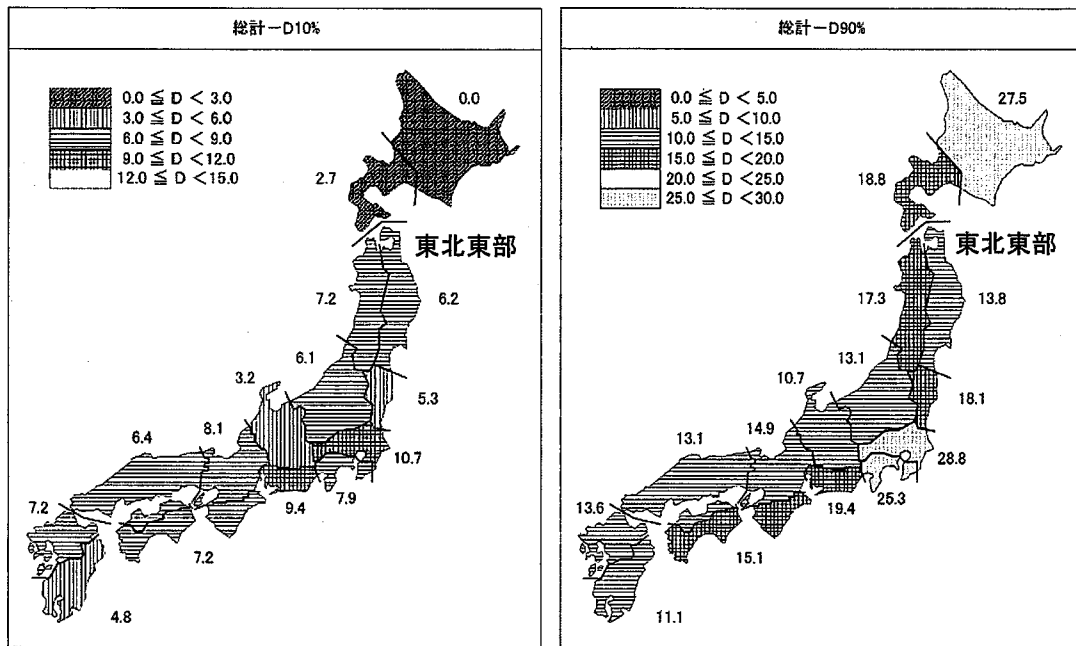


(1) 断層配置図



(2) 断層面 (敷地前面に想定する地震)
(A-A' 断面図)

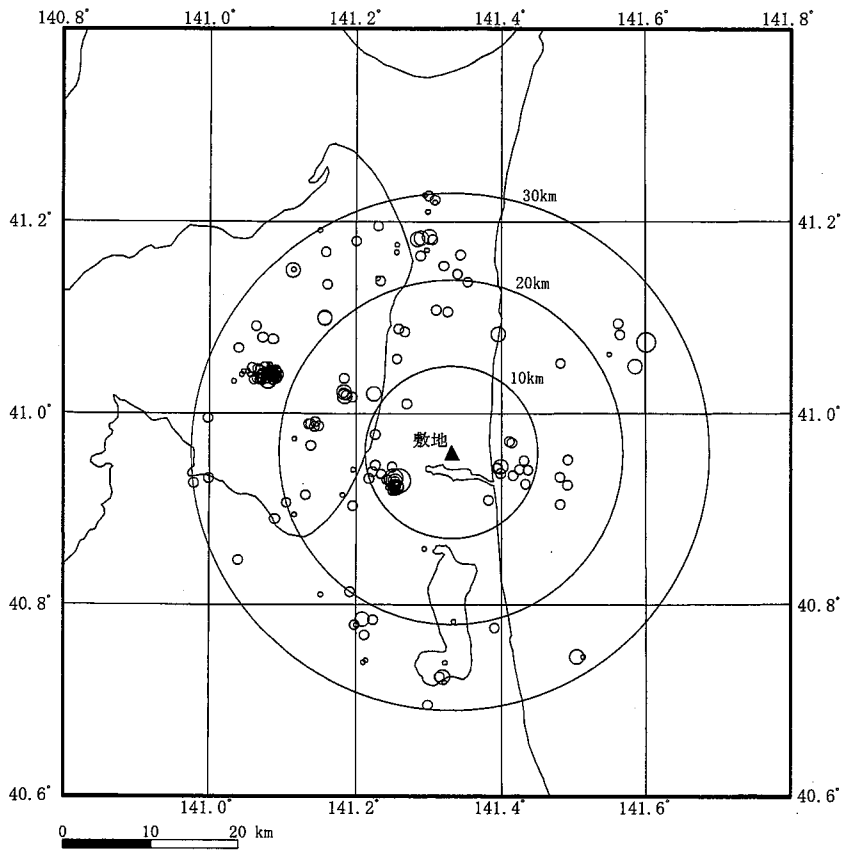
第6-5図 「想定海洋プレート内地震」の断層面の位置



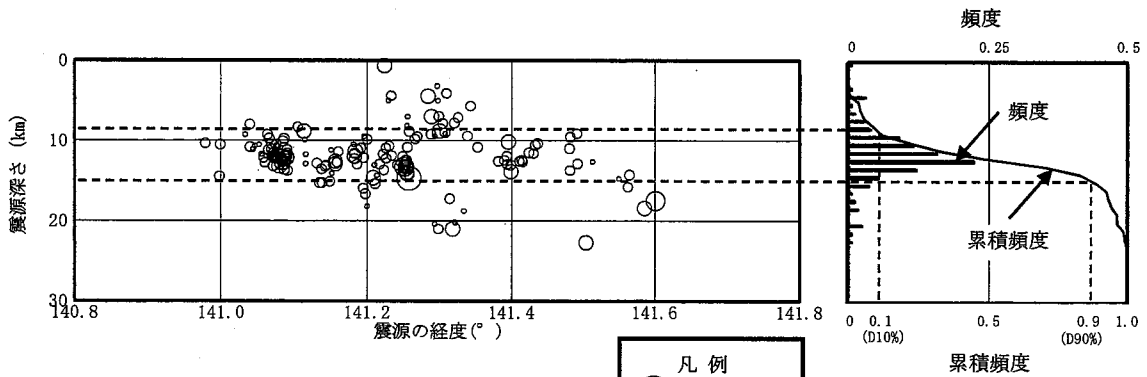
(a) 地震域区分毎のD10%(k m)の分布

(b) 地震域区分毎のD90%(k m)の分布

(31)
 第6-6図 原子力安全基盤機構(2004)による
 地震域区分毎の地震発生上下限層分布図

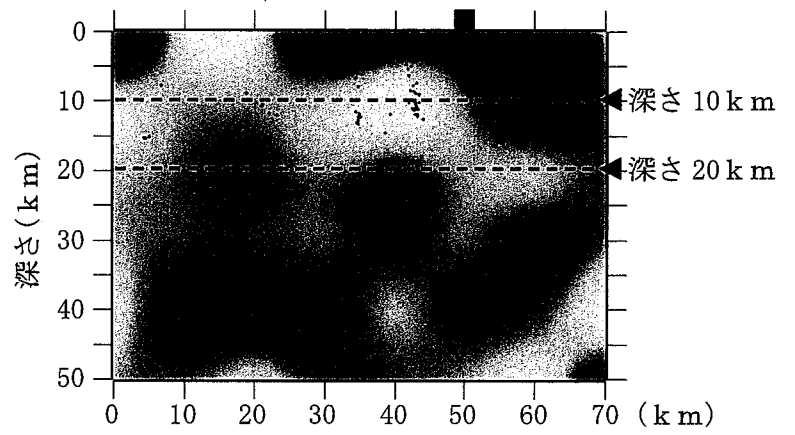
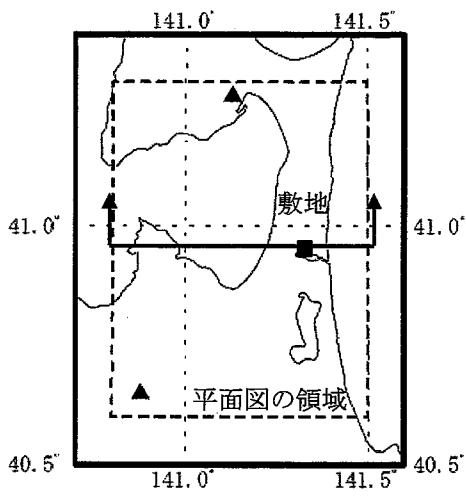


(a) 震央分布



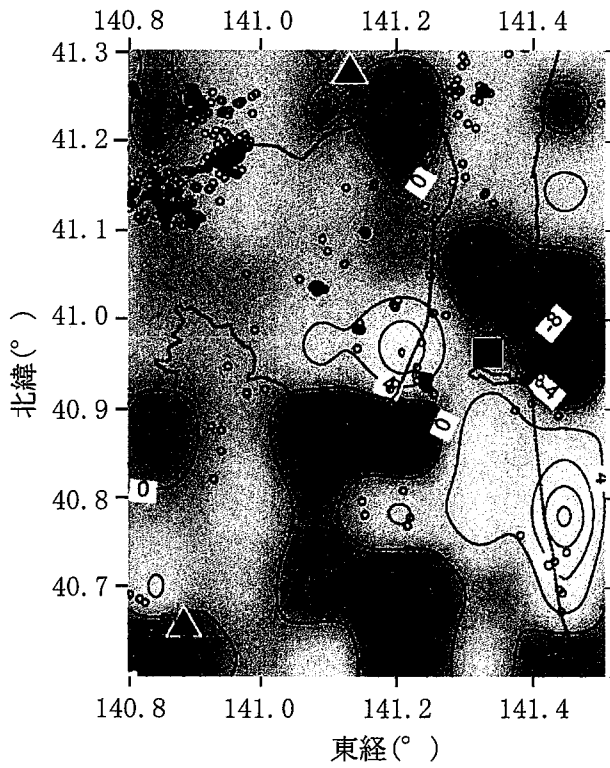
(b) 鉛直分布

第 6 - 7 図 敷地周辺の小・微小地震の震央分布及び震源の鉛直分布
(1997年10月~2011年12月)

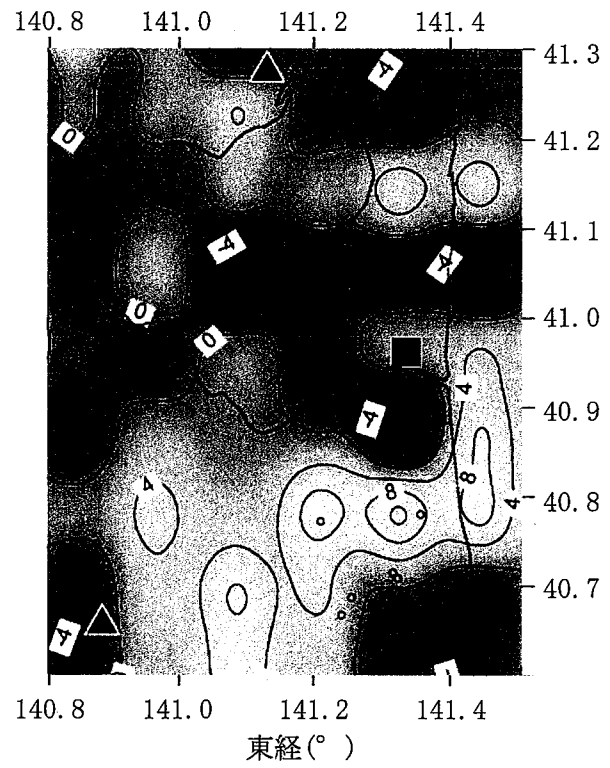


(a) 東西断面図

新R① JN 耐技 IV 00240 B



(i) 深さ 10 k m



(ii) 深さ 20 k m

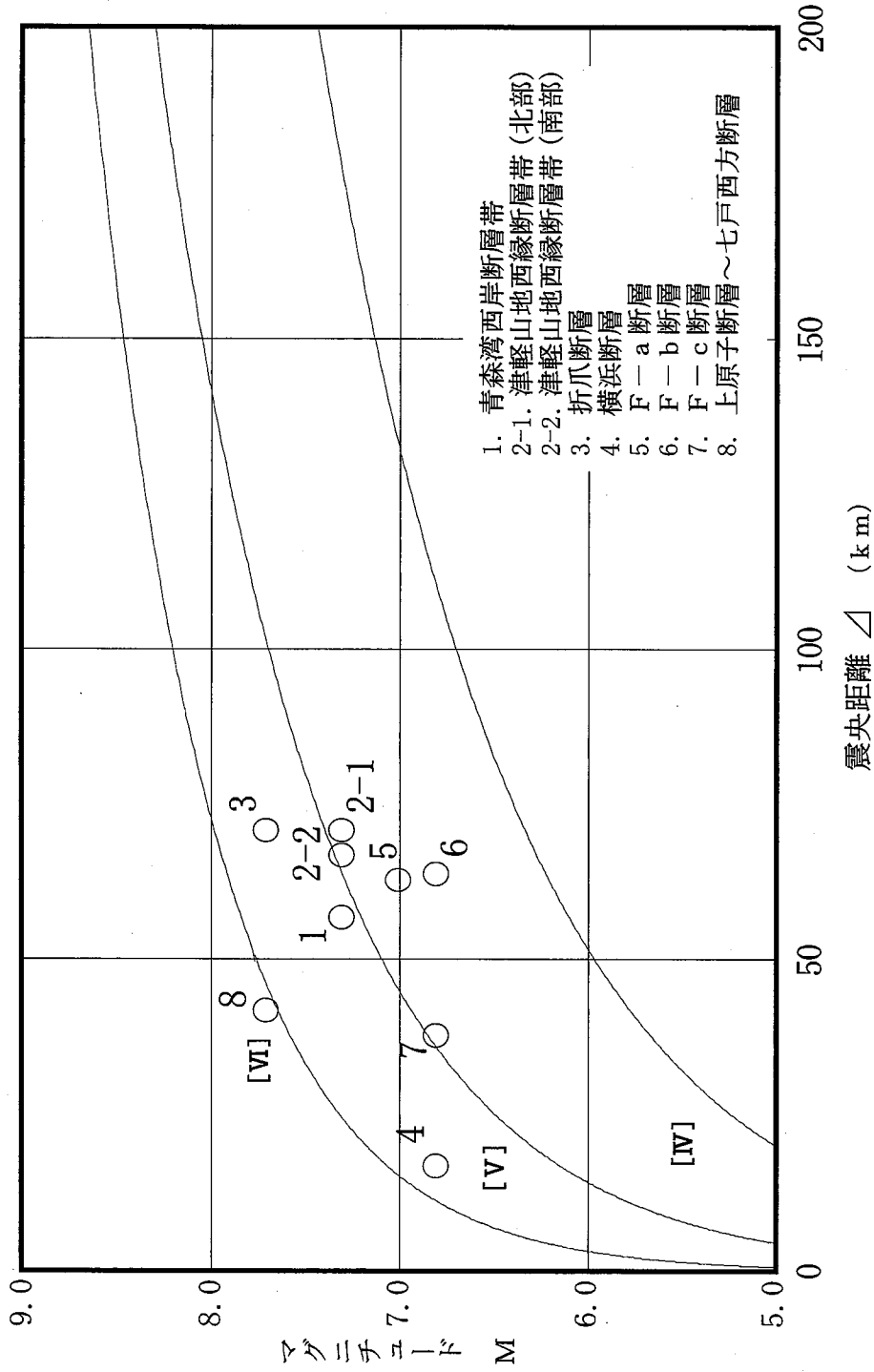
(b) 平面図

■ : 敷地
▲ : 火山

P 波速度偏差



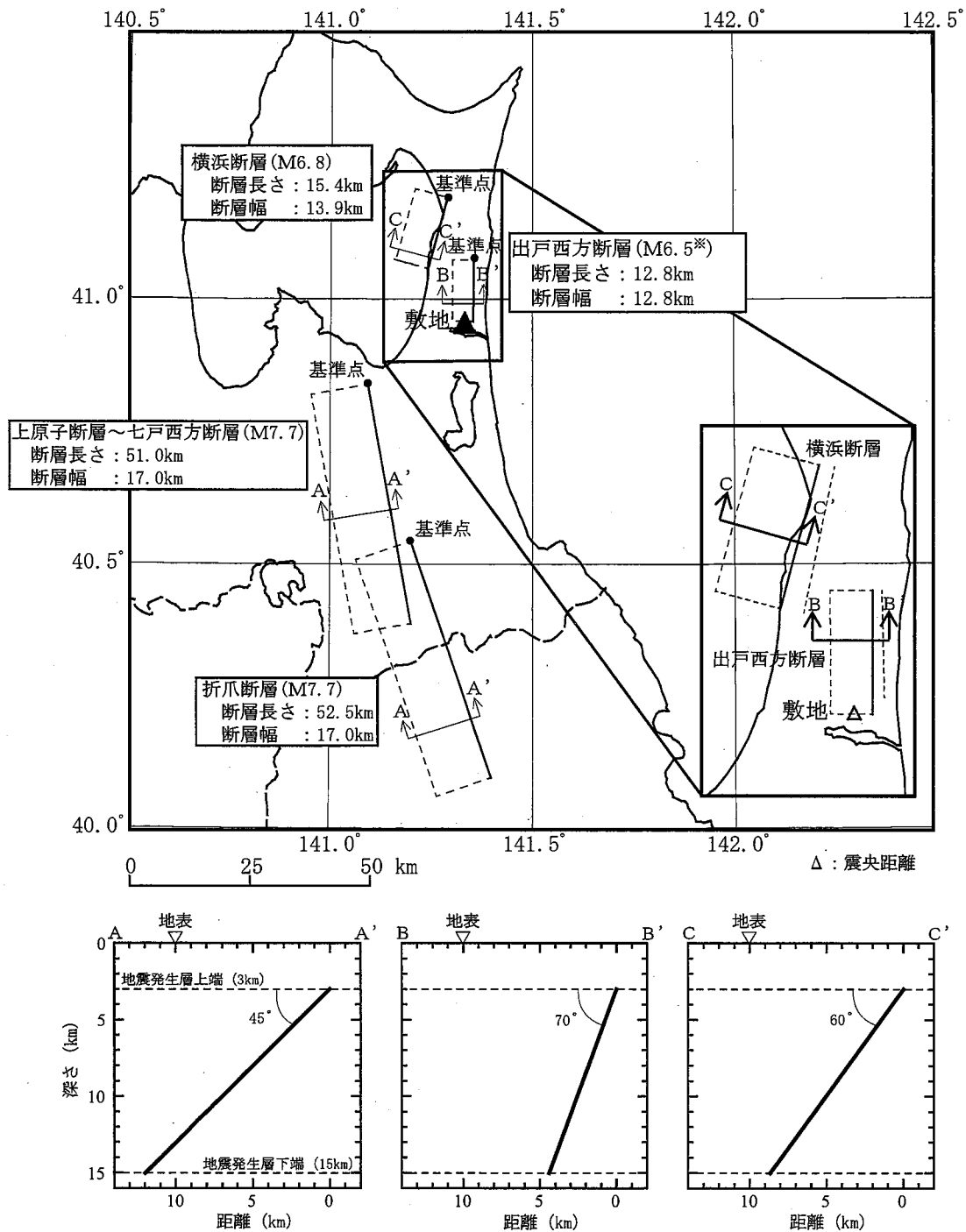
第 6 - 8 図 敷地周辺における地震波トモグラフィ解析結果



注) 震央距離 Δ は敷地から断層の中心までの距離とする。

[IV], [V], [VI] は気象庁震度階級で, 村松 (1969)^(1,6), 勝又・徳永 (1971)^(1,6) による。

第 6-9 図 敷地周辺の主な活断層から想定される地震のマグニチュード-震央距離



※出戸西方断層の地震の規模は、震源断層面が地震発生層の上限から下限（厚さ 12km）まで広がっていること、断層傾斜角（70°）を考慮し断層長さを求め、以下の式により算定する。

