

HTTR 原子炉施設の設置変更許可申請に係る
審査会合質問回答
(第 4 条関係)

令和 2 年 6 月 12 日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高温ガス炉研究開発センター
高温工学試験研究炉部

第4条：地震による損傷の防止

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 設置許可申請書における記載
 - 1.3 設置許可申請書の添付書類における記載
 - 1.3.1 安全設計方針
 - 1.3.2 気象等
 - 1.3.3 設備等

2. HTTR 原子炉施設の地震による損傷の防止（適合性説明資料）

<概要>

試験研究用等原子炉施設の設置許可基準規則の要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する HTTR 原子炉施設の適合性を示す。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

地震による損傷の防止について、設置許可基準規則第4条の要求事項を明確化する（表1）。

表1 設置許可基準規則第4条 要求事項

設置許可基準規則 第4条（地震による損傷の防止）	備考
試験研究用等原子炉施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。	
2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある試験研究用等原子炉施設の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に応じて算定しなければならない。	
3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	
4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	

1.2 設置許可申請書における記載

1.2.1 位置、構造及び設備

ロ 試験研究用等原子炉施設の一般構造

原子炉施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下「原子炉等規制法」という。）、「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則」、「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「試験炉設置許可基準規則」という。）等の国内の法令、規格、基準等の要求を満足する構造とする。さらに、黒鉛構造及び高温構造に関する設計については、「高温ガス炉炉心支持黒鉛構造物の構造設計指針」及び「高温ガス炉炉心黒鉛構造物の構造設計指針」並びに「高温ガス炉第1種機器の高温構造設計指針」に基づき、これを満足する設計とする。

これらの法令、規格、基準等で規定されていないものについては、必要に応じて国外の規格に準拠する。

(1) 耐震構造

原子炉施設は、原子炉建家、使用済燃料貯蔵建家、機械棟等からなり、原子炉建家には、原子炉、1次冷却設備、2次冷却設備、計測制御設備等を設置し、次の方針に基づき耐震設計を行い、「試験炉設置許可基準規則」に適合する設計とする。

- (i) 建物及び構築物は原則として剛構造にする。また、主要な建物・構築物は、想定される地震に対して十分に安全な地盤に支持させる。炉心は、黒鉛ブロックの積層構造であり、剛構造の炉心支持鋼構造物を介して原子炉圧力容器に支持させる。
- (ii) 原子炉施設については、その耐震設計上の重要度に応じて適用する地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。
- (iii) 原子炉施設の耐震設計上の重要度を、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に応じて、耐震重要度分類を以下のとおり、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設計とする。

Sクラス……安全機能を有するもの(以下「安全施設」という。)のうち、その機能喪失により周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えるおそれのある設備・機器等を有する施設。

Bクラス……安全施設のうち、その機能を喪失した場合の影響がSクラスと比べ小さい施設。

Cクラス……Sクラス、Bクラス以外であって、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。

(iv) 前項のS、B及びCクラスの施設は、建物・構築物については、地震層せん断力係数 C_i に、それぞれ係数 3.0、1.5 及び 1.0 を乗じて求められる水平地震力、機器・配管系については、これらを 20%増しして求められる水平地震力に対して耐える設計とする。

ここに、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 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、建物・構築物については震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる鉛直震度、機器・配管系については、これを 20%増した鉛直震度より算定する。ただし、鉛直震度は、高さ方向に一定とする。

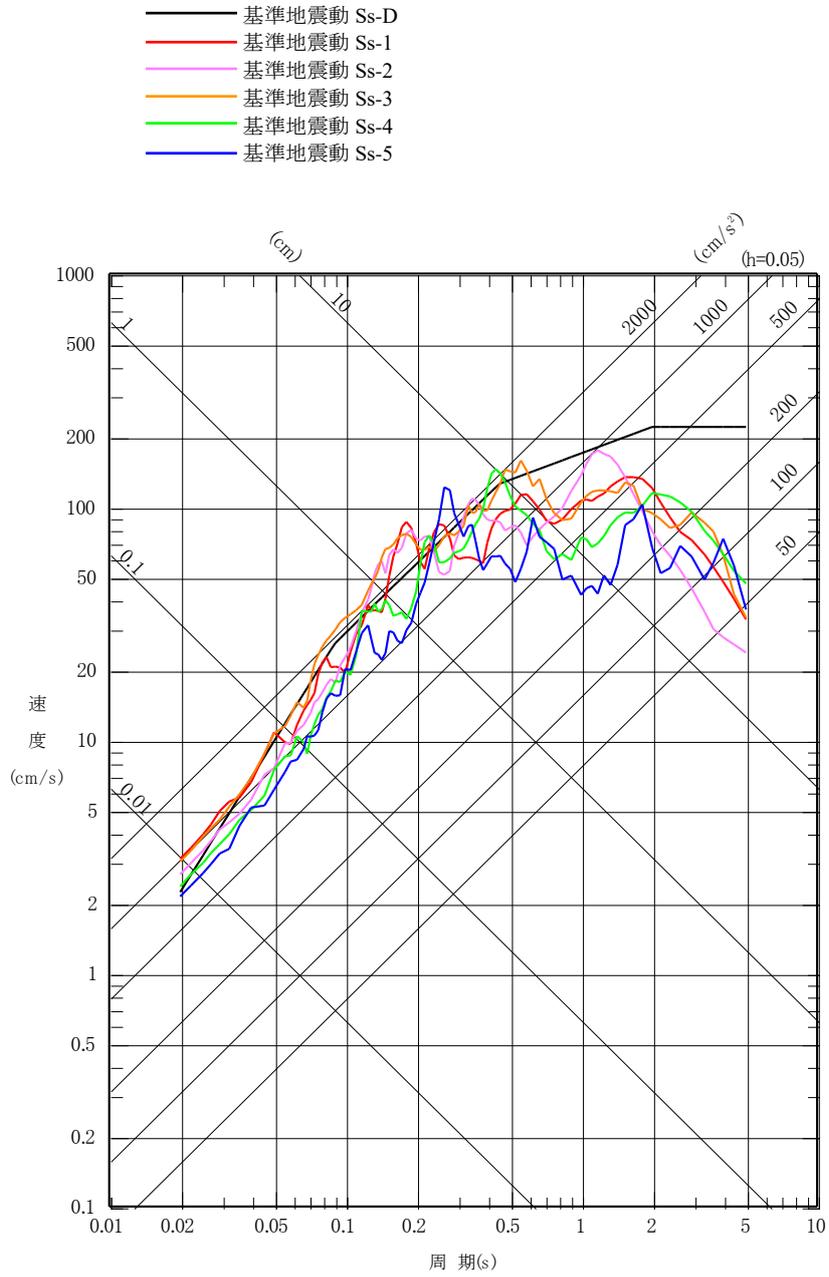
(v) Sクラスの施設は、基準地震動による地震力に対して安全機能が保持できる設計とする。また、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力におおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計とする。なお、基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力は、水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

基準地震動は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動及び震源を特定せず策定する地震動について、敷地における解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動としてそれぞれ策定する。策定した基準地震動の応答スペクトルを第 5.1 図から第 5.3 図に、時刻歴波形を第 5.4 図から第 5.9 図に示す。解放基盤表面は、S波速度が 0.7 km/s 以上である G.L. - 172.5 m とする。

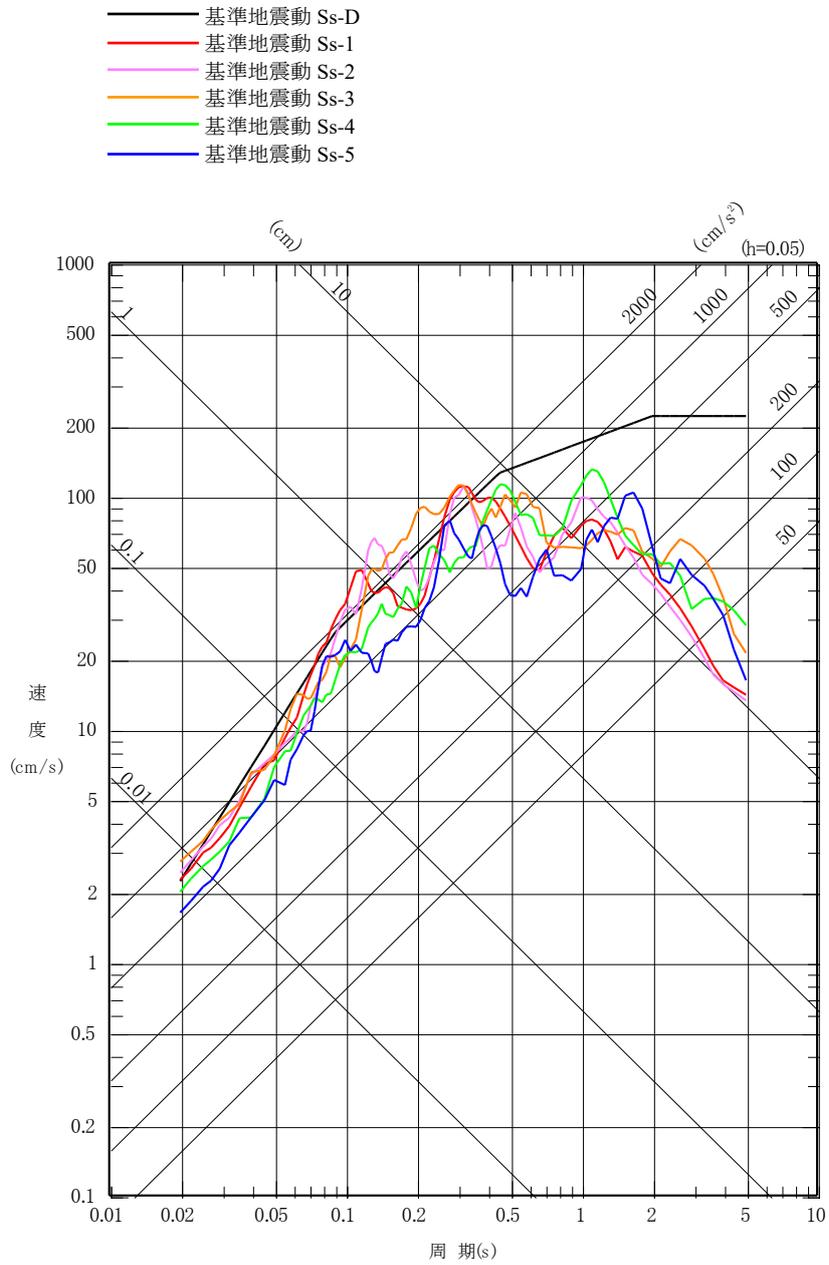
また、弾性設計用地震動は、基準地震動との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下回らないような値で、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定)」における基準地震動 S_1 を踏まえ、工学的判断から基準地震動に係数 0.5 を乗じて設定する。

なお、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、弾性設計用地震動に 2 分の 1 を乗じた地震動によりその影響についての検討を行う。

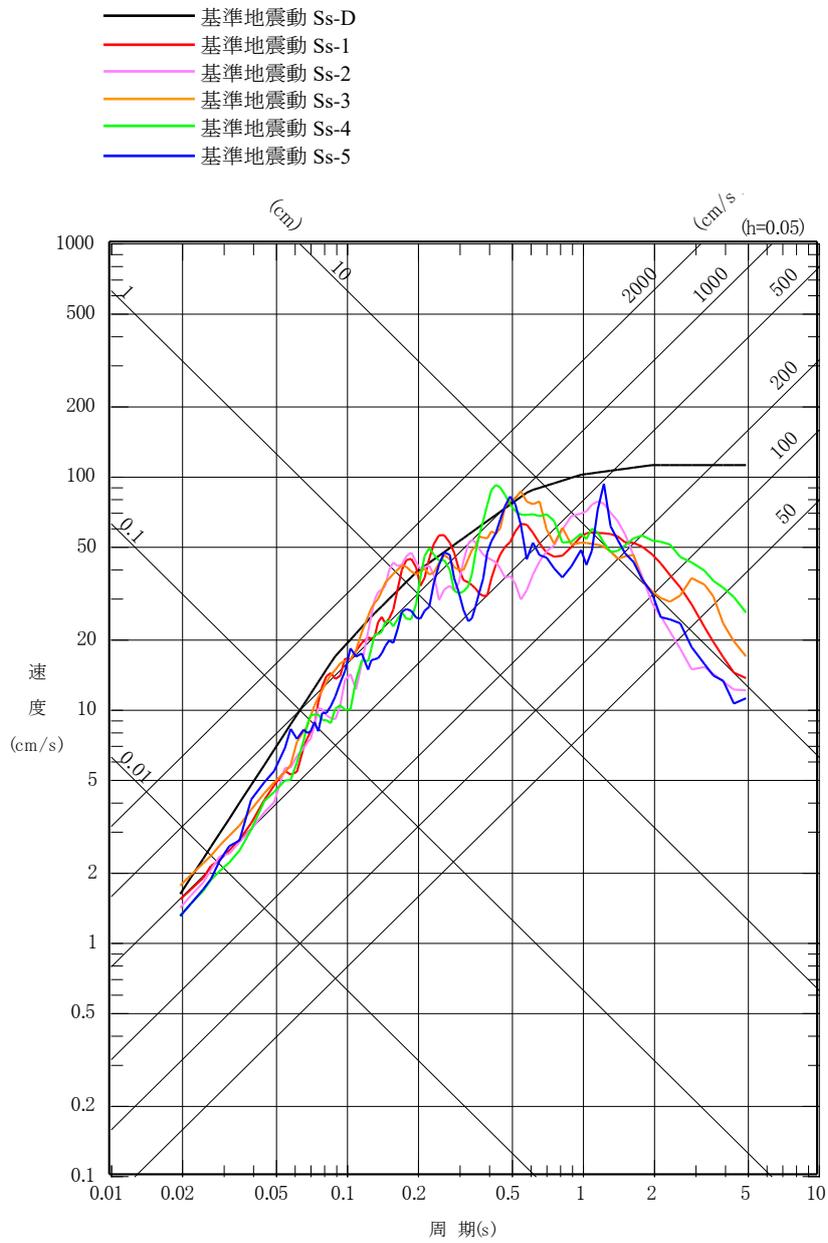
(vi) 耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計とする。波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、事象選定及び影響評価を行う。なお、影響評価においては、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。