$$W = 12 / \sin 70^\circ = 12.8 \text{ km}$$

W: 断層幅 (km)

$$L = W = 12.8 \text{ km}$$

L: 断層長さ (km)

$$S = L \times W$$

S: 断層面積 (km²)

$$M_0 = \{ S / (2.23 \times 10^{-15}) \}^{1.5}$$

M₀: 地震モーメント (dyne·cm),

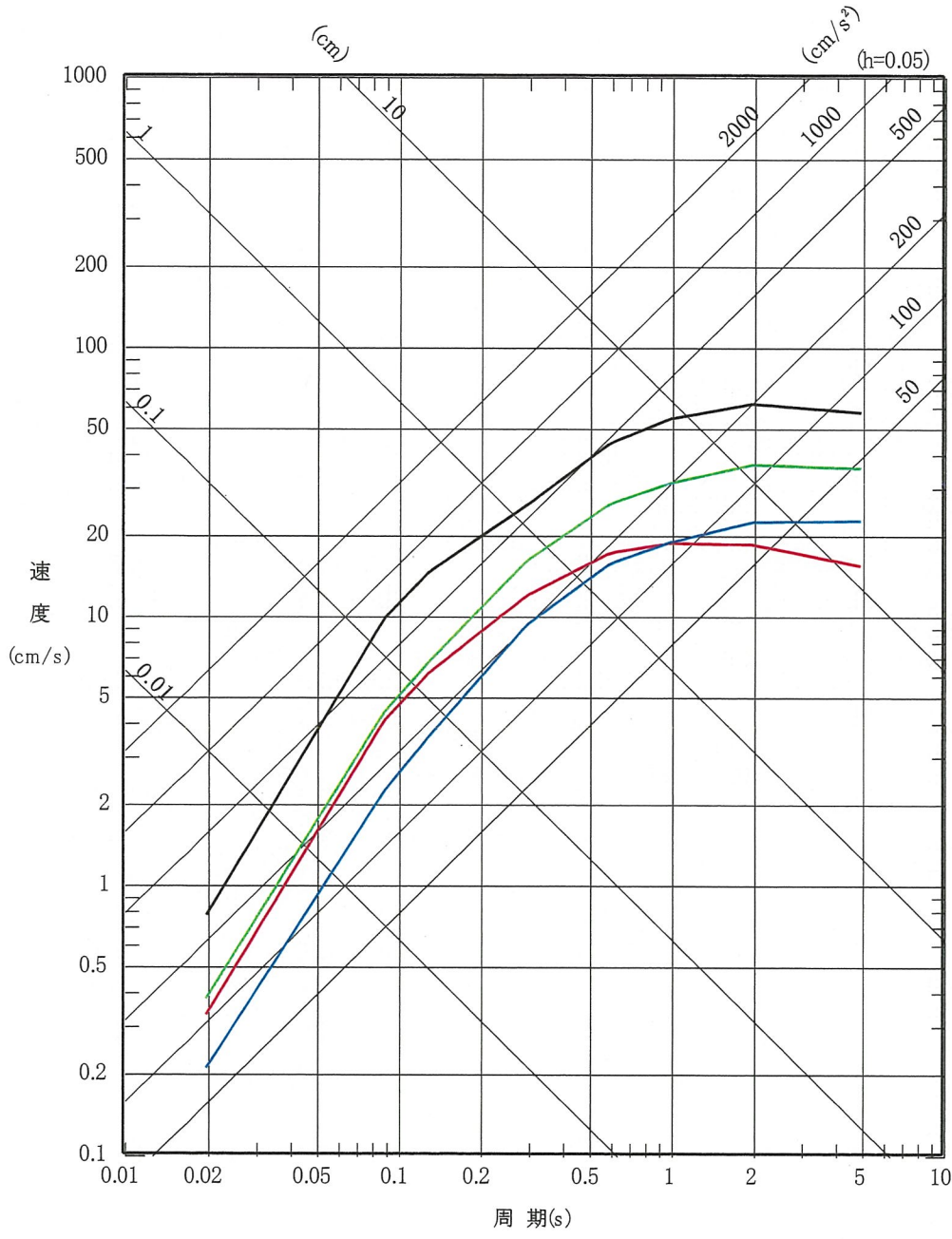
$$\text{Log} M_0 = 1.17M + 17.72$$

M: 気象庁マグニチュード

第 6 - 10 図 選定した内陸地殻内地震の断層面の位置

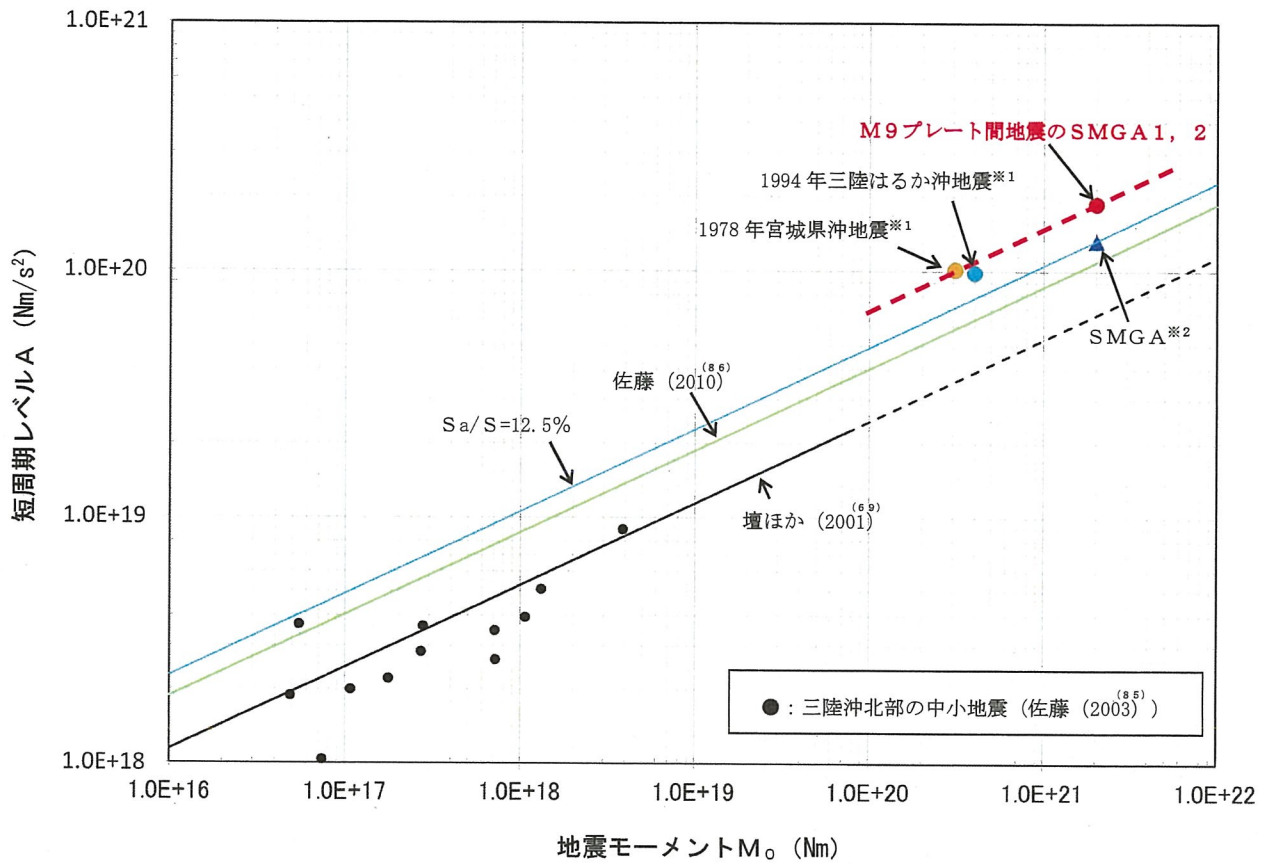
- 出戸西方断層による地震 (M6.5, $X_{eq}=8.1\text{km}$)
- 横浜断層による地震 (M6.8, $X_{eq}=22\text{km}$)
- 折爪断層による地震 (M7.7, $X_{eq}=70\text{km}$)
- 上原子断層～七戸西方断層による地震 (M7.7, $X_{eq}=42\text{km}$)

※ X_{eq} =等価震源距離



新 R ① JN 耐技 IV 00243 B

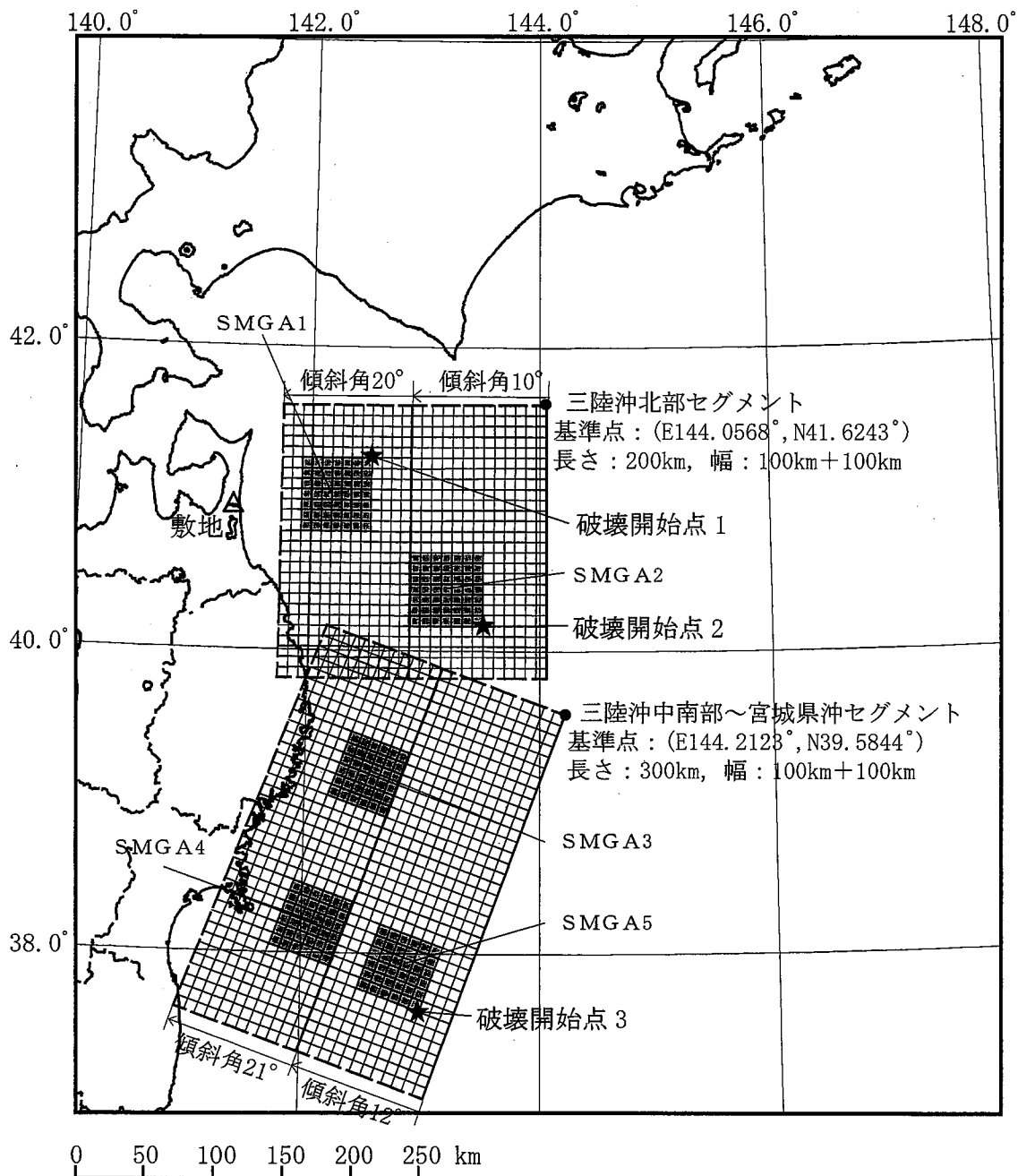
第6-11 図 敷地に影響を与えるおそれがあると考えられる地震の応答スペクトル



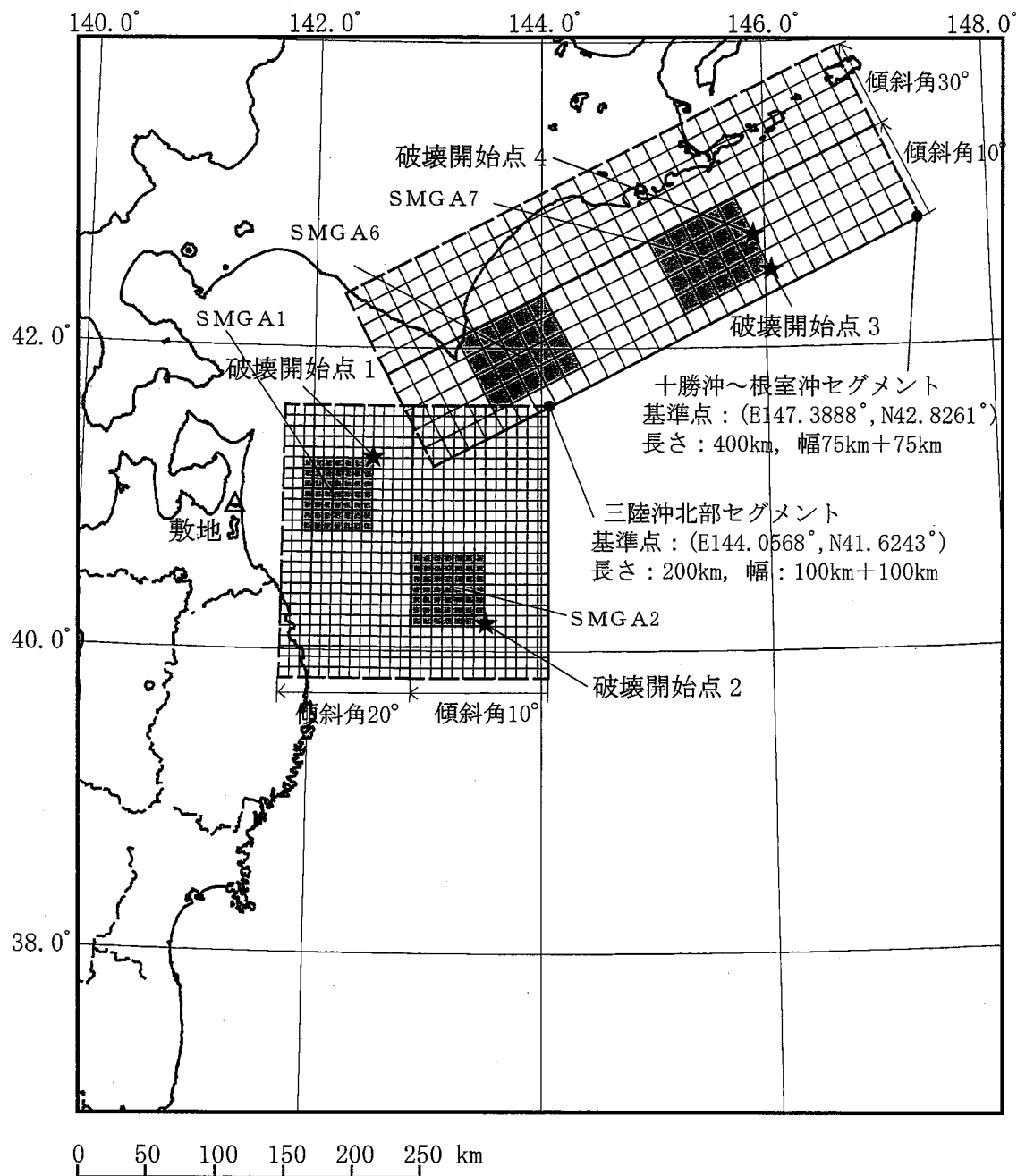
※1 : 片岡ほか (2006)^(4,8) による。

※2 : 諸井ほか (2013)^(3,8) の1個のSMGAをここではひとつの地震として表示している。

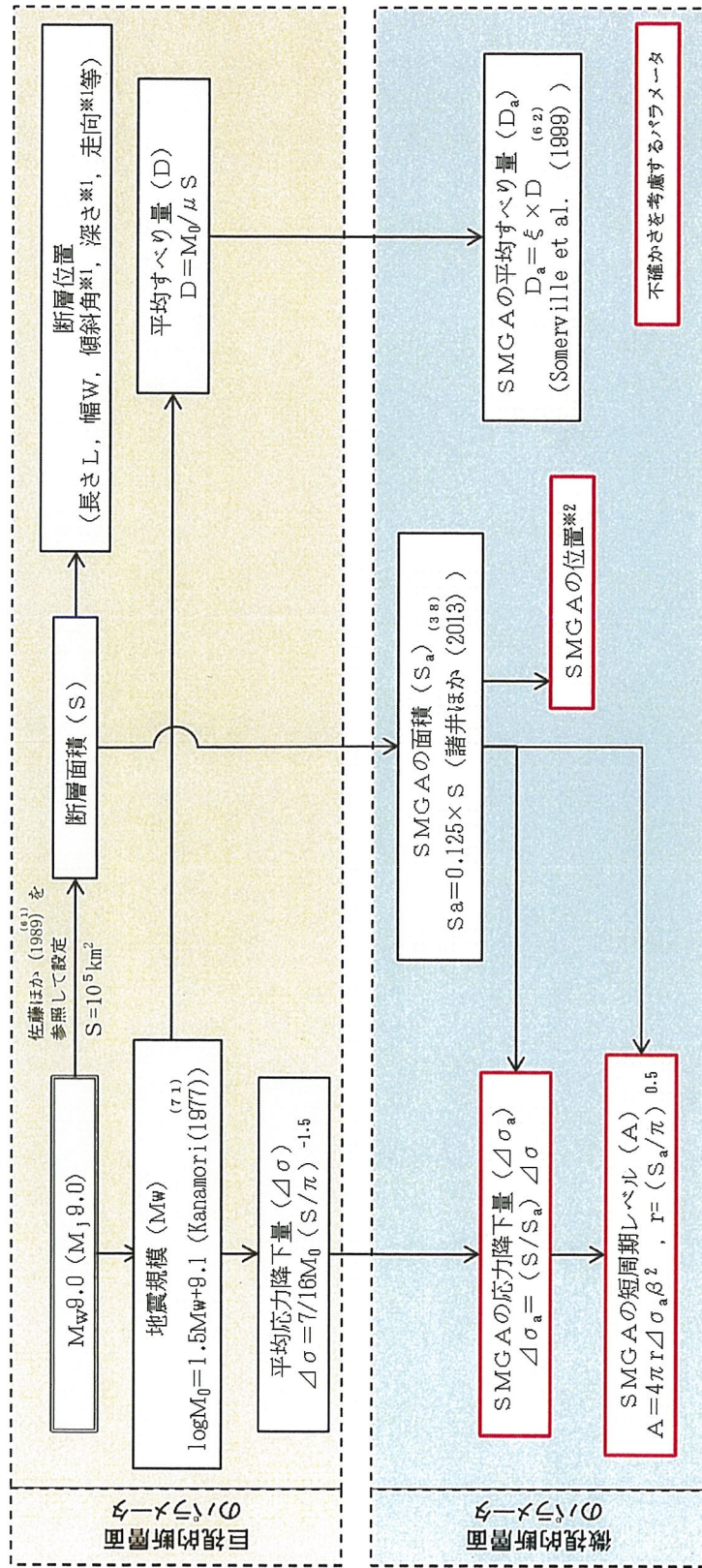
第6-12図 短周期レベルと既往スケーリング則の比較



第 6 - 13 図(1) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層モデル (三陸沖北部～宮城県沖の連動, 基本モデル)