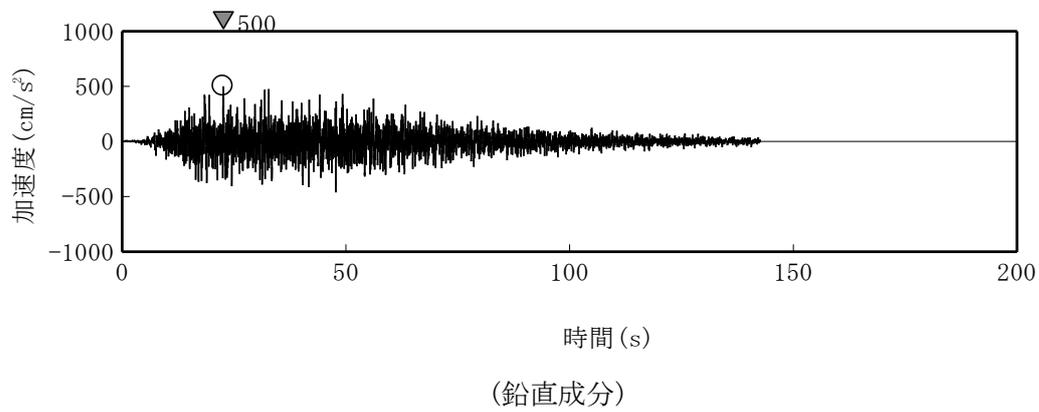
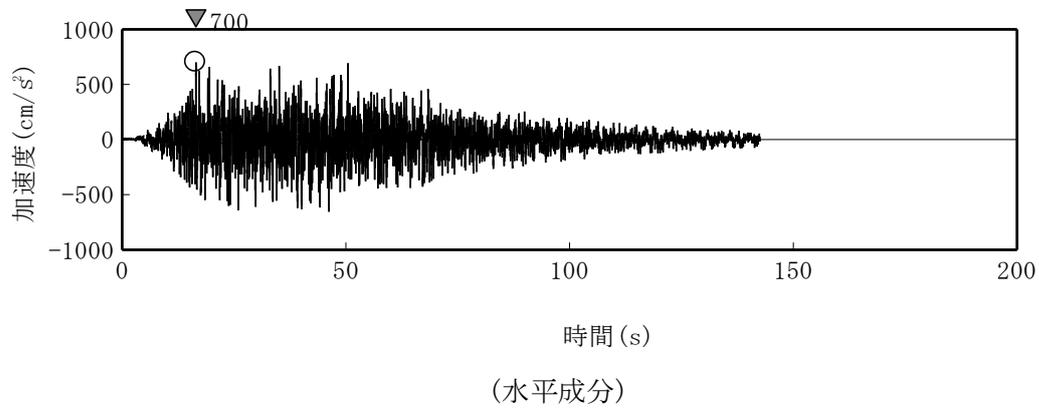
第 5.1 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル
(NS 成分)



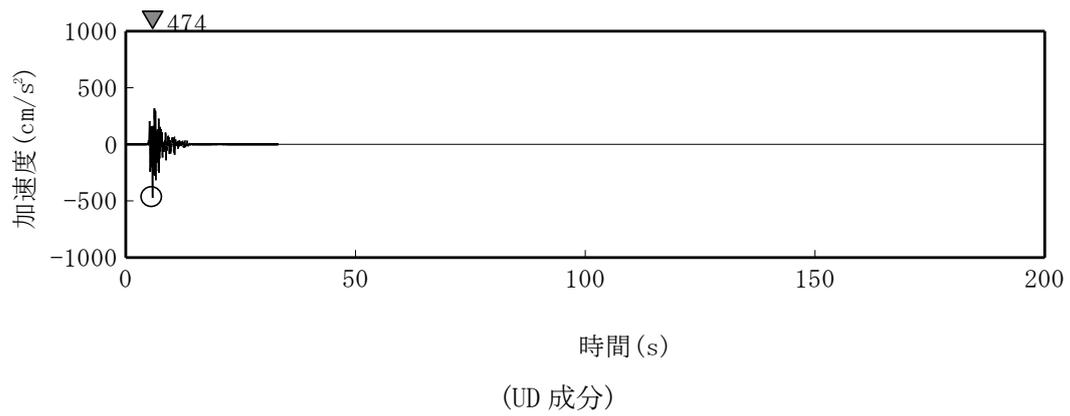
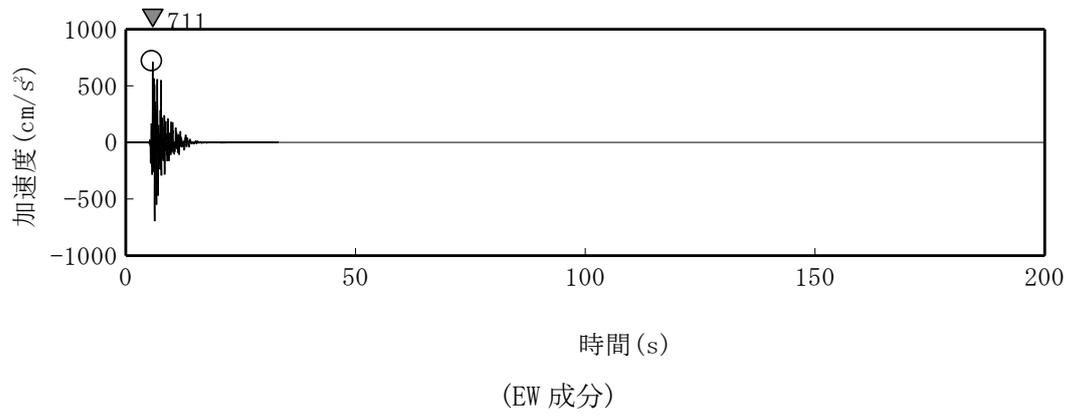
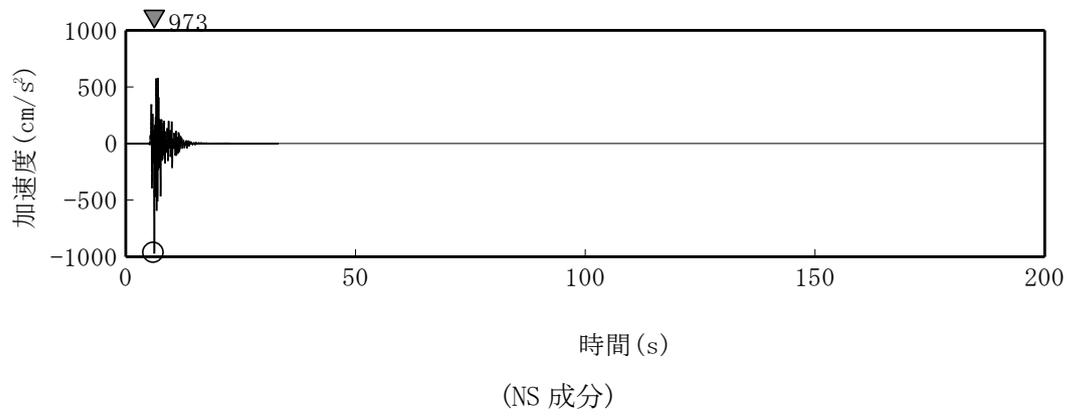
第 5.2 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル
(EW 成分)



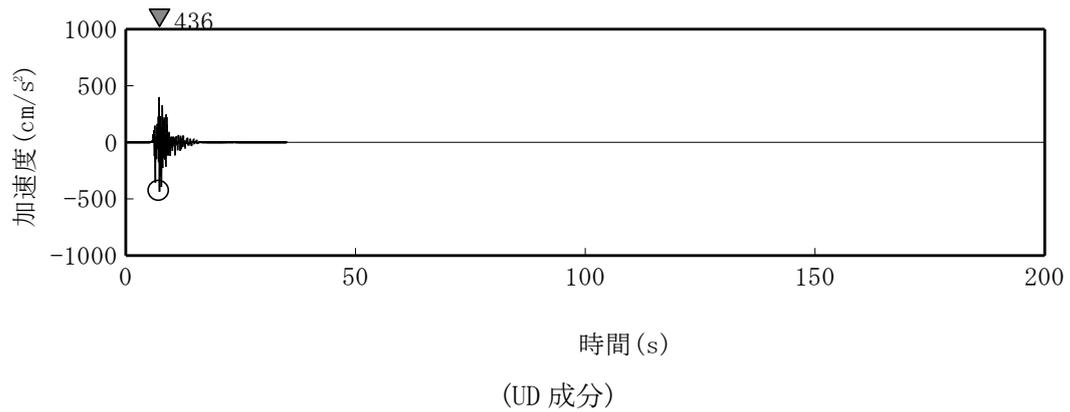
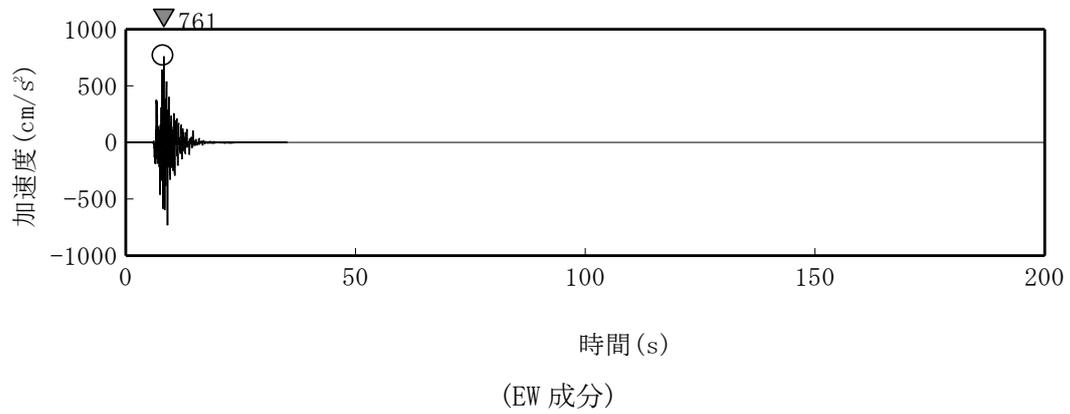
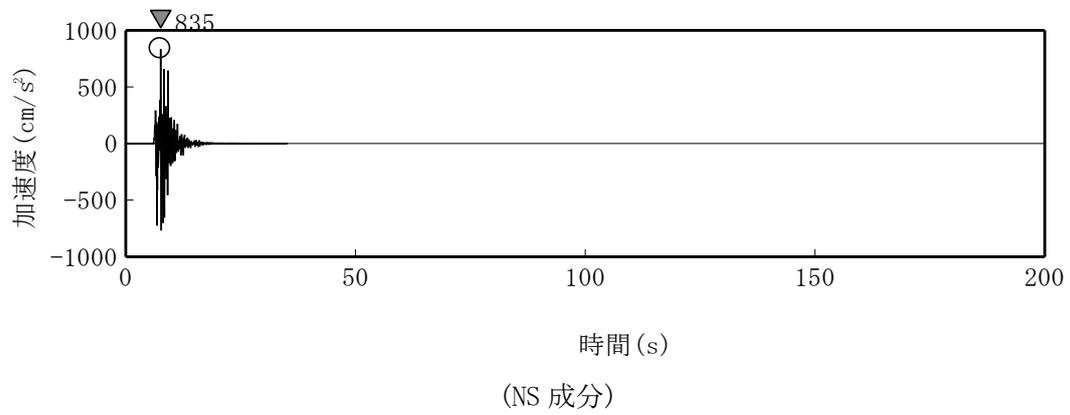
第 5.3 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル
(UD 成分)