第 6 - 13 図(2) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層モデル (三陸沖北部～根室沖の連動, 基本モデル)



参考文献を付記していない数式は、地震調査委員会 (2016)^(7.6) による。

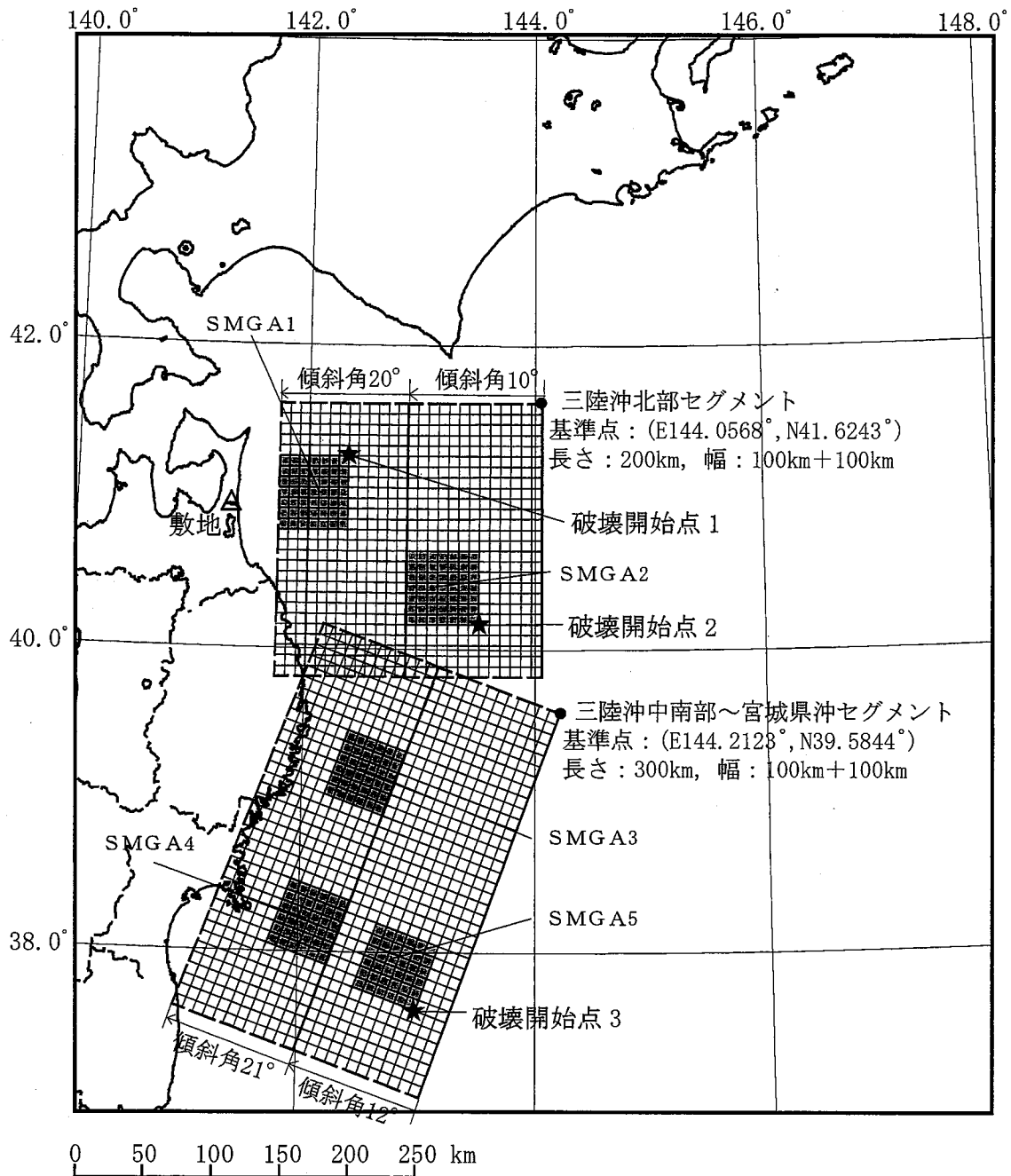
※1：海洋プレートの形状・もぐりこみ角度等を考慮して設定

※2：過去の地震のすべり分布に基づき、各領域に設定

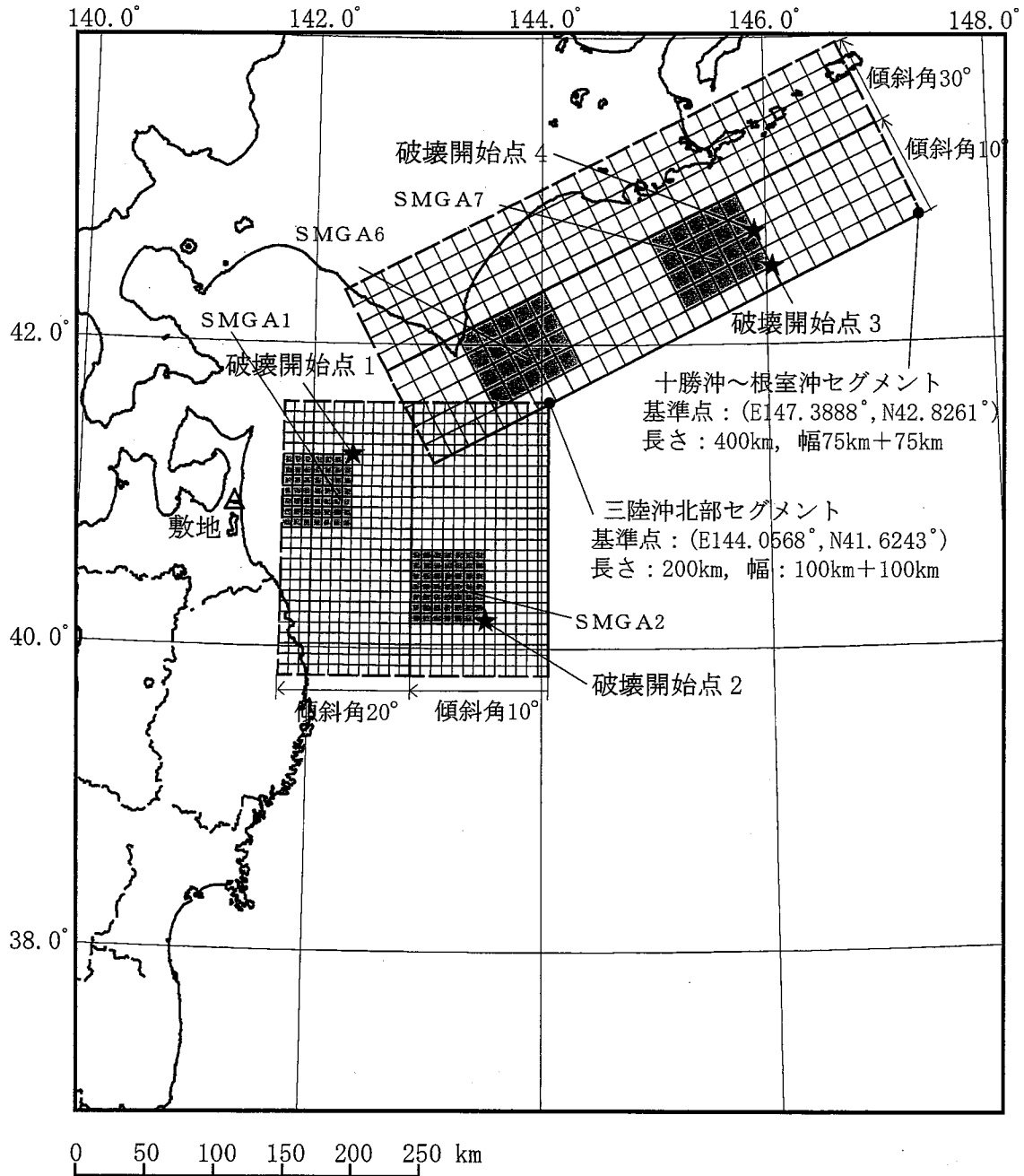
その他のパラメータ

- ・ S波速度 β , 剛性率 μ : 地震調査委員会 (2004)^(2.7) と同様、プレート上面の海洋性地殻の値を参照して設定した。
- ・ 破壊伝播速度 V_r : 諸井ほか (2013)^(3.8) における東北地方太平洋沖地震の震源インバージョンの結果を参照し、 $V_r = 3.0 \text{ km/s}$ とした。
なお、この値は、地震調査委員会 (2004)^(2.7) による三陸沖北部の地震 ($M_w 8.3$) の評価において採用されている値 ($V_r = 2.5 \text{ km/s}$) よりも大きな値となっている。

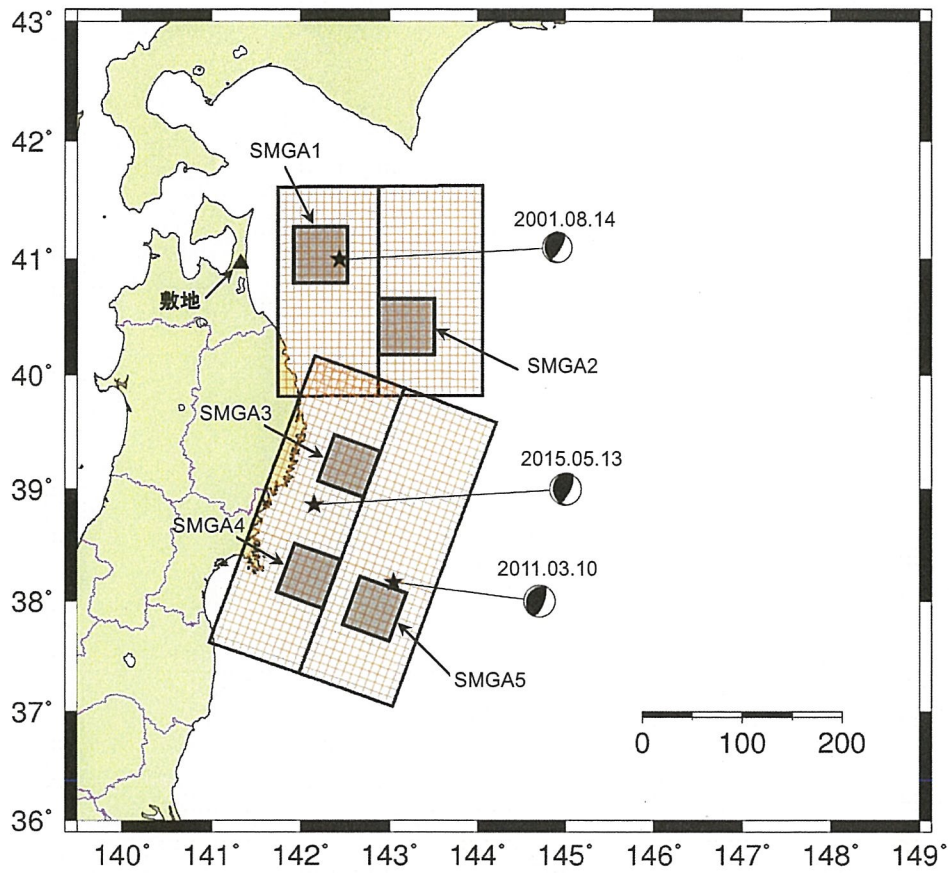
第6-14図 断層モデルパラメータ設定フロー (プレート間地震)



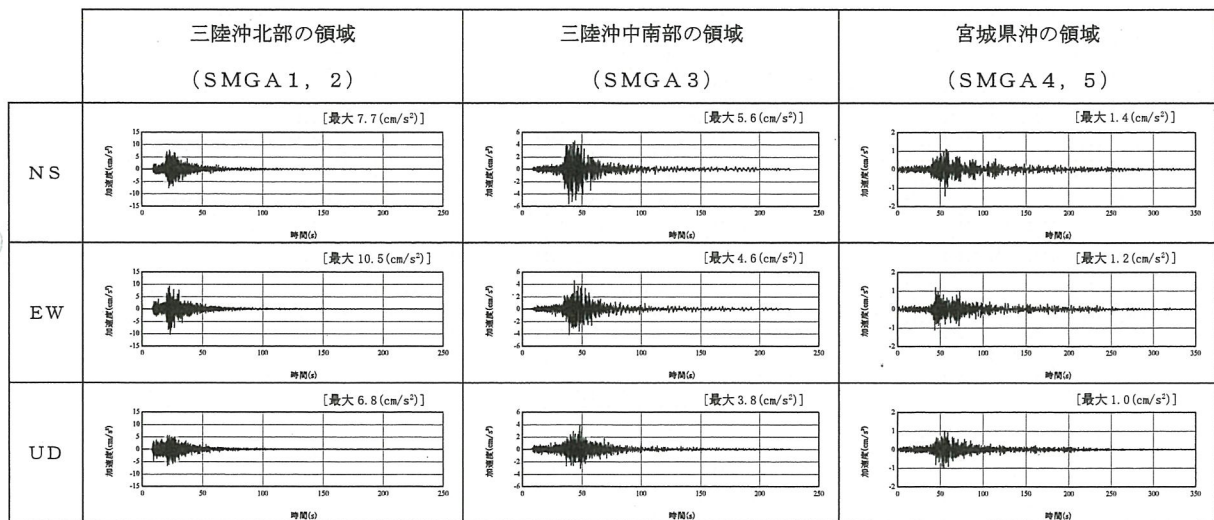
第6-15 図(1) 「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層モデル (三陸沖北部～宮城県沖の連動, SMGA位置の不確かさケース)



第 6 - 15 図(2) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の断層モデル (三陸沖北部～根室沖の連動, SMGA 位置の不確かさケース)

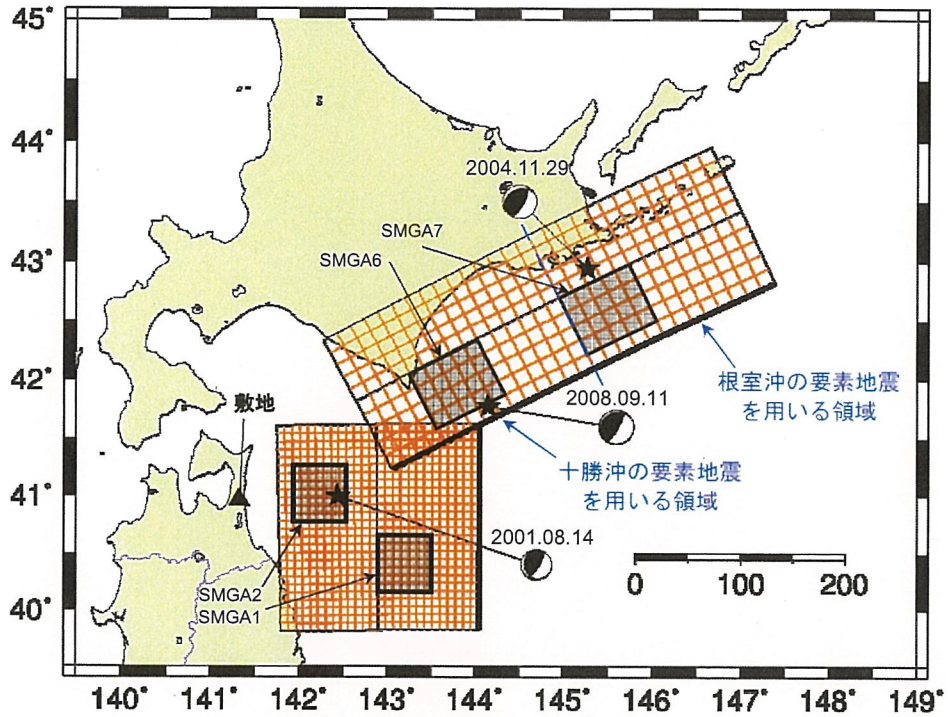


(a) 要素地震の震央位置

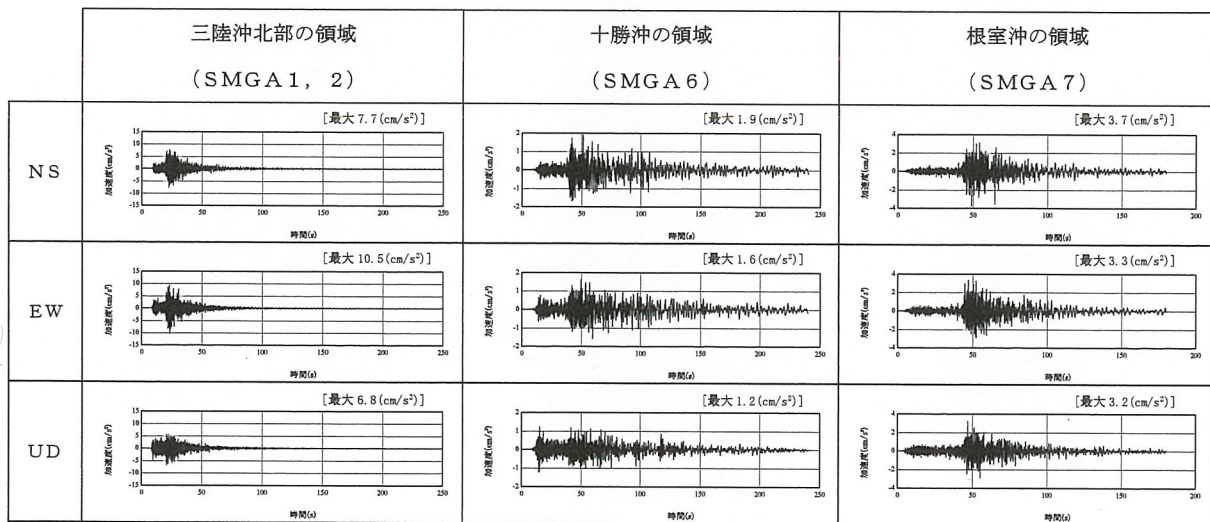


(b) 観測記録の波形

第 6 - 16 図(1) 要素地震の震央位置及び観測記録の波形
(プレート間地震) (三陸沖北部～宮城県沖の運動)

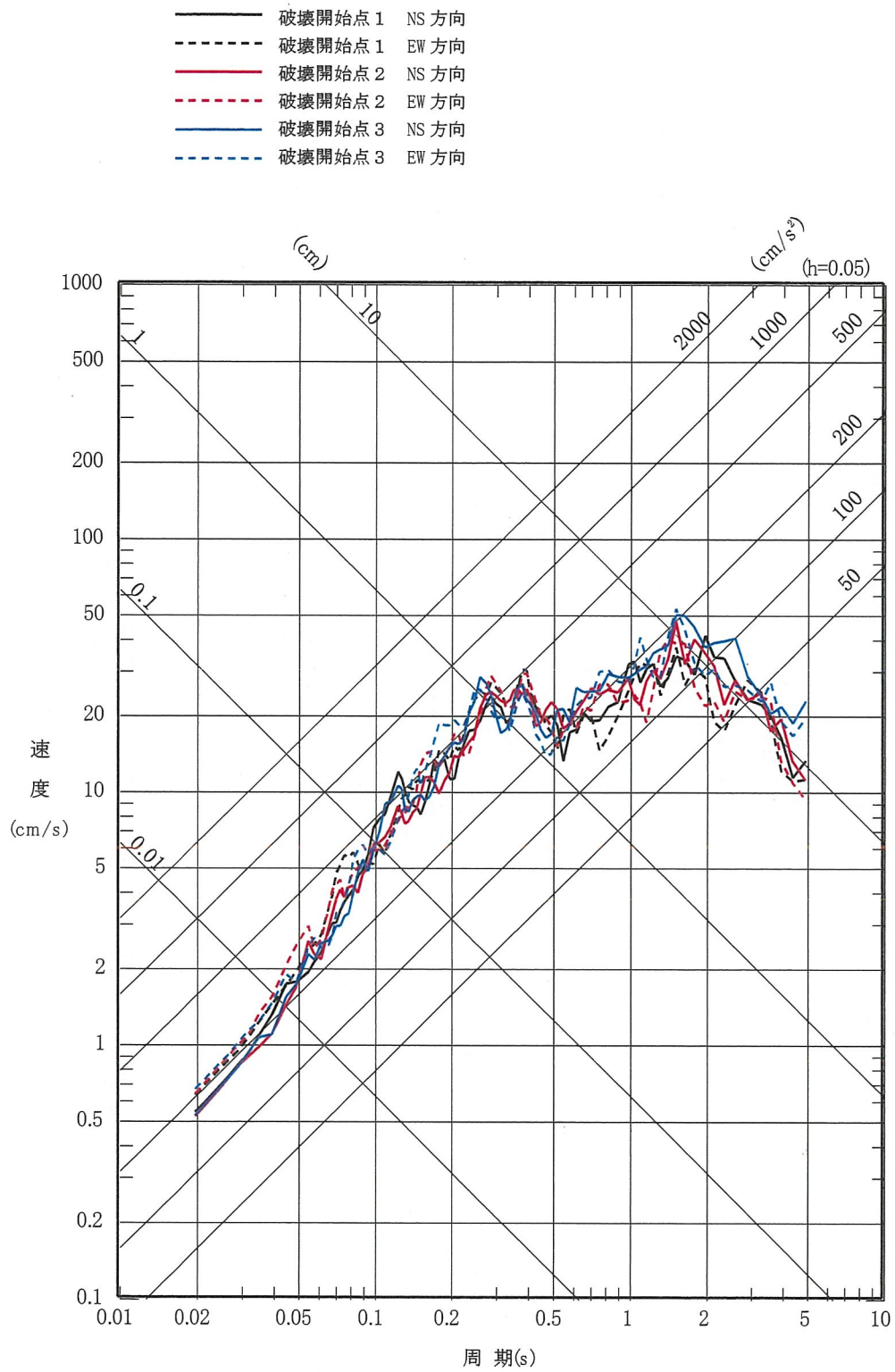


(a) 要素地震の震央位置

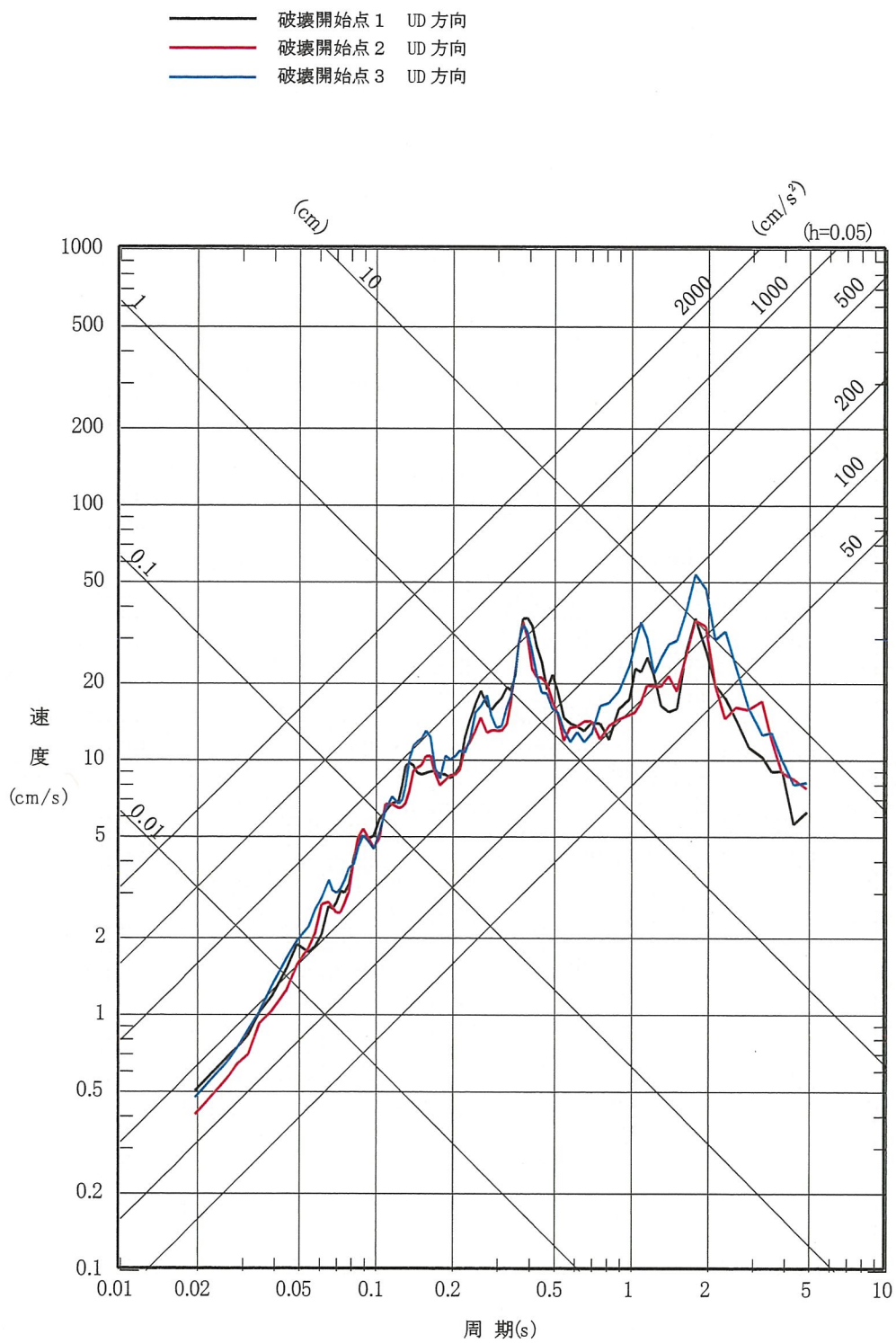


(b) 観測記録の波形

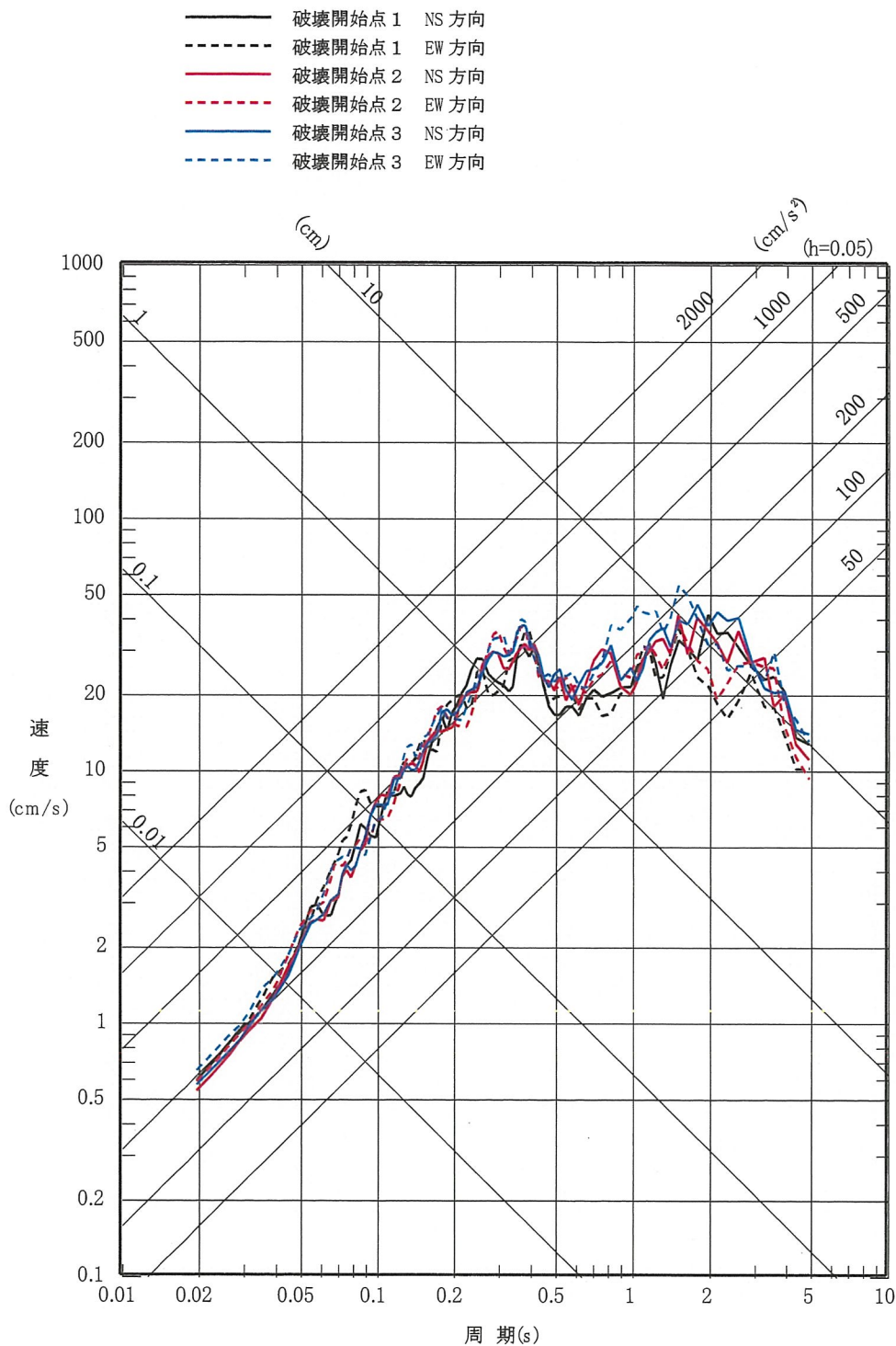
第 6 - 16 図(2) 要素地震の震央位置及び観測記録の波形
(プレート間地震) (三陸沖北部～根室沖の連動)



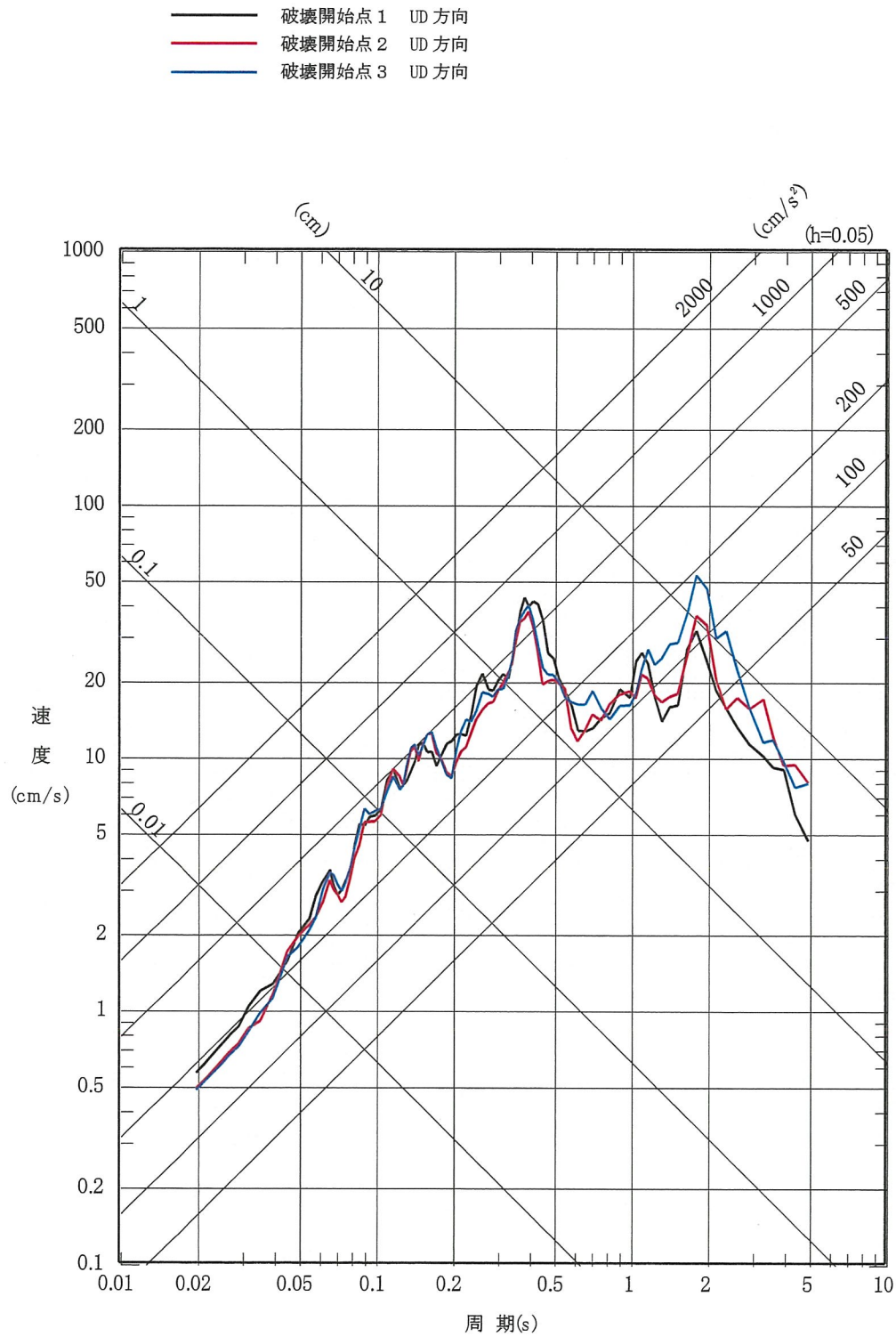
第 6-17 図(1) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法)
(三陸沖北部～宮城県沖の連動, 基本モデル) (水平方向)



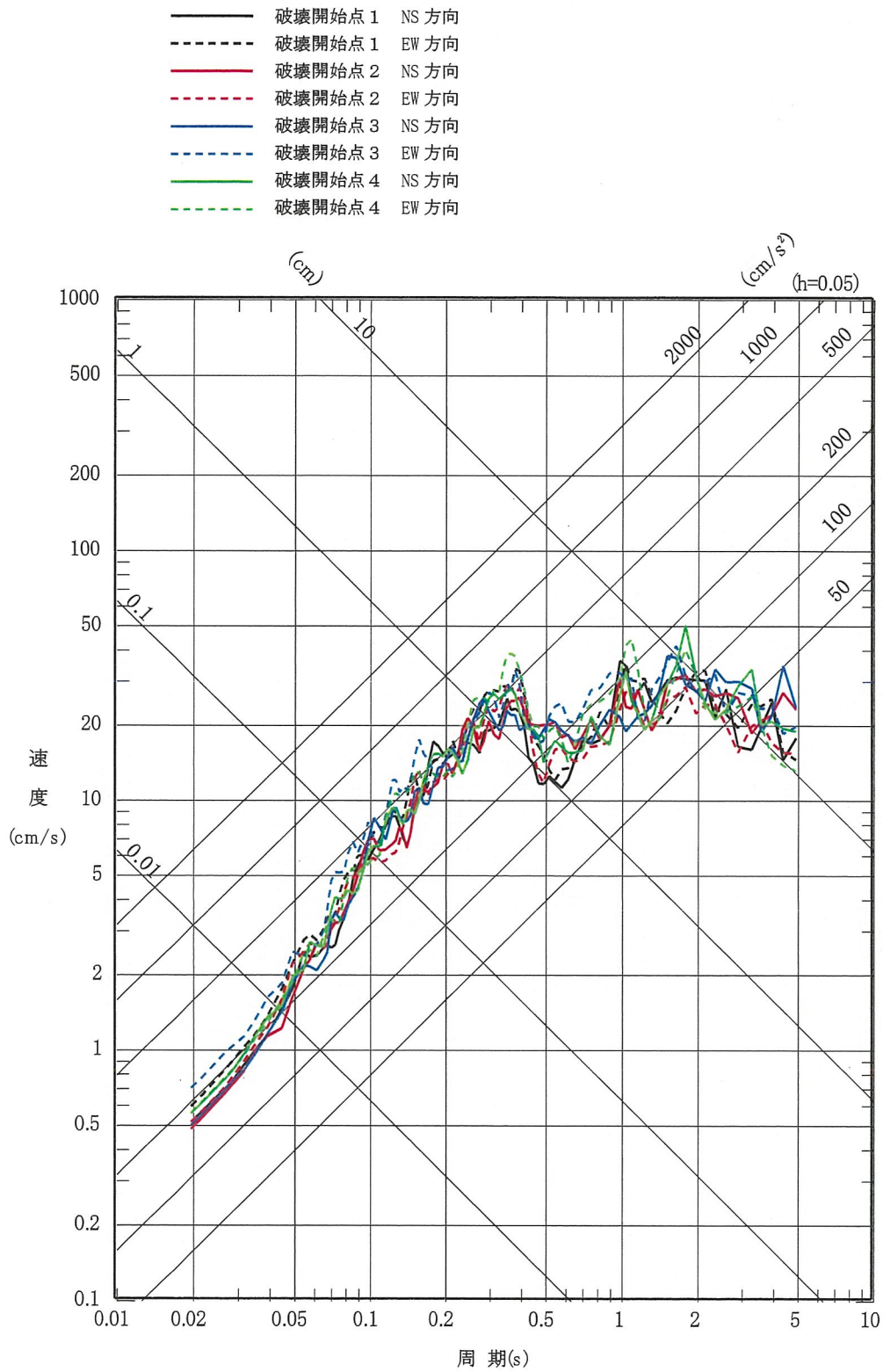
第6-17 図(2) 「2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法)
(三陸沖北部～宮城県沖の連動, 基本モデル) (鉛直方向)