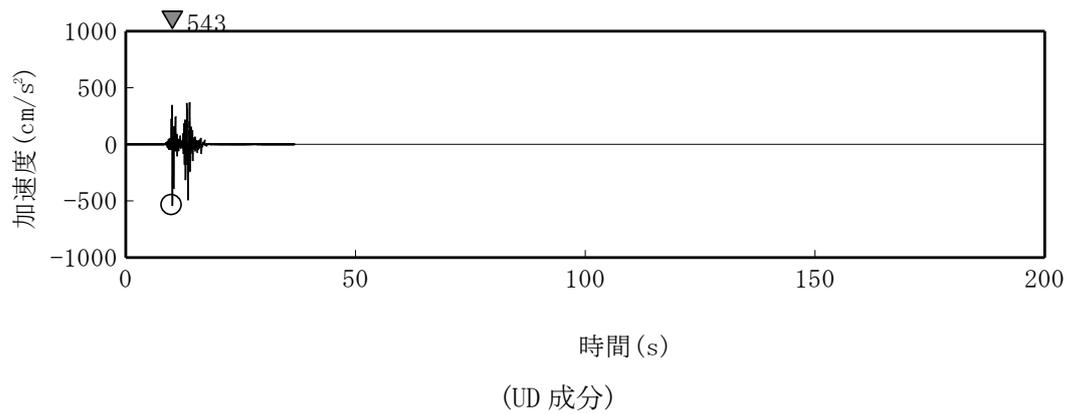
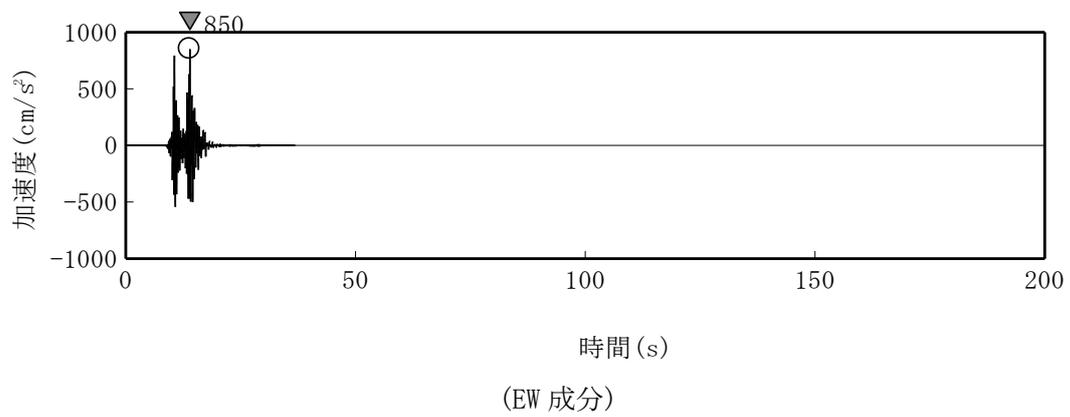
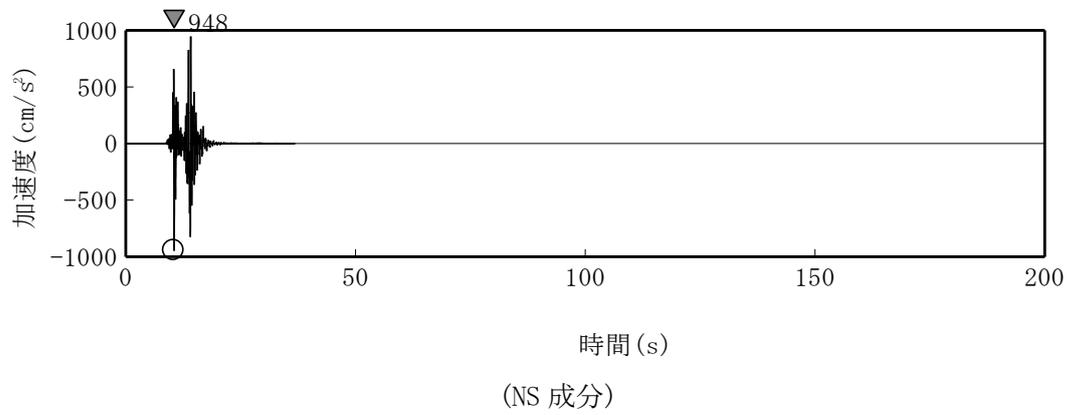
第 5.4 図 基準地震動 Ss-D の時刻歴波形



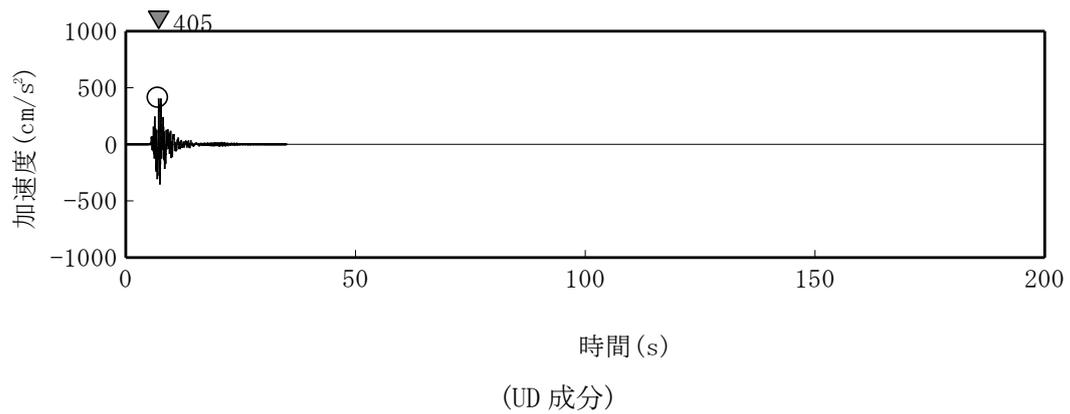
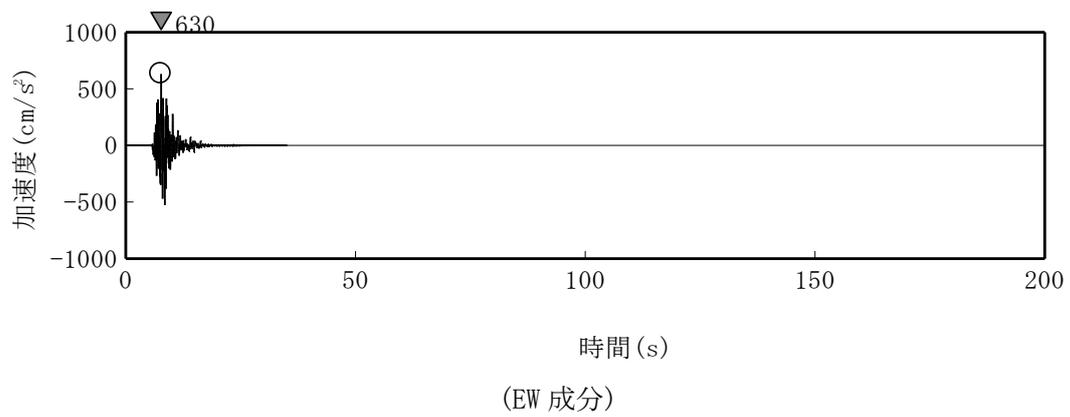
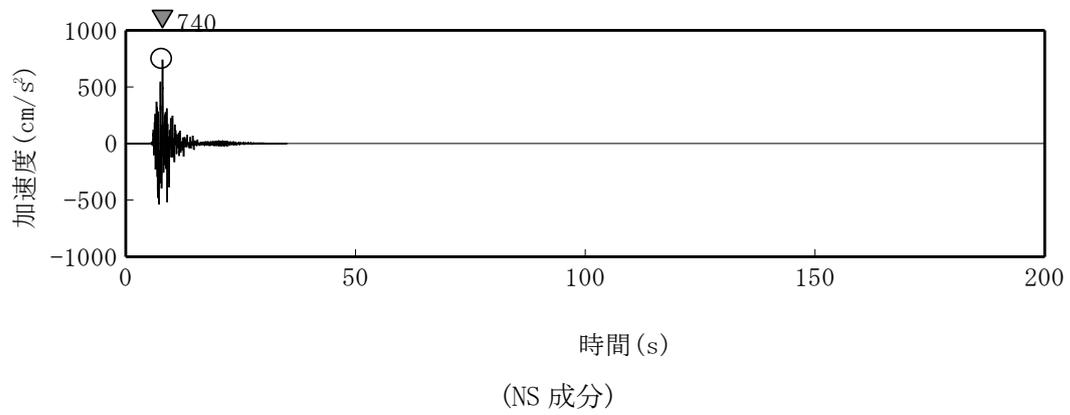
第 5.5 図 基準地震動 Ss-1 の時刻歴波形