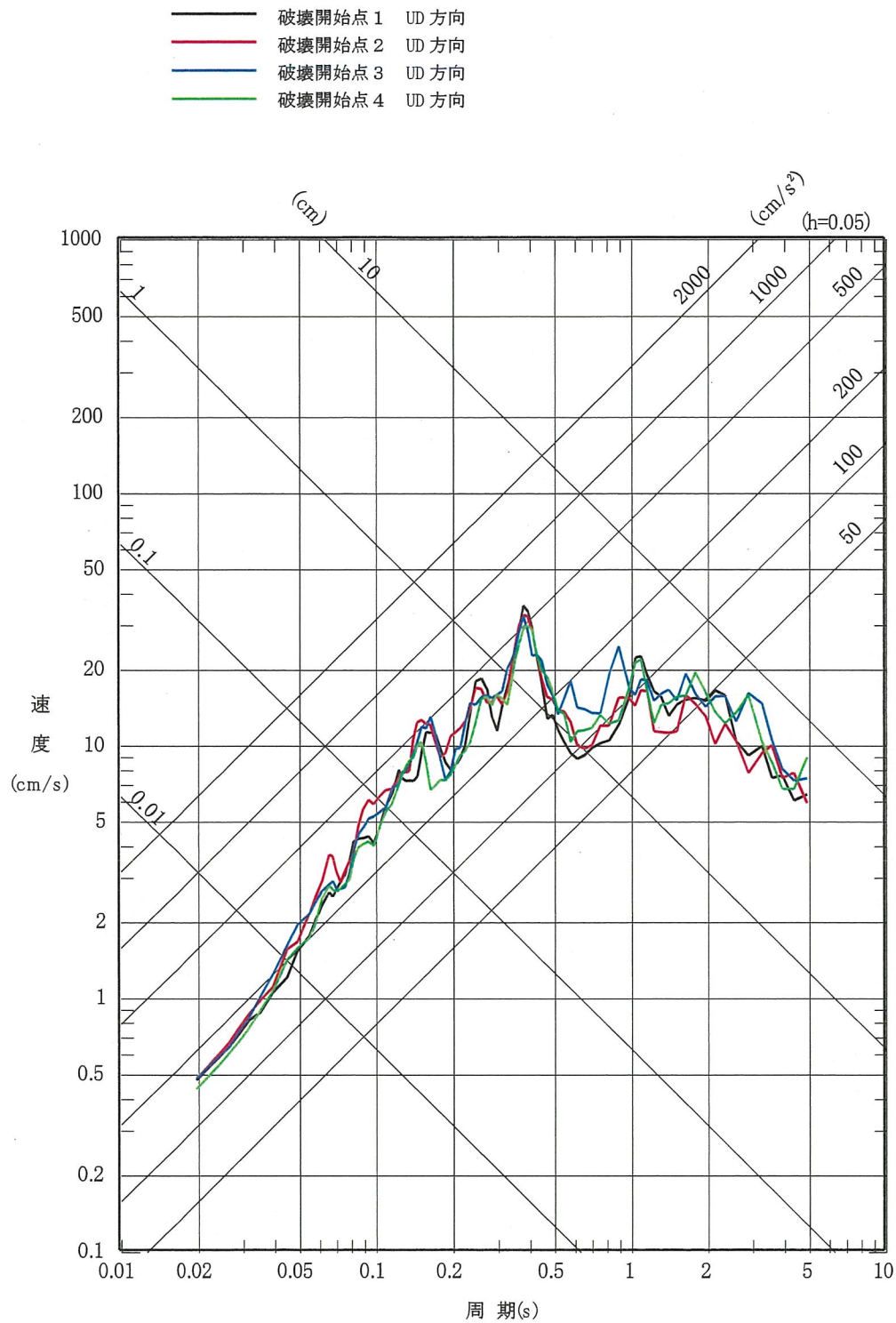
第 6 - 17 図(3) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法)
 (三陸沖北部～宮城県沖の連動, SMG A位置の不確かさケース) (水平方向)



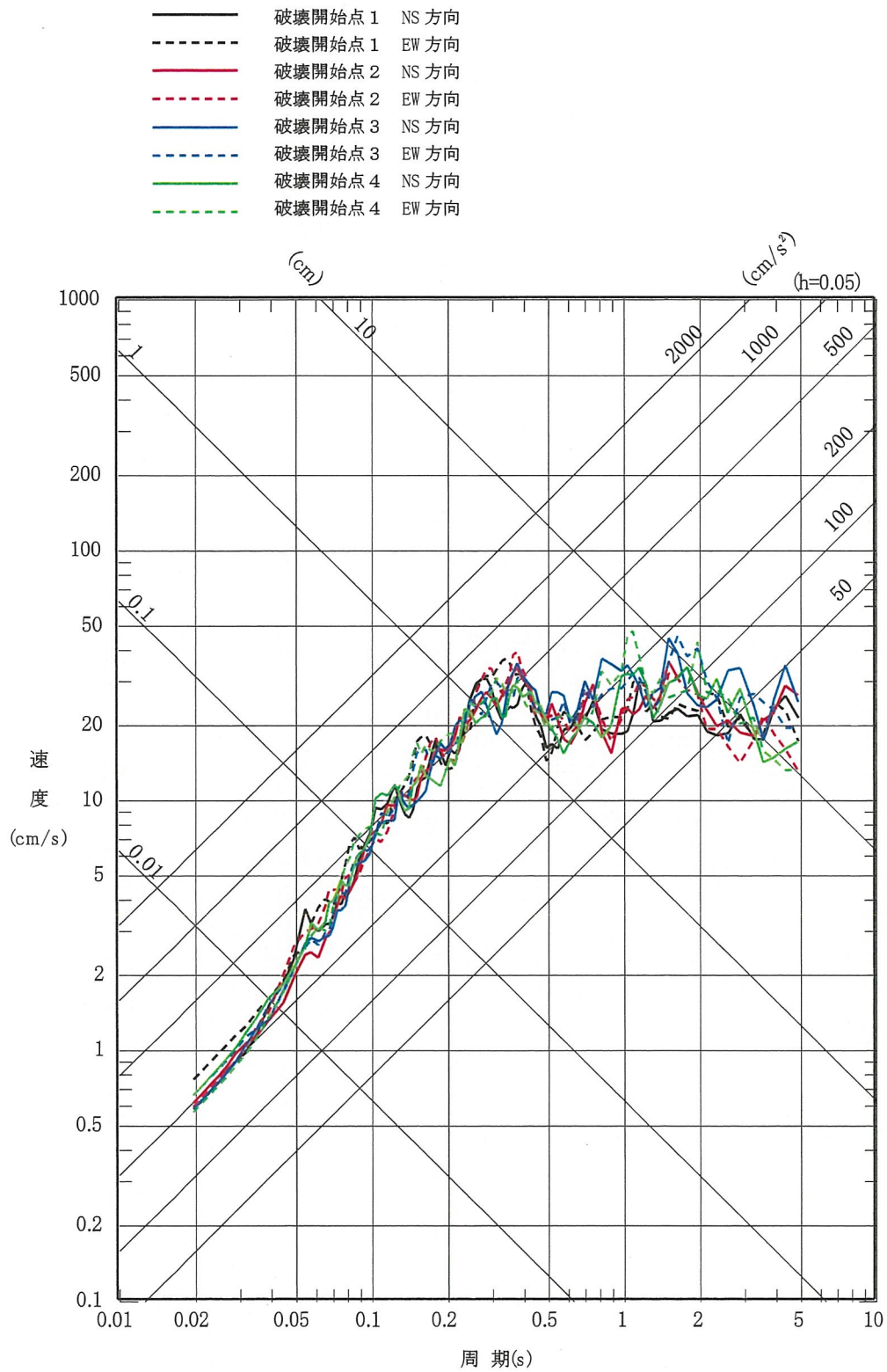
第 6-17 図(4) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法)
 (三陸沖北部～宮城県沖の連動, SMGA 位置の不確かさケース) (鉛直方向)



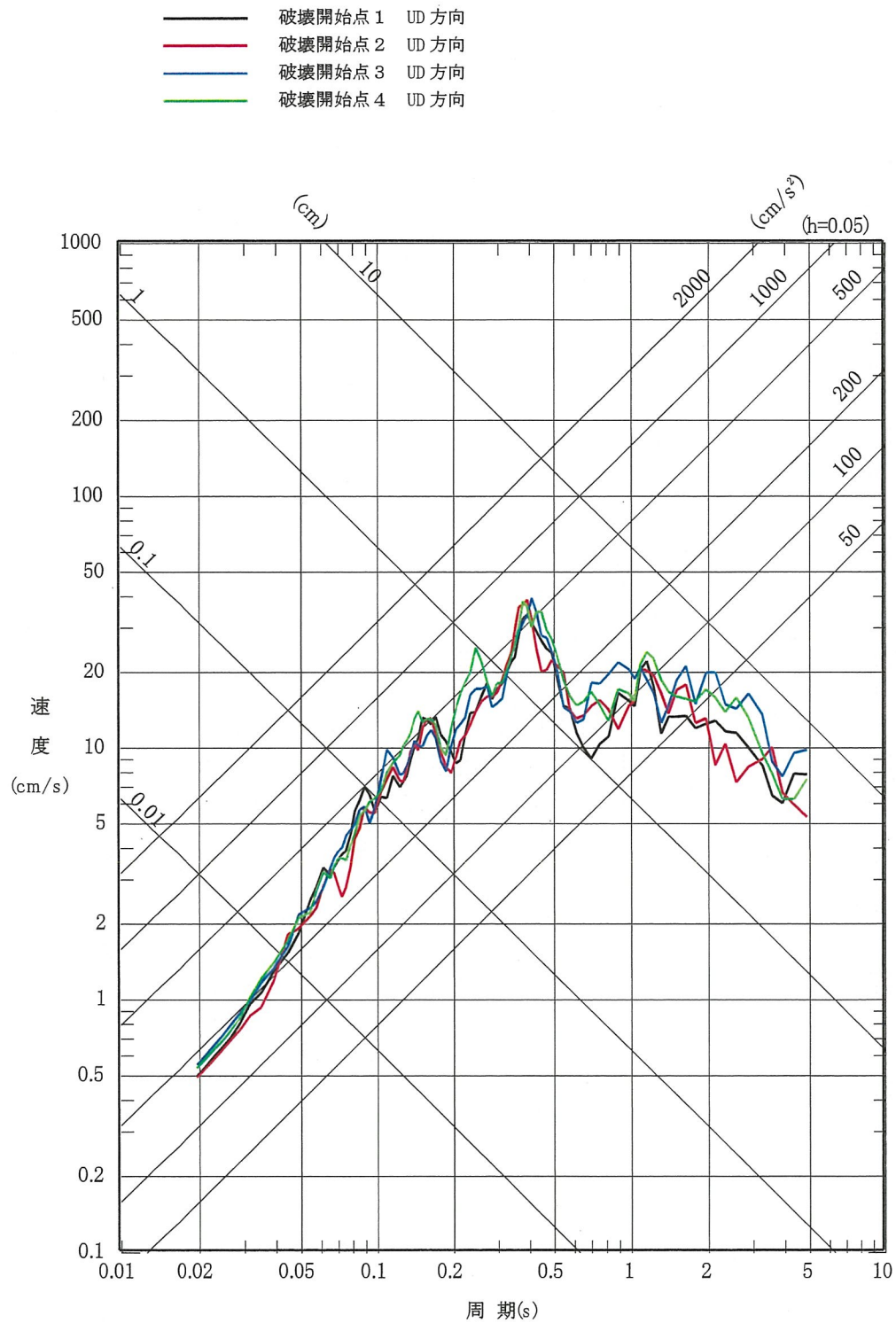
第 6-17 図(5) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法)
 (三陸沖北部～根室沖の連動, 基本モデル) (水平方向)



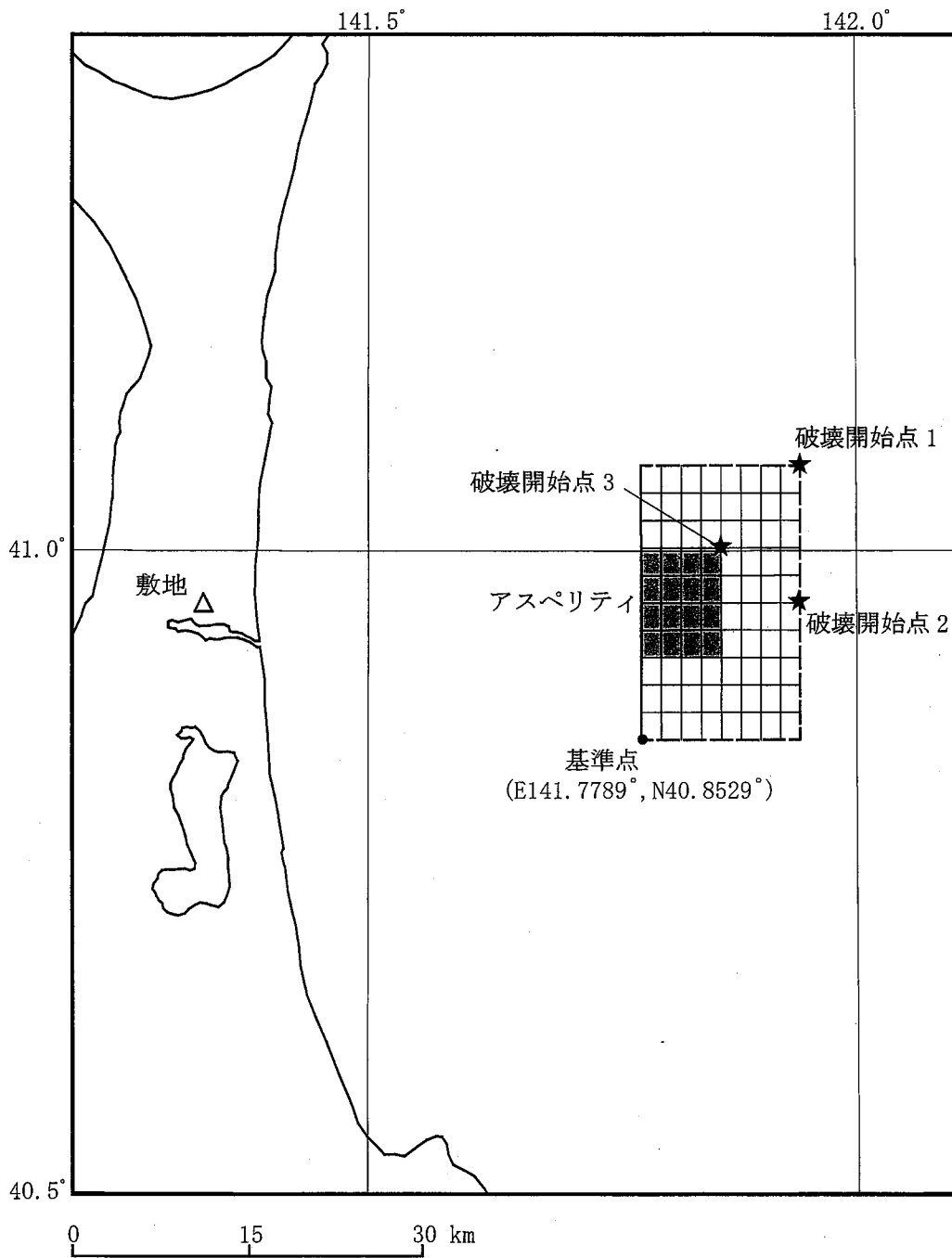
第 6-17 図(6) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法) (三陸沖北部～根室沖の連動, 基本モデル) (鉛直方向)



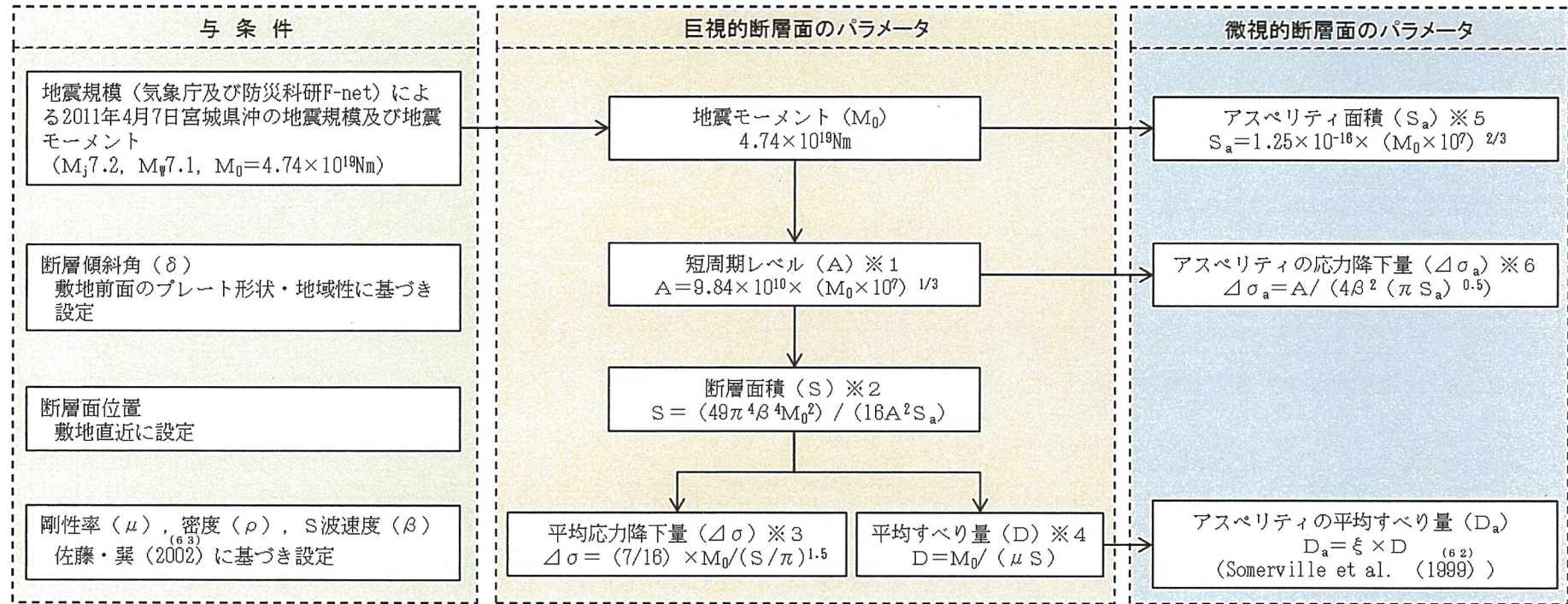
第 6 - 17 図(7) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法)
 (三陸沖北部～根室沖の連動, SMGA 位置の不確かさケース) (水平方向)



第 6-17 図(8) 「2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえた地震」の応答スペクトル (断層モデルを用いた手法)
 (三陸沖北部～根室沖の連動, SMGA 位置の不確かさケース) (鉛直方向)



第 6 - 18 図 「想定海洋プレート内地震」の断層モデル
(基本モデル・短周期レベルの不確かさケース)