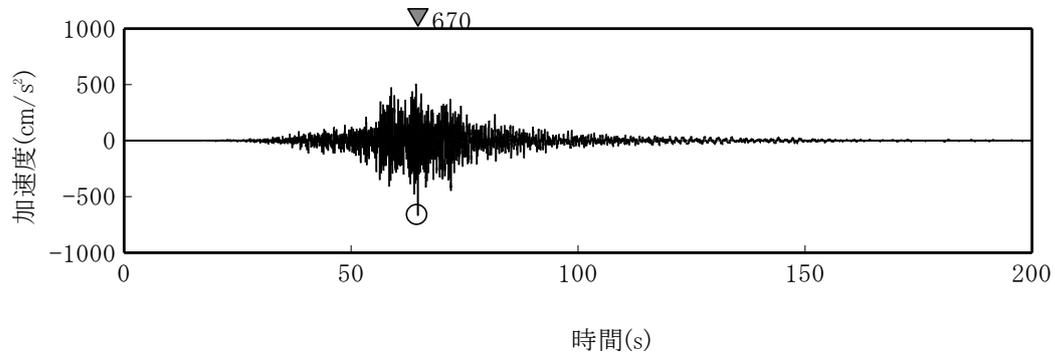
第 5.6 図 基準地震動 Ss-2 の時刻歴波形



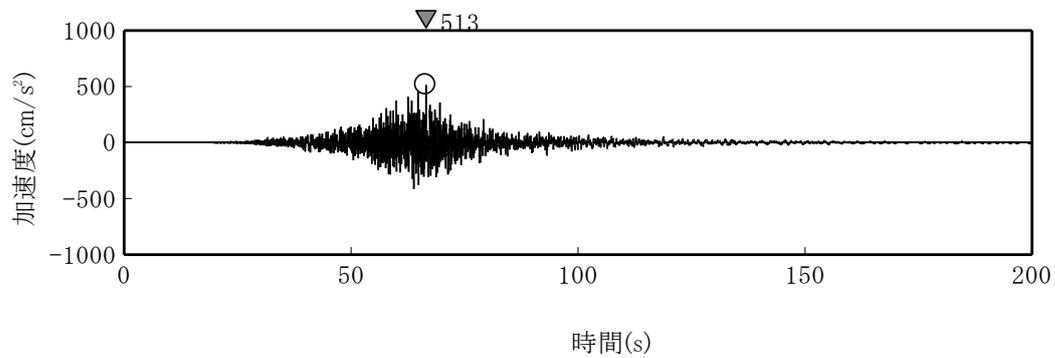
第 5.7 図 基準地震動 Ss-3 の時刻歴波形



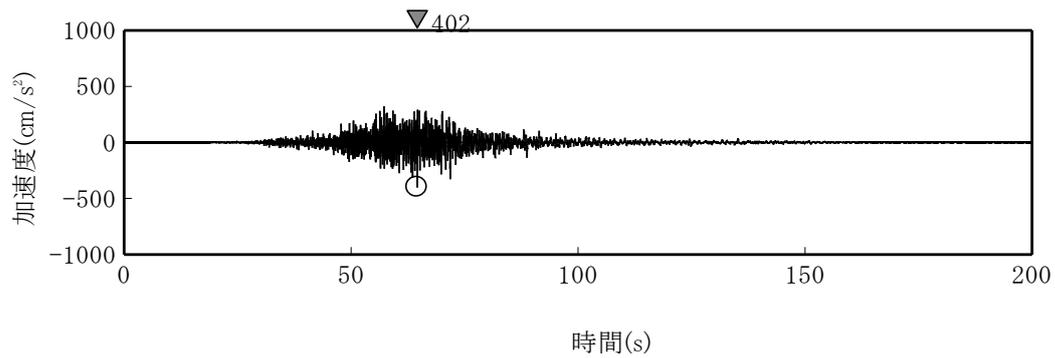
第 5.8 図 基準地震動 Ss-4 の時刻歴波形



(NS 成分)



(EW 成分)



(UD 成分)

第 5.9 図 基準地震動 Ss-5 の時刻歴波形

1.3 設置許可申請書の添付書類における記載

1.3.1 安全設計方針

(1) 設計方針

1. 安全設計

1.1 安全設計の方針

1.1.11 強度設計の基本方針

安全機能を有する構築物、系統及び機器の設計、材料の選定については、安全上適切と認められる規格及び基準によるとともに、自重、内圧、外圧、熱荷重、地震荷重等の条件に対し、十分な強度を有し、かつ、その機能を維持できるように設計する。

また、荷重の組合せと許容応力については、「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準を定める告示」、「原子力発電所の耐震設計技術指針」(JEAG4601、同補)、「建築基準法」、「日本建築学会各種構造設計及び計算規準」等に準拠するものとする。

ただし、国内法令、規格、基準等に規定されていないもののうち、高温機器及び黒鉛構築物については、「高温ガス炉第1種機器の高温構造設計指針」⁽¹⁾及び「高温ガス炉炉心支持黒鉛構築物の構造設計指針」⁽²⁾並びに「高温ガス炉炉心黒鉛構築物の構造設計指針」⁽³⁾により設計するとともに、その他については、必要に応じて十分使用実績があり、信頼性の高い国外の規格に準拠する。

1.1.13 参考文献

- (1) 「高温ガス炉第1種機器の高温構造設計指針」(平成2年12月科学技術庁原子力安全局内規(平成15年5月30日改定))
- (2) 「高温ガス炉炉心支持黒鉛構築物の構造設計指針」(平成2年12月科学技術庁原子力安全局内規(平成15年5月30日改定))
- (3) 「高温ガス炉炉心黒鉛構築物の構造設計指針」(平成2年12月科学技術庁原子力安全局内規(平成15年5月30日改定))

1.4 耐震設計

1.4.1 耐震設計の基本方針

原子炉施設の耐震設計は、「試験炉設置許可基準規則」に適合するように、以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ず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、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して、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。

(2) 原子炉施設は、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、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る設計とする。

(3) 原子炉施設は、耐震重要度分類の各クラス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。

(4) Sクラスの施設は、基準地震動による地震力に対して、その安全機能が保持できる設計とする。

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設計とする。

(5) Sクラスの施設については、静的地震力は、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。

また、基準地震動及び弾性設計用地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せて算定するものとする。

(6) 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設計とする。

また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。なお、当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せて算定するものとする。

(7) 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設計とする。

(8) 地震時に動作を要求する動的機器の原子炉格納容器バウンダリに属する弁(1次冷却材を内蔵するもの)は、基準地震動による応答に対して、当該設備に要求される機能を維持する設計とする。

(9) 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属するもの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。また、間接支持構造物及び相互影響を考慮すべき設備に対しては、基準地震動を用いて以下に示す影響を確認し、耐震重要施設の安全機能を損なわない設計とする。