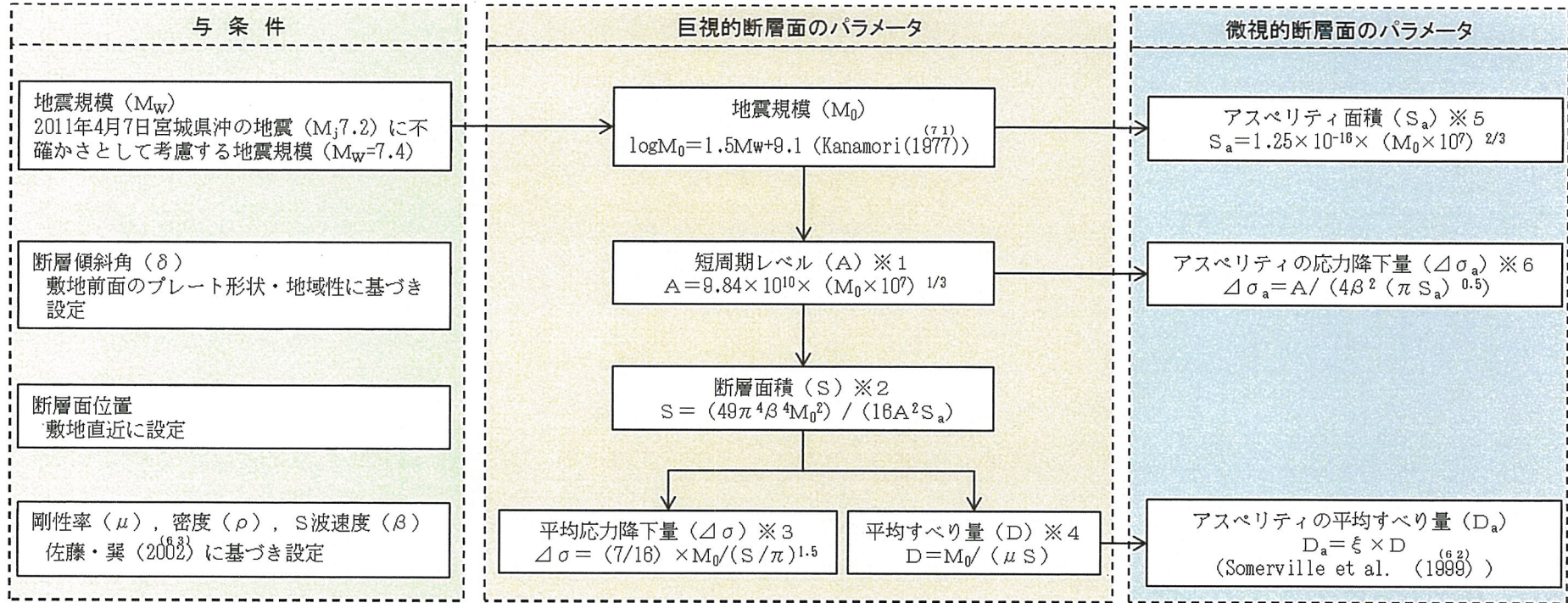


※1～※6の数式は、地震調査委員会 (2016)⁽⁷⁸⁾ に記載の以下の式に基づく。

- ※1 : (31)式と同じ
- ※2 : (34)式へ(32)式を代入した式
- ※3 : (35)式と同じ
- ※4 : (10)式と同じ
- ※5 : (33)式と同じ
- ※6 : (38)式へ(32)式, (35)式及び(36)式を代入した式

第6-19 図(1) 断層モデル パラメータ設定フロー (想定海洋プレート内地震)

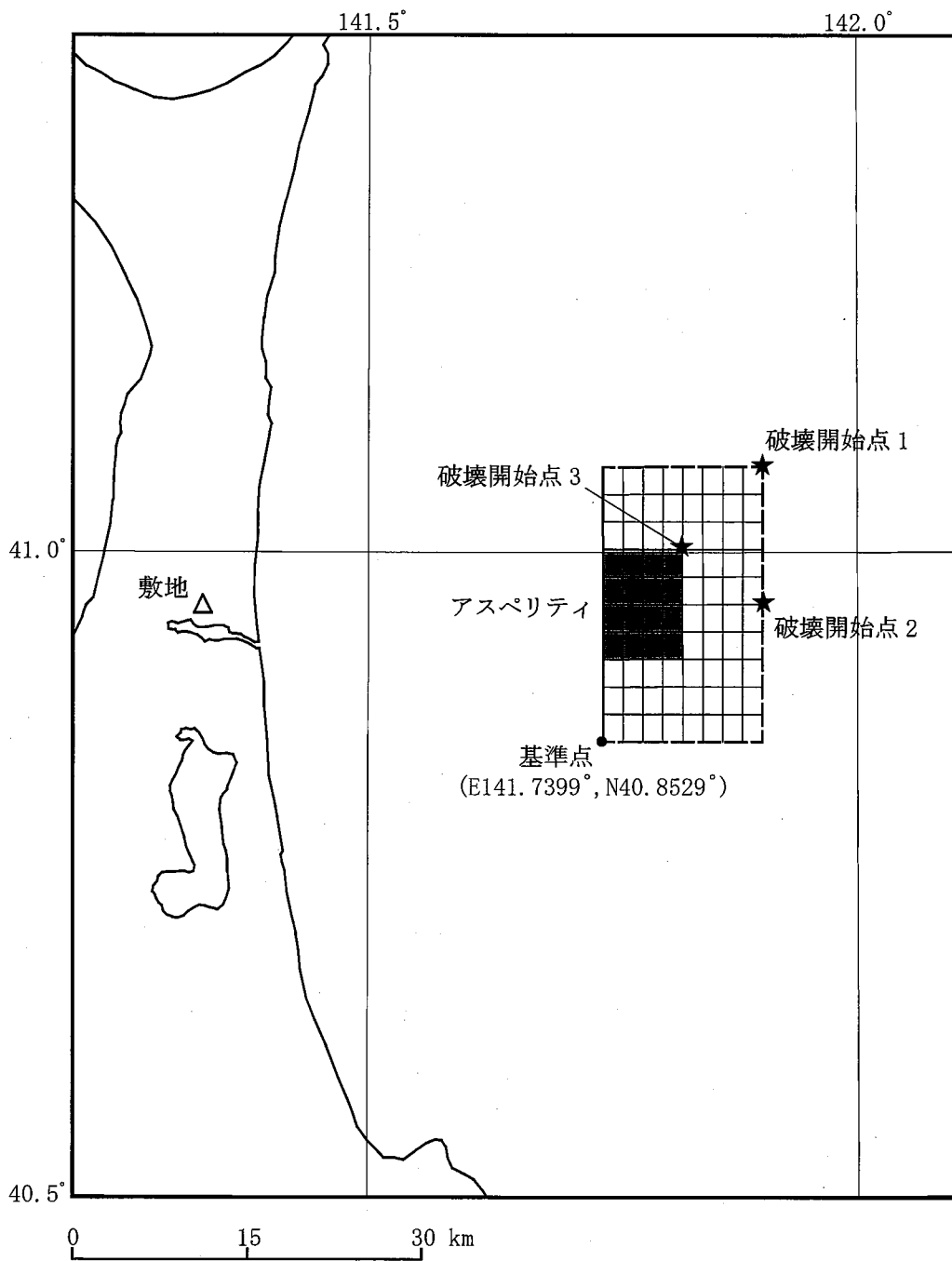
(基本モデル, 短周期レベルの不確かさケース, 断層面位置の不確かさケース)



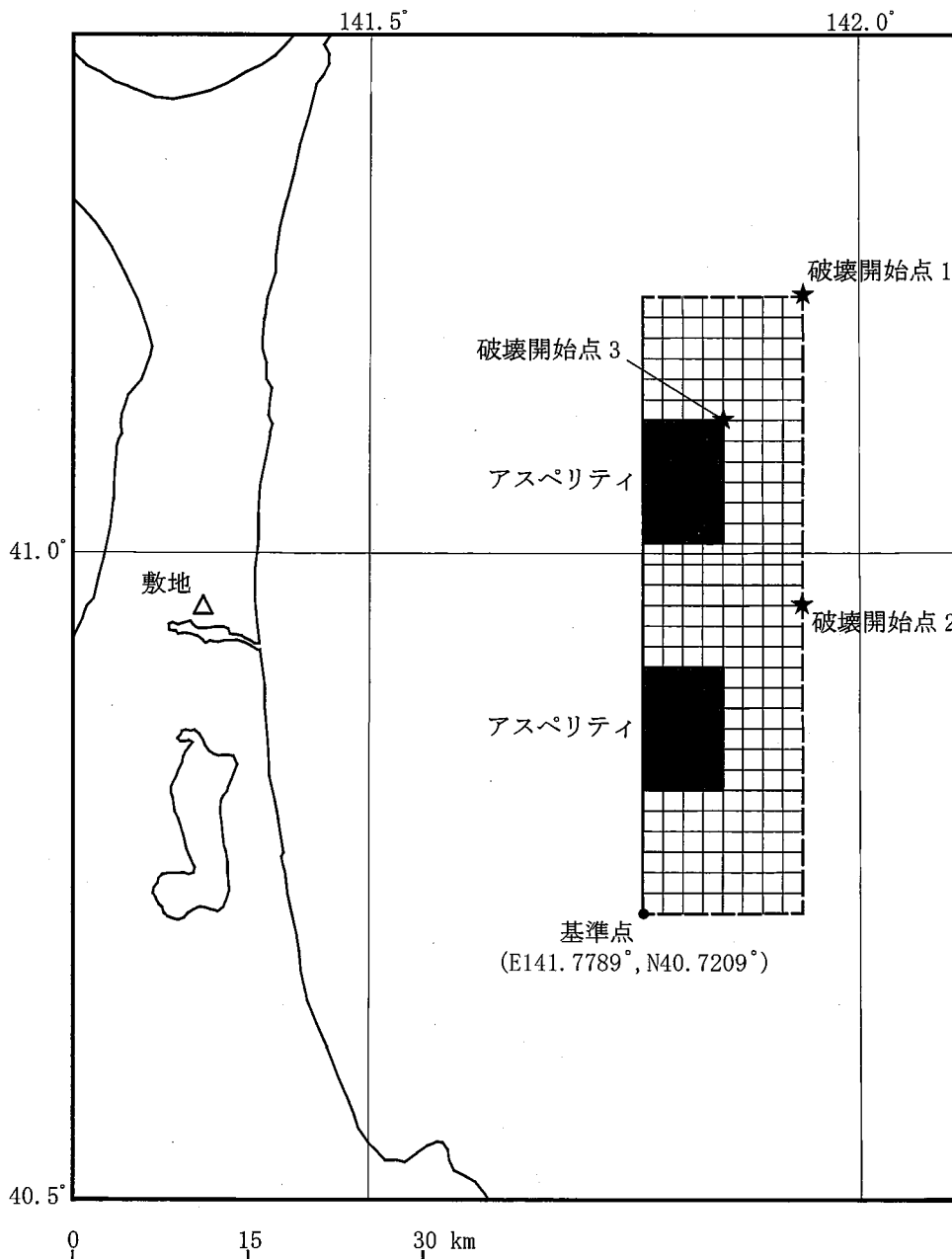
※1～※6の教式は、地震調査委員会 (2016)⁽⁷⁶⁾ に記載の以下の式に基づく。

- ※1 : (31)式と同じ
- ※2 : (34)式へ(32)式を代入した式
- ※3 : (35)式と同じ
- ※4 : (10)式と同じ
- ※5 : (33)式と同じ
- ※6 : (38)式へ(32)式, (35)式及び(36)式を代入した式

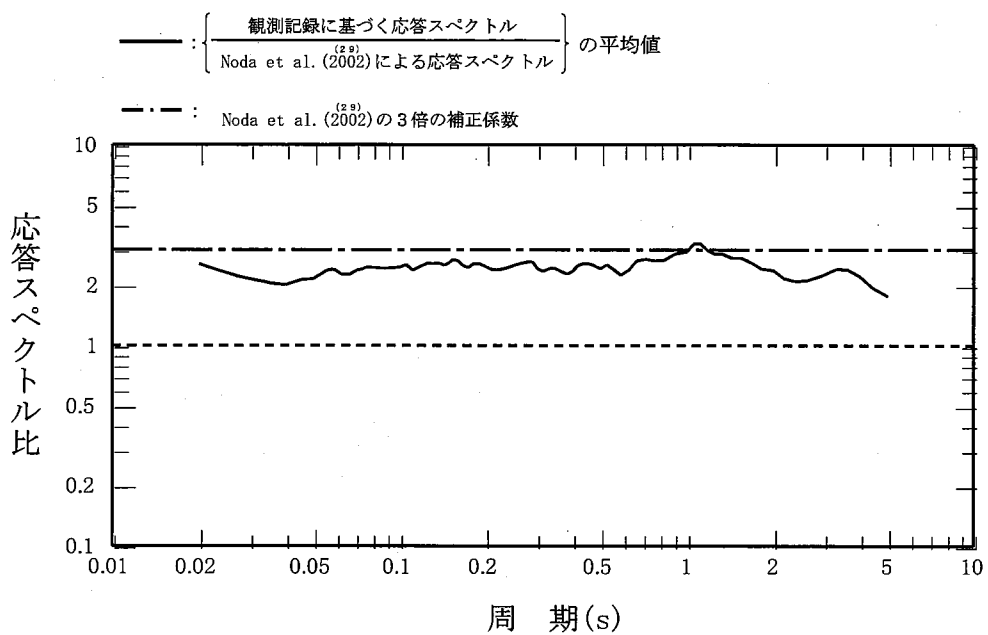
第6-19 図(2) 断層モデル パラメータ設定フロー (想定海洋プレート内地震)
(地震規模の不確かさケース)



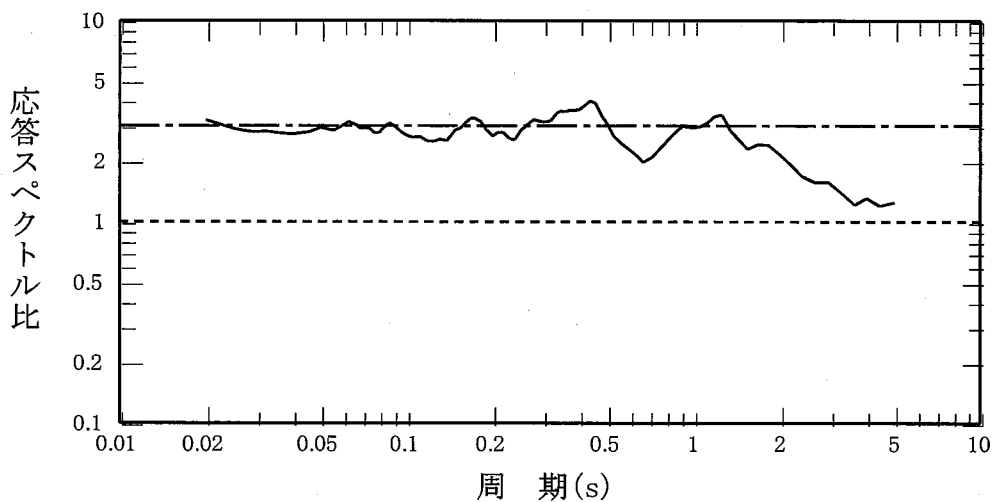
第 6-20 図(1) 「想定海洋プレート内地震」の断層モデル
(断層位置の不確かさケース)



第 6 - 20 図(2) 「想定海洋プレート内地震」の断層モデル
(地震規模の不確かさケース)



(1) 水平方向



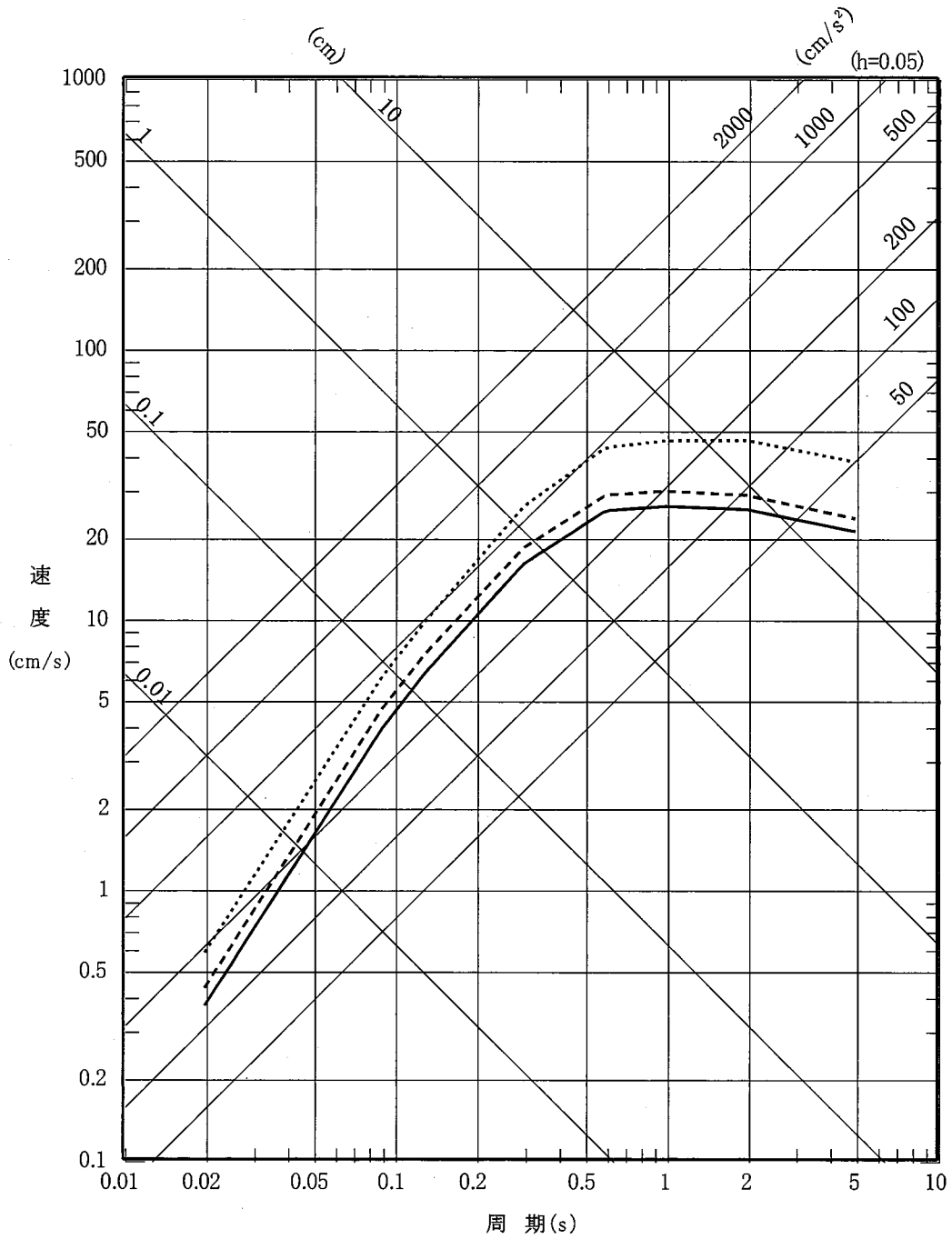
(2) 鉛直方向

注) 実線は、「Noda et al. (2002)⁽²⁹⁾による応答スペクトル」に対する「解放基盤表面相当位置（標高-70 m）における観測記録に基づく応答スペクトル」の比を平均したものを表す。観測記録としては、1995年12月から2008年9月の間に観測されたM5.5以上、震源距離250 km以内、深さ60 km以深であるプレート内地震の5記録を用いた。

第6-21図 海洋プレート内地震の観測記録に基づく補正に関する検討

- 基本モデル及び短周期レベルの不確かさケース (M7.2, Xeq=85.4km)
- - - 位置の不確かさケース (M7.2, Xeq=78.4km)
- 地震規模の不確かさケース (M_w7.4, Xeq=86.2km)

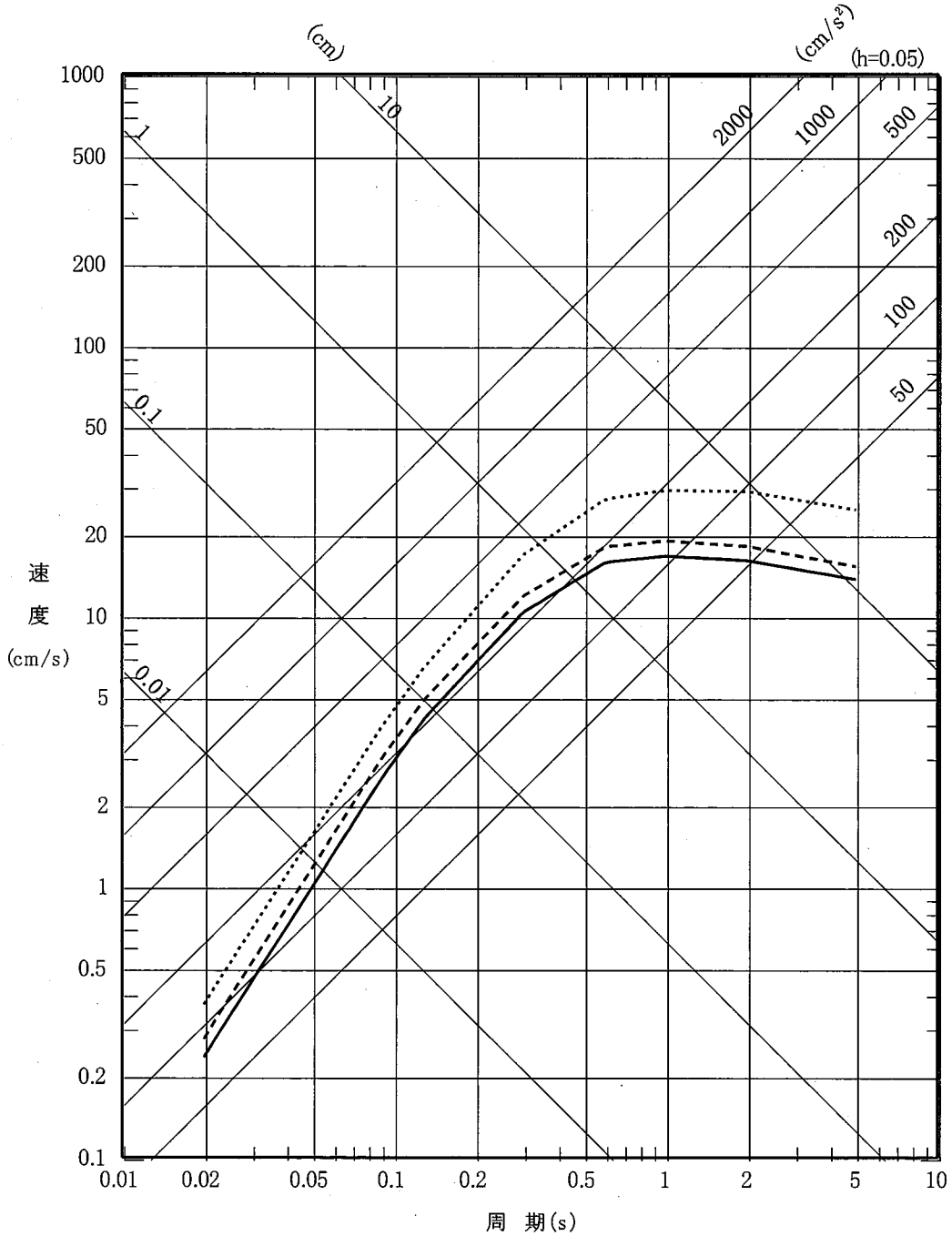
※Xeq=等価震源距離



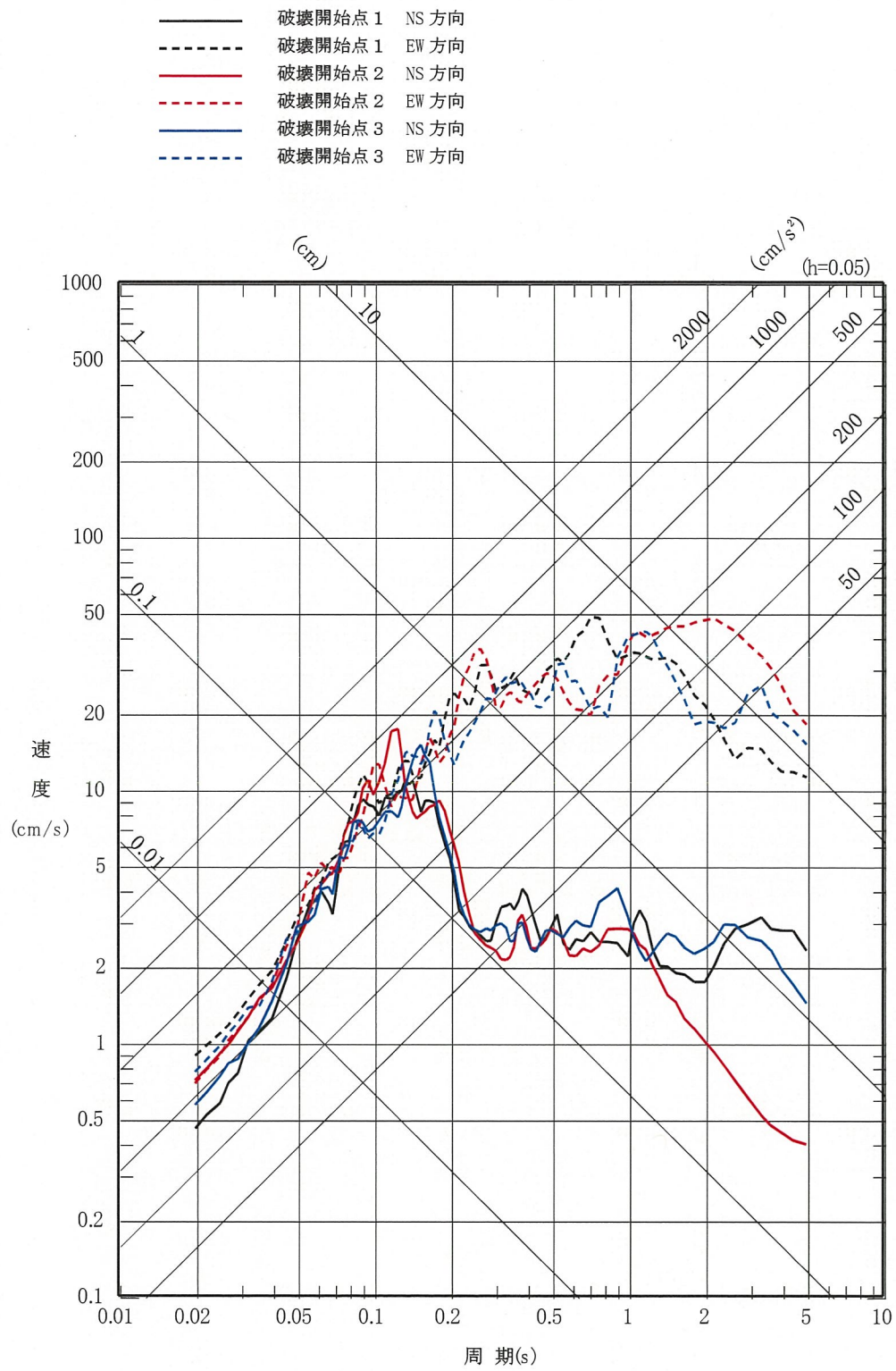
第6-22 図(1) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
(応答スペクトルに基づく手法)
(水平方向)

- 基本モデル及び短周期レベルの不確かさケース (M7.2, $X_{eq}=85.4\text{km}$)
- - - 位置の不確かさケース (M7.2, $X_{eq}=78.4\text{km}$)
- ⋯⋯ 地震規模の不確かさケース ($M_w 7.4$, $X_{eq}=86.2\text{km}$)

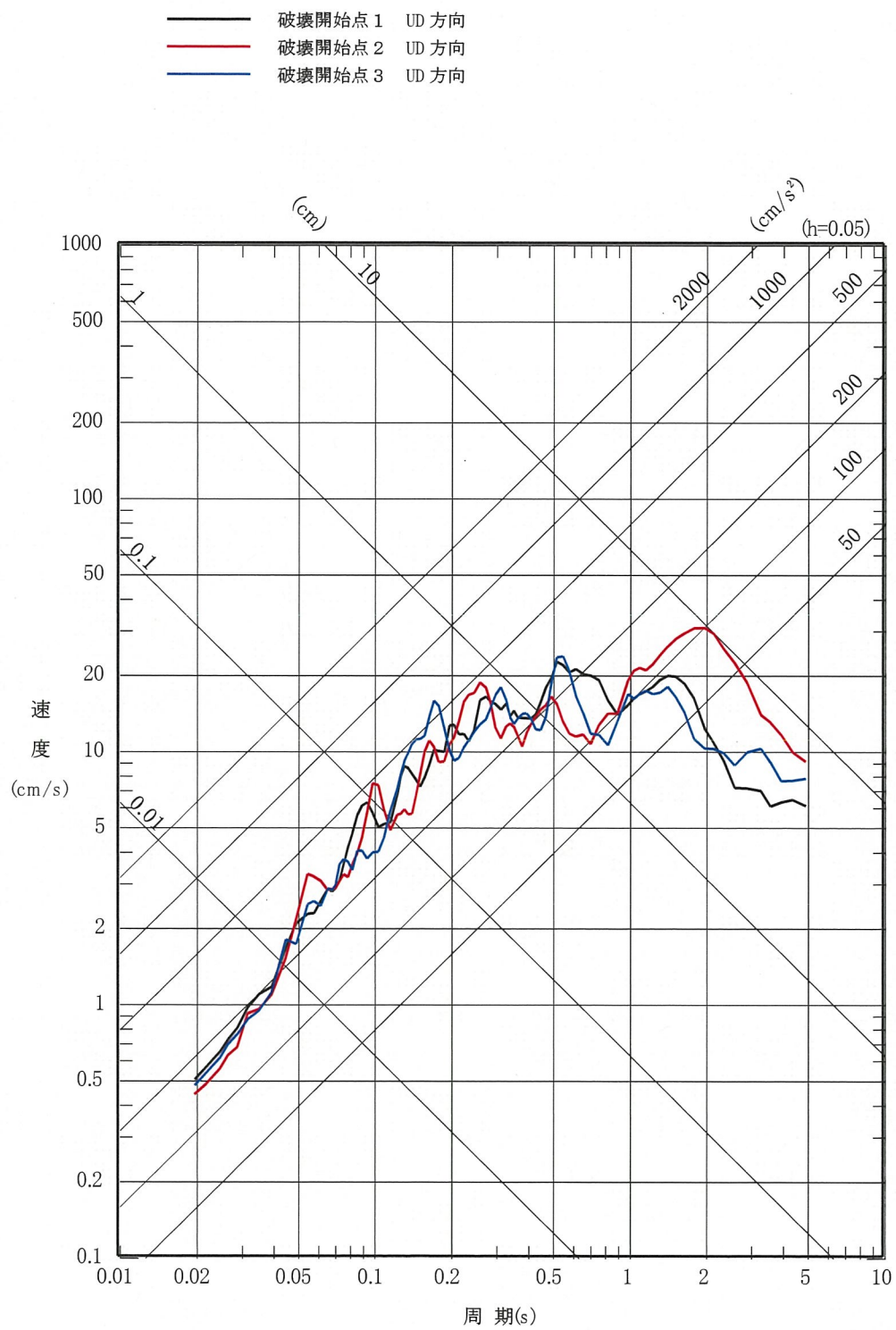
※ X_{eq} =等価震源距離



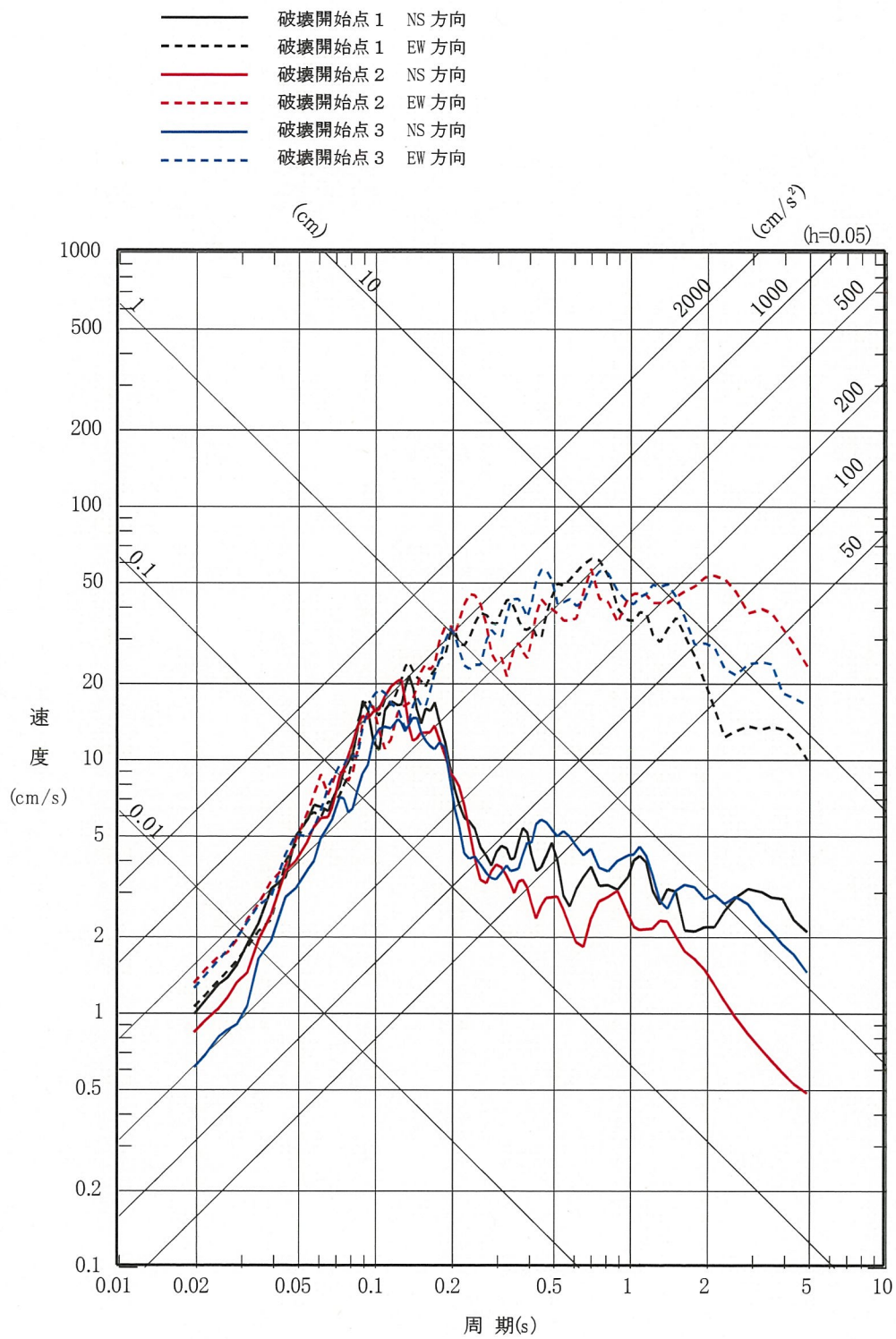
第6-22 図(2) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
(応答スペクトルに基づく手法)
(鉛直方向)



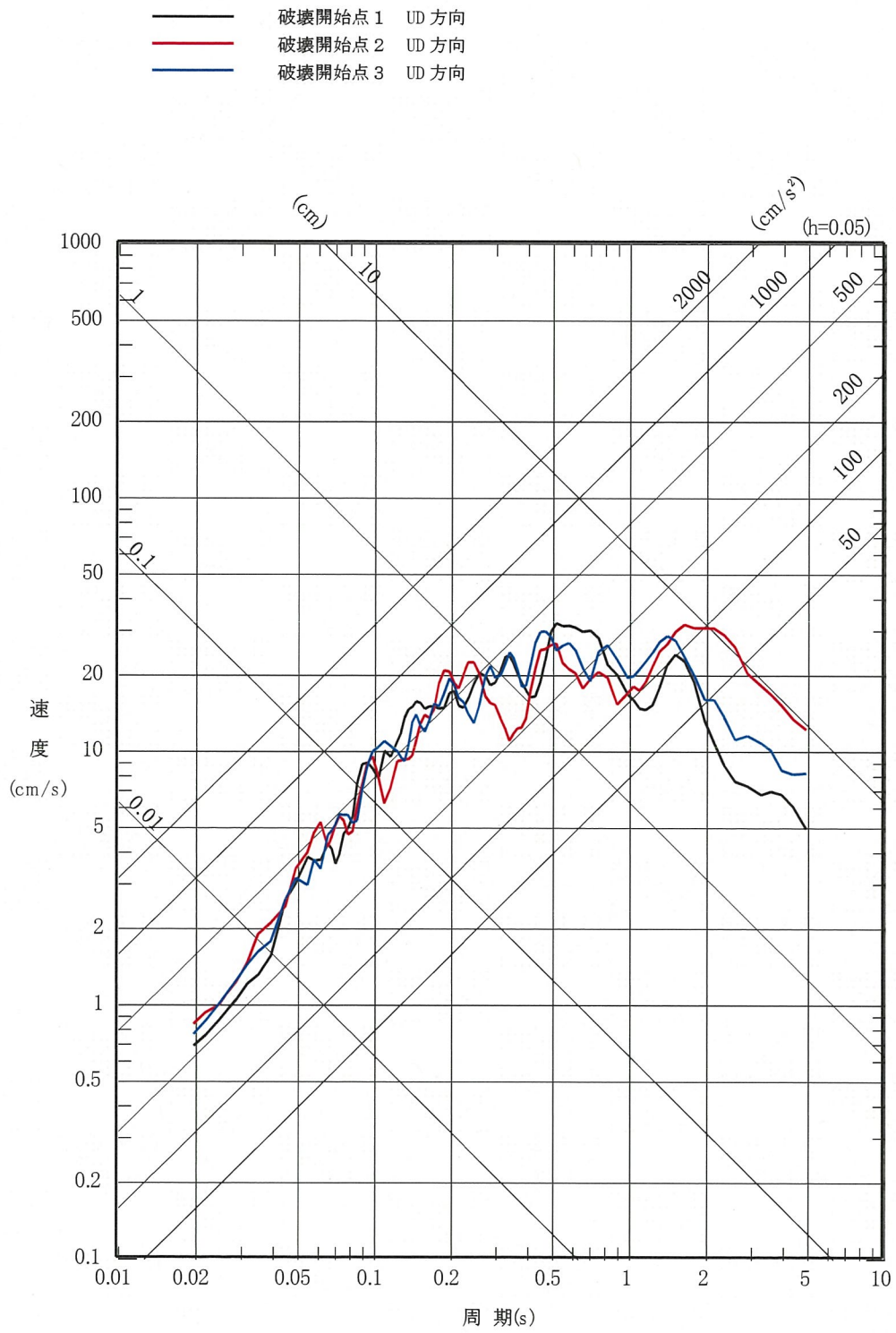
第 6-23 図(1) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (基本モデル, 水平方向)