- a. 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- b. 耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部及び支持部における相互影響
- c. 建家内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

d. 建家外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

b. については、耐震重要施設の隔離弁に下位クラスの配管が接続されている場合は、基準地震動に対して隔離弁の機能が損なわれない設計とする。

c. 及び d. については、原子炉建家屋根トラス、原子炉格納容器、原子炉建家天井クレーン、排気筒、燃料交換機及び制御棒交換機を評価対象施設として、離隔位置確認、耐震解析又は衝突解析により、評価対象施設が S クラス施設の安全機能を損なわないことを確認する。離隔位置確認では、S クラス施設と評価対象施設の設置位置を考慮し、評価対象施設の損傷が発生しても、S クラス施設の安全機能が損なわれないことを確認する。耐震解析では、評価対象施設が S クラス施設に影響を及ぼさないことを確認する。耐震解析により評価対象施設が影響を及ぼす可能性がある場合は、評価対象施設と S クラス施設等の相互影響を衝突解析で評価し、S クラス施設の安全機能が損なわれないことを確認する。耐震解析に関しては、実挙動を評価するために実挙動評価又は保守性が高い簡易評価でも評価する。

1.4.2 耐震設計上の重要度分類

原子炉施設の耐震重要度を、「試験炉設置許可基準規則解釈 別記 1「試験研究用等原子炉施設に係る耐震重要度分類の考え方」」に基づき分類する。

1.4.2.1 分類の方法に係る考え方

原子炉施設における設備・機器等の耐震重要度分類は、以下の(1)及び(2)による。以下は、耐震重要施設(S クラス施設)について考え方を示しているが、B クラス施設についても同様の考え方とする。

(1) 原子炉施設において、停止機能、冷却機能、閉じ込め機能の全てが失われた場合を想定し、第 1.4.1 図のフローに従い、その影響が大きい場合は、耐震重要施設を必要とする原子炉施設として選定する。

(2) (1)の分類に基づき、耐震重要施設を必要とする原子炉施設に選定された場合は、第 1.4.2 図のフローに従い、原子炉施設の個別設備・機器等について、停止機能、冷却機能、閉じ込め機能のそれぞれの喪失を組合せた想定により、耐震重要施設に該当する設備・機器等を選定する。

1.4.2.2 機能上の分類

S クラス：安全施設のうち、その機能喪失により周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えるおそれのある設備・機器等を有する施設

B クラス：安全施設のうち、その機能を喪失した場合の影響が S クラス施設と比

べ小さい施設

Cクラス：Sクラス、Bクラス以外であって、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

1.4.2.3 クラス別施設

耐震設計上の重要度分類によるクラス別施設を次に示す。

- (1) Sクラスの施設
 - (i) 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
 - (ii) 使用済燃料を貯蔵するための施設(原子炉建家に係る施設)
 - (iii) 原子炉の緊急停止のために、急激に負の反応度を付加するための施設及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- (2) Bクラスの施設
 - (i) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1次冷却材を内蔵しているか又は内蔵しうる施設
 - (ii) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
 - (iii) 原子炉冷却材圧力バウンダリの破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な施設
 - (iv) 原子炉冷却材圧力バウンダリの破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設
 - (v) 放射性物質の放出を伴うような設計基準事故の際に、その外部放散を抑制するための施設で上記c.以外の施設
 - (vi) 使用済燃料を貯蔵するための施設(使用済燃料貯蔵建家に係る施設)
 - (vii) 放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式により、その破損によって公衆に与える放射線の影響が、年間の周辺監視区域外の線量当量限度に比べ、十分小さいものは除く。
 - (viii) 放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により公衆及び放射線業務従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設
 - (ix) 使用済燃料を冷却するための施設
 - (x) 放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設
- (3) Cクラスの施設
上記S、Bクラスに属さない施設

各施設のクラス分類は、第 1.4.1 表に示すとおりである。

1.4.3 地震力の算定法

設計用地震力は、次の方法で算定される静的地震力及び動的地震力のうち、いずれか大きい方とする。

1.4.3.1 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分類に応じて、次の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

(1) 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断力係数 C_i に、次に示す耐震重要度分類に応じた係数を乗じ、更に当該層以上の重量を乗じて算定する。

S クラス 3.0

B クラス 1.5

C クラス 1.0

ここに、 C_i は、標準せん断力係数 C_0 を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値である。

必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数 C_i に乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は、耐震重要度分類の各クラスともに 1.0 とし、その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は 1.0 とする。

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

(2) 機器・配管系

静的地震力は、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分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、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。

なお、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。

1.4.3.2 動的地震力

動的地震力は、S クラスの施設に適用し、添付書類六「5. 地震」に示す基準地震動及び弾性設計用地震動から定める入力地震動を入力として、動的

解析により、水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せて算定する。

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、弾性設計用地震動に2分の1を乗じた動的地震力を適用する。

添付書類六「5. 地震」に示す基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動としてそれぞれ策定する。

弾性設計用地震動は、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が0.5程度であるという知見⁽⁶⁾を踏まえ、また、弾性設計用地震動を原子炉建家設計時より保守的な設定とするため、応答スペクトルに基づく基準地震動 S_s-D に係数0.5を乗じた弾性設計用地震動 S_d-D が、設計時に用いた「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）」に基づく基準地震動 S_1 の応答スペクトルを下回らないものとして、工学的判断により基準地震動に係数0.5を乗じて設定する。弾性設計用地震動による年超過確率は、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度となる。弾性設計用地震動の応答スペクトルを第1.4.3図から第1.4.5図に、弾性設計用地震動の時刻歴波形を第1.4.6図から第1.4.11図に、弾性設計用地震動 S_d-D 及び基準地震動 S_1 の応答スペクトルの比較を第1.4.12図に、弾性設計用地震動と解放基盤表面における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を第1.4.13図及び第1.4.14図に示す。

(1) 入力地震動

解放基盤表面は、S波速度が0.7km/s以上となる深度G.L. -172.5mの位置に設定する。

建物・構築物の地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動及び弾性設計用地震動の伝播特性や地盤の非線形応答に関する動的変形特性等を適切に考慮して1次元波動論又は必要に応じ2次元有限要素法解析により応答計算し算定する。

(2) 動的解析法

a. 建物・構築物

動的解析は、スペクトル・モーダル解析法又は時刻歴応答解析法を用いて行うものとする。

建物・構築物の動的解析に当たっては、建物・構築物の剛性は、それらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、地盤-建家間の動的相互作用を考慮する。解析は、地盤-建家をスウェイ-ロッキングモデルに置換して行う。

弾性設計用地震動に対しては、弾性応答解析を行う。

基準地震動に対しては、主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、規格・基準又は実験式等に基づき、該当する部分の構造特性に応じて、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

また、施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討するための応答解析において、建物・構築物等の主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

b. 機器・配管系

(a) 金属構造物

機器については、その形状を考慮したモデル化を行い、設計用床応答スペクトルを用いたスペクトル・モーダル解析又は時刻歴応答解析等により応答を求める。

配管系については、熱的条件及び構造を考慮して分類し、それぞれ適切なモデルを作成し、設計用床応答スペクトルを用いたスペクトル・モーダル解析により応答を求める。

動的解析に用いる減衰定数は、「原子力発電所の耐震設計技術指針」(JEAG4601、同補)⁽¹⁾、振動実験⁽²⁾⁽³⁾、地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定める。