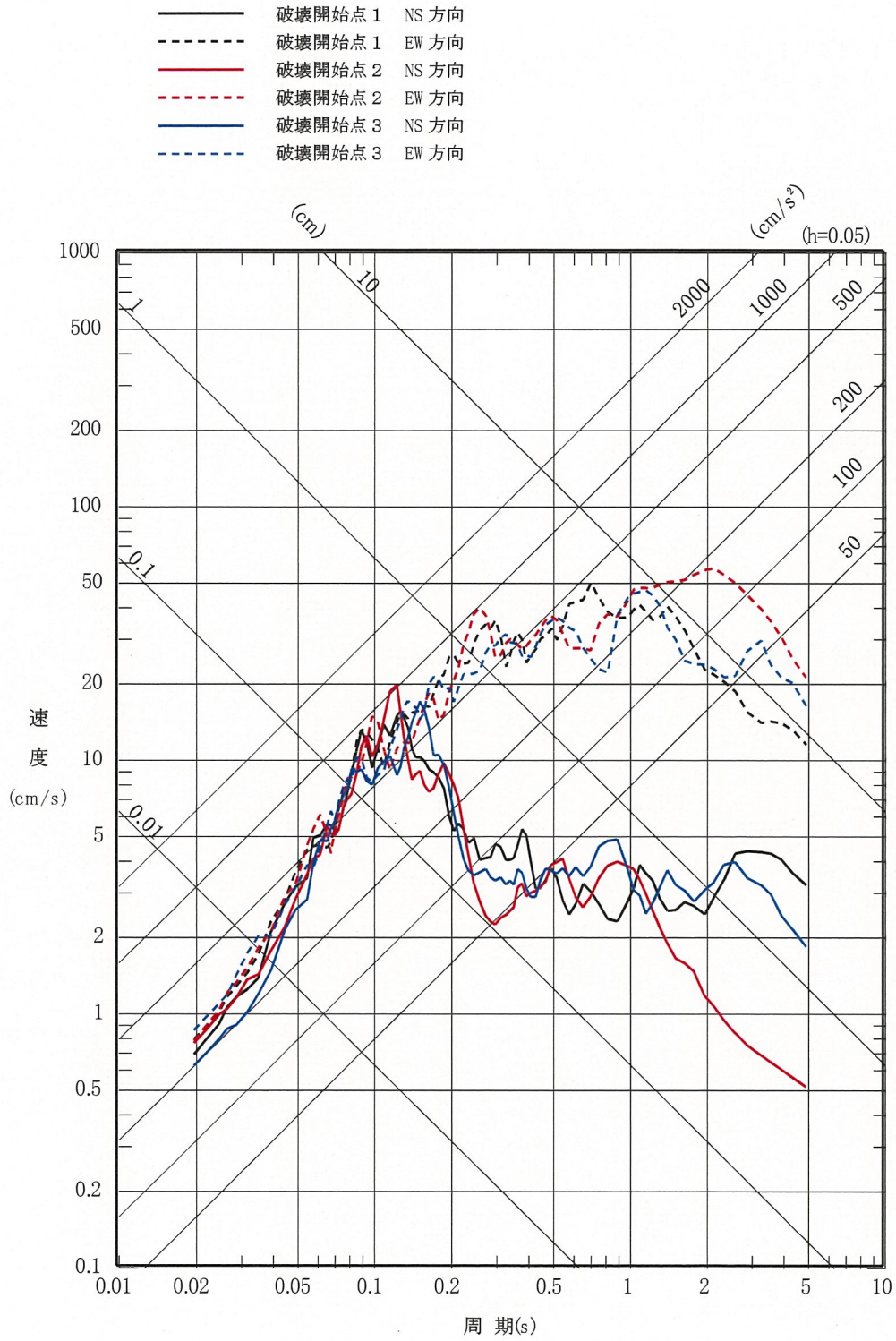
第 6-23 図(2) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (基本モデル, 鉛直方向)



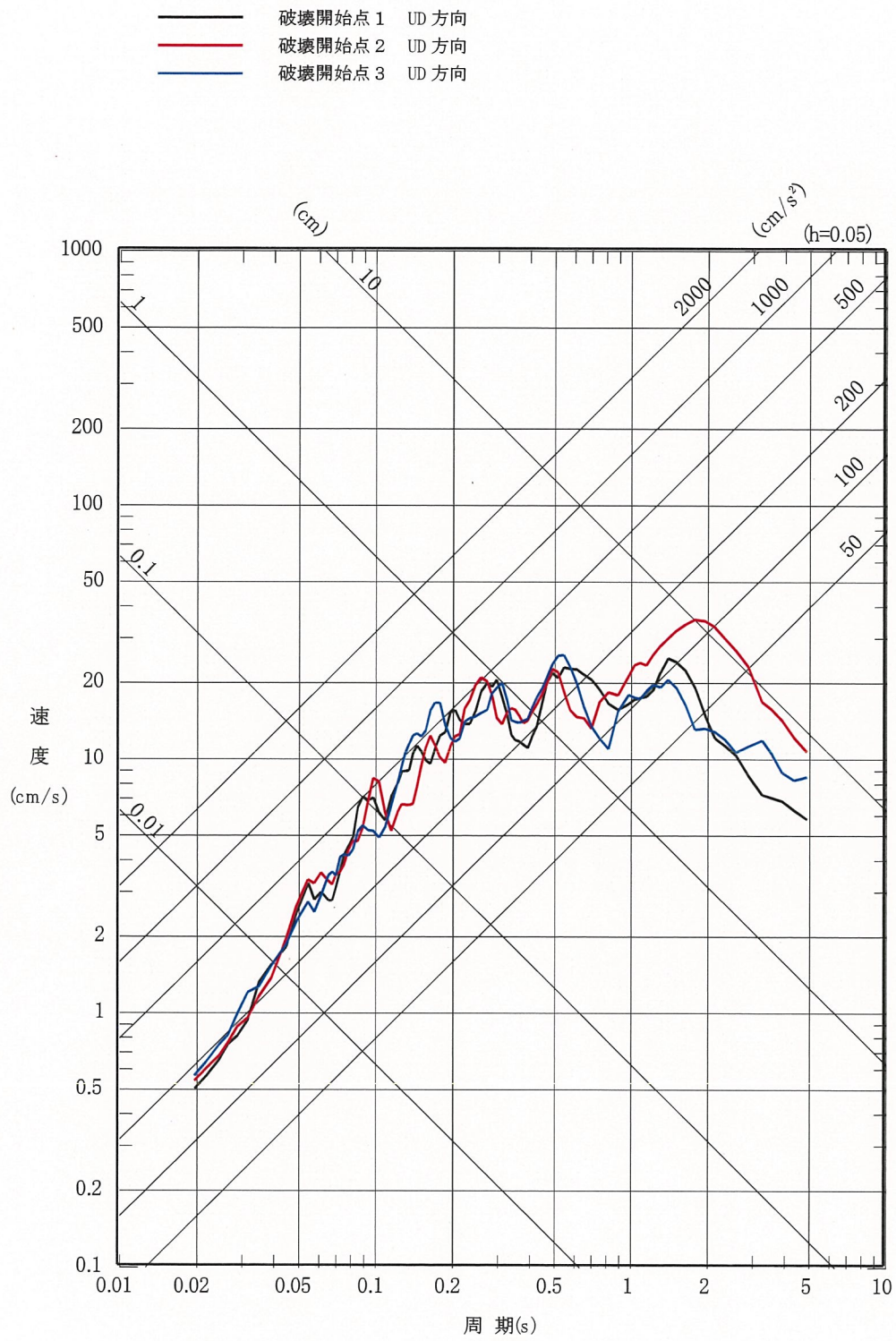
第 6 - 23 図(3) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (短周期レベルの不確かさケース, 水平方向)



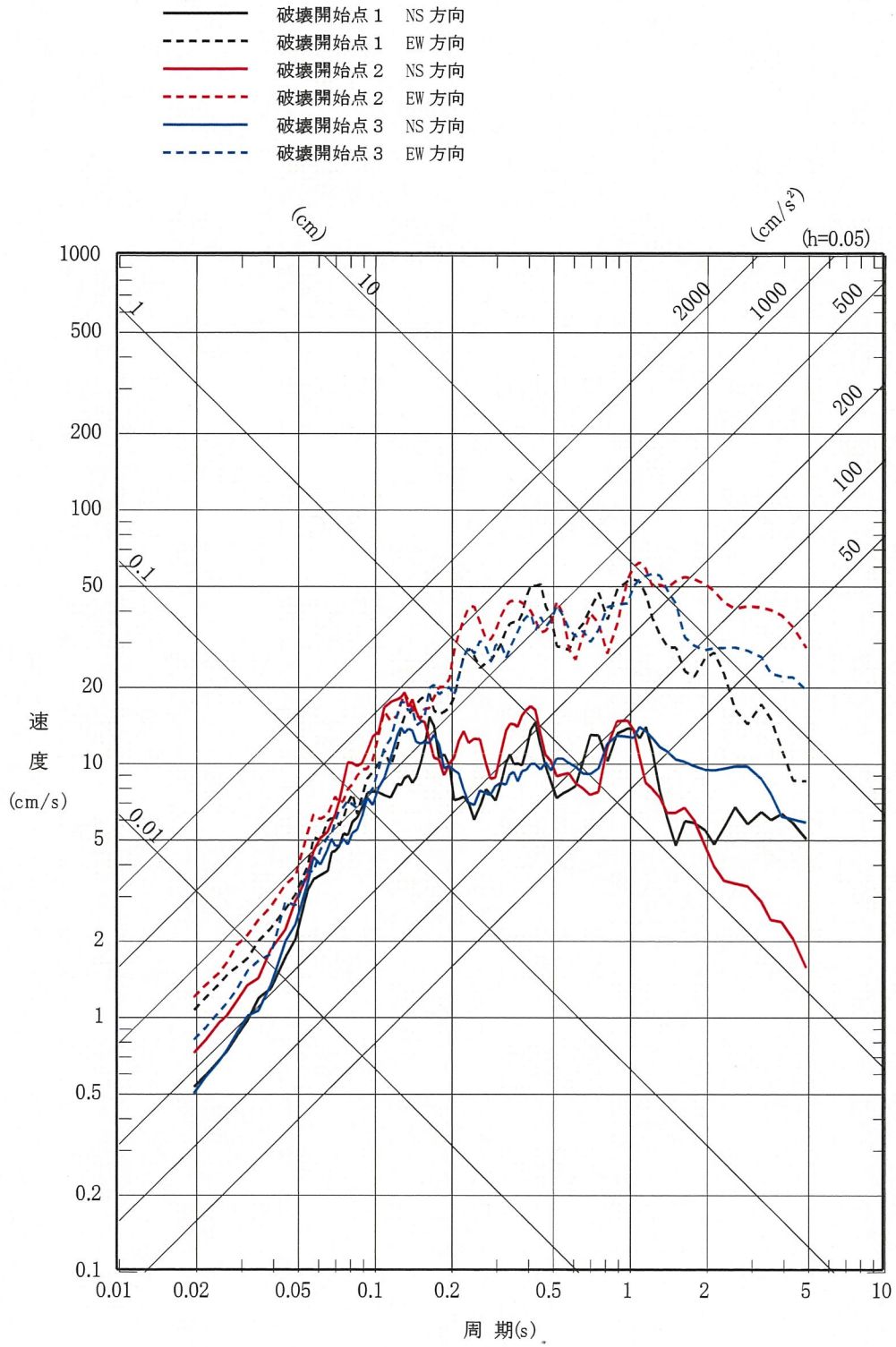
第 6-23 図(4) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (短周期レベルの不確かさケース, 鉛直方向)



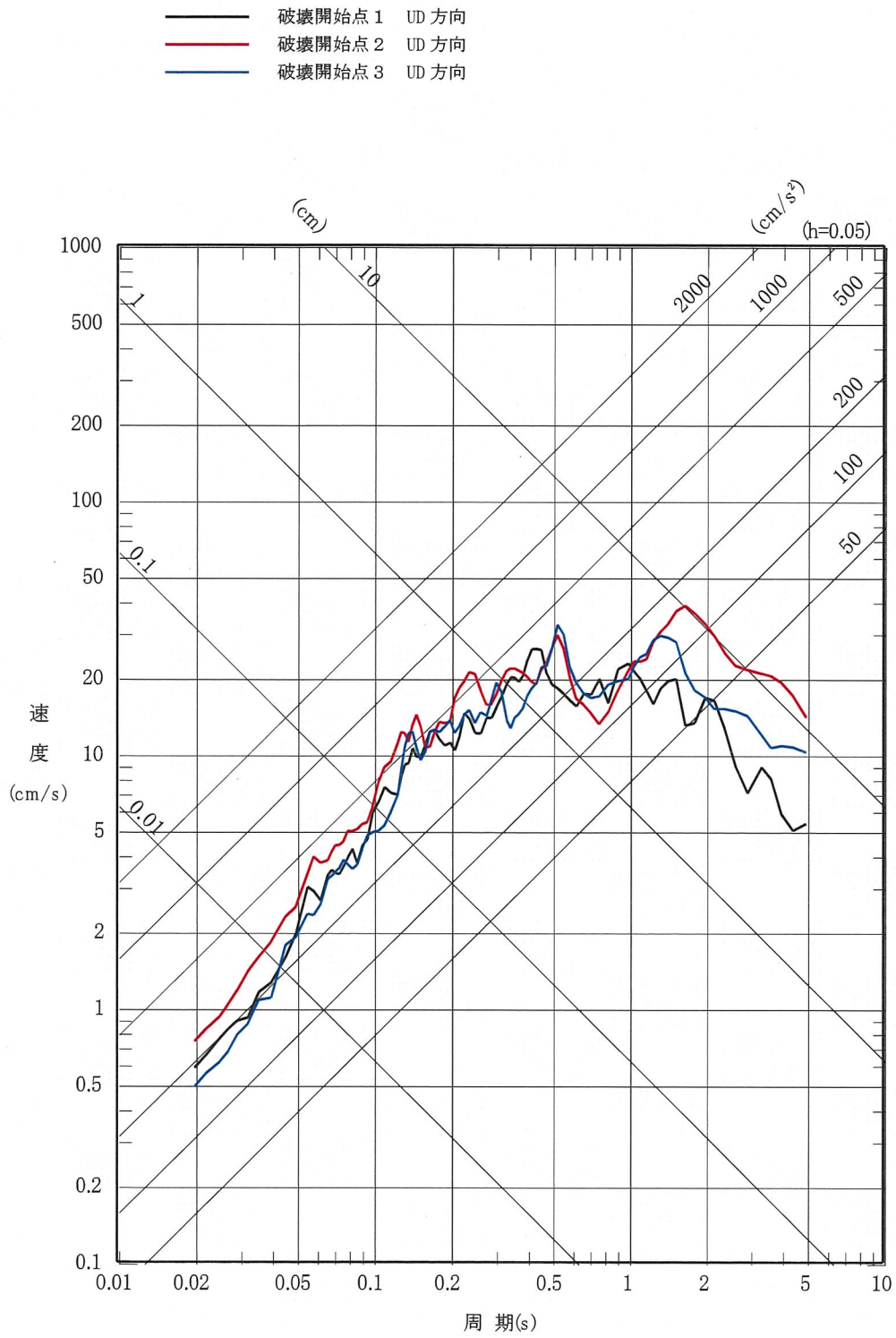
第 6 - 23 図(5) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (断層位置の不確かさケース, 水平方向)



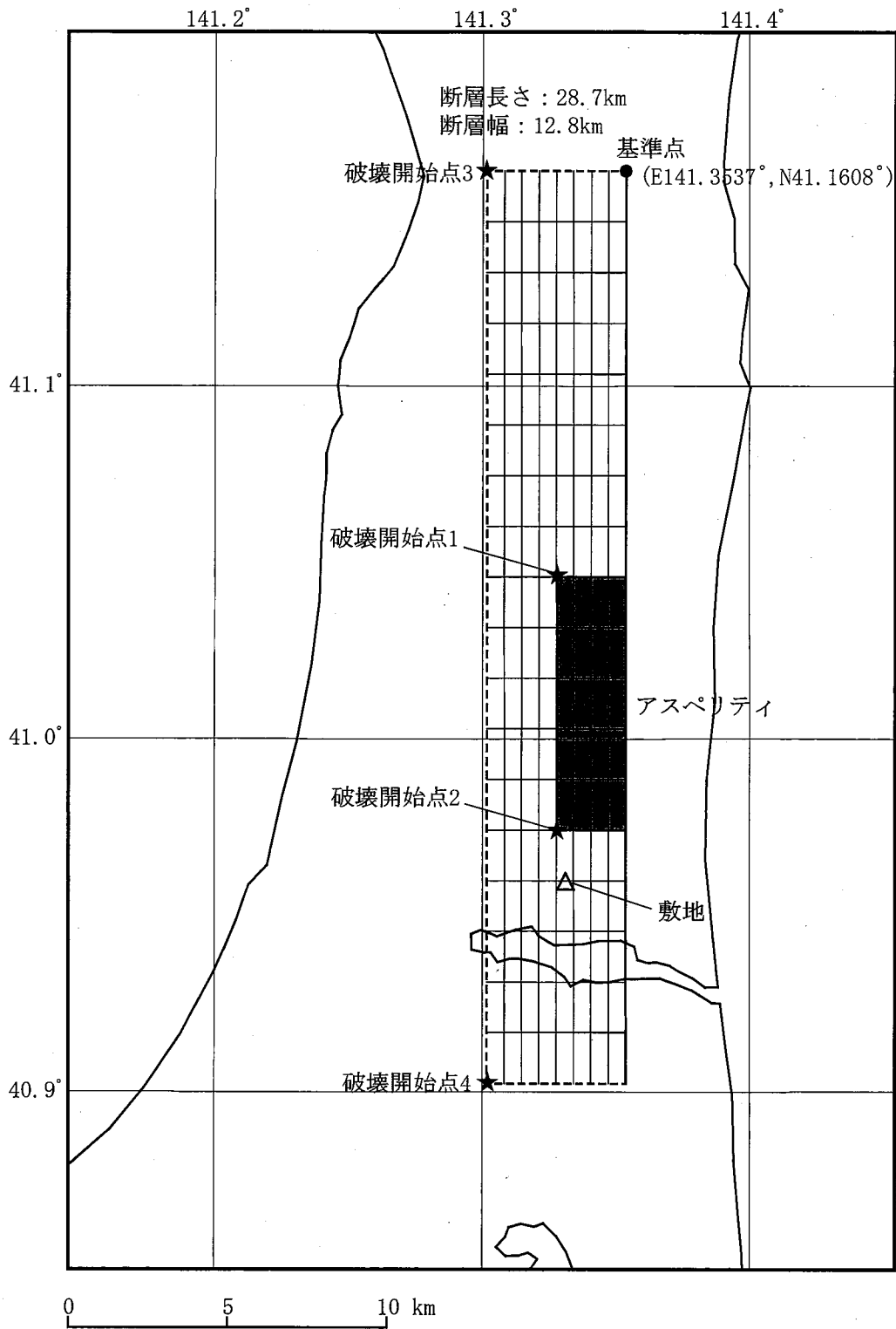
第 6 - 23 図(6) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (断層位置の不確かさケース, 鉛直方向)



第 6-23 図(7) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (地震規模の不確かさケース, 水平方向)



第 6-23 図(8) 「想定海洋プレート内地震」の応答スペクトル
 (断層モデルを用いた手法)
 (地震規模の不確かさケース, 鉛直方向)



第6-24図 「出戸西方断層による地震」の断層モデル
(基本モデル・短周期レベルの不確かさケース)