なお、剛性の高い機器は、その機器の設置床面の最大床応答加速度の1.2倍の加速度を用いて地震力を算定する。

(b) 黒鉛構造物

炉心を構成する黒鉛ブロックは、地震時に相互に衝突を繰返す非線形振動挙動を示す。そのため、黒鉛ブロック群の振動解析法としては、ブロック間の衝突現象を考慮する方法を用いる⁽⁴⁾。各黒鉛ブロックに作用する衝突力、ブロックの変位等は、時刻歴応答解析により求める。

1.4.4 荷重の組合せと許容限界

1.4.4.1 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次に示す。

(1) 建物・構築物

a. 運転時の状態

原子炉施設が運転状態にあり、通常自然条件下におかれている状態。

ただし、運転状態には、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

- b. 設計基準事故時の状態
原子炉施設が設計基準事故時にある状態。
- c. 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。

(2) 機器・配管系

- a. 通常運転時の状態
原子炉施設の起動、停止、出力運転、燃料交換等が計画的又は頻繁に行われた場合、運転条件が所定の制限値以内にある運転状態。
- b. 運転時の異常な過渡変化時の状態
通常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炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生ず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原子炉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。

1.4.4.2 荷重の種類

(1) 建物・構築物

- a. 原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重、即ち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧並びに通常的气象条件による荷重
- b. 運転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
- d. 地震力、風荷重、積雪荷重

運転時及び設計基準事故時の荷重には、機器・配管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、機器・配管からの反力、スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

(2) 機器・配管系

- a. 通常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
- d. 地震力

1.4.4.3 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは次による。

- (1) 建物・構築物
 - a. Sクラス、Bクラス及びCクラスの施設に対して、地震力と常時作用している荷重、運転時(通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時)に施設に作用する荷重とを組合せる。
 - b. Sクラスの施設に対して、常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち、長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力とを組合せる。
- (2) 機器・配管系
 - a. Sクラス、Bクラス及びCクラスの施設に対して、地震力と、通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時の状態で作用する荷重とを組合せる。
 - b. Sクラスの施設に対して、地震力と運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち、地震によって起こされるおそれのある事象によって作用する荷重とを組合せる。
 - c. Sクラスの施設に対して、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち、地震によって起こされるおそれのない事象によって作用する荷重で、その作用が長時間続く場合には、その荷重と弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力とを組合せる。なお、地震によって起こされるおそれがなく、かつ、その事象によって作用する荷重が短時間で終結する場合には、地震力と組合せない。
- (3) 荷重の組合せ上の留意事項
 - a. Sクラスの施設に作用する地震力のうち動的地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力を適切に組合せ算定するものとする。
 - b. 明らかに、他の荷重の組合せ状態での評価が厳しいことが判明している場合には、その荷重の組合せ状態での評価は行わなくてもよいものとする。
 - c. 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかになずれがあることが判明しているならば、必ずしも、それぞれの応力のピーク値を重ねなくともよいものとする。
 - d. 上位の耐震クラスの施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を検討する場合には、支持される施設の耐震クラス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及びその必要な荷重とを組合せる。

なお、対象となる建物・構築物及びその支持機能が維持されることを検討すべき地震動を第1.4.1表に示す。

1.4.4.4 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組合せた状態に対する許容限界は、次のとおりとする。

(1) 建物・構築物

a. Sクラスの建物・構築物

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

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) 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・構築物が構造物全体として、十分変形能力(ねばり)の余裕を有し、終局耐力に対して妥当な安全余裕をもたせることとする。

なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力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、日本建築学会「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」実験式⁽⁵⁾等に基づき適切に定めるものとする。

b. B、Cクラスの建物・構築物

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。

c. 耐震クラスの異なる施設を支持する建物・構築物

上記の「a. Sクラスの建物・構築物、(b) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界」を適用するほか、耐震クラスの異なる施設が、それを支持する建物・構築物の変形等に対して、その機能が損なわれないものとする。

d. 建物・構築物の保有水平耐力

建物・構築物については、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、妥当な安全余裕をもたせることとする。

(2) 機器・配管系

a. Sクラスの機器・配管系

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

金属構造物については、JEAG その他の安全上適切と認められる規格及び基準に基づき、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とする。金属構造物のうち高温に達するものについて

は、「高温ガス炉第1種機器の高温構造設計指針」による許容応力を許容限界とする。

炉心支持黒鉛構造物については、引張強さ及び圧縮強さを基準にし、「高温ガス炉炉心支持黒鉛構造物の構造設計指針」による許容応力を許容限界とする。

なお、対象はサポートポストの炉心支持機能とする。

(b) 基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界

金属構造物については、JEAG その他の安全上適切と認められる規格及び基準に基づき、構造物の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じず、その施設の機能に影響を及ぼすことがない程度に応力を制限する値を許容限界とする。金属構造物のうち高温に達するものについては、「高温ガス炉第1種機器の高温構造設計指針」による許容応力を許容限界とする。

炉心支持黒鉛構造物については、引張強さ及び圧縮強さを基準にし、「高温ガス炉炉心支持黒鉛構造物の構造設計指針」による許容応力を許容限界とする。なお、対象はサポートポストの炉心支持機能とする。

b. B、Cクラスの機器・配管系

JEAG その他の安全上適切と認められる規格及び基準に基づき、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。

c. 炉心構成要素(燃料体、制御棒案内ブロック、可動反射体ブロック)

炉心構成要素については、地震時に作用する荷重に対して、崩壊熱除去可能な形状が阻害されないこと、及び過大な変形や破損を生じることにより、制御棒の挿入が阻害されないことを確認するため、「高温ガス炉炉心黒鉛構造物の構造設計指針」による許容応力を許容限界とする。

d. 動的機器

地震時に動作を要求される動的機器については、解析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。

1.4.7 参考文献

- (1) JEAG 4601-1987「原子力発電所耐震設計技術指針」.
- (2) M.Futakawa et al.; “Vibrational Characteristics of a Co-axial double pipe”, Nuclear Engineering and Design, Vol. 94, 1986.
- (3) 幾島 他; 「垂直2次元炉心模型による高温ガス炉の炉心耐震・試験と解析」、JAERI-1282(1983年).
- (4) T. Ikushima; “SONATINA-2V: A Computer Program for Seismic Analysis of the Two-dimensional Vertical Slice HTGR Core”, JAERI-1279(1982).

- (5) 日本建築学会；「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」（1982年）.
- (6) 社団法人日本電気協会 電気技術基準調査委員会原子力発電耐震設計特別調査委員会建築部会；「静的地震力の見直し（建築編）に関する調査報告書（概要）」（1994年）.

第 1.4.1 表 クラス別施設

クラス	クラス別施設	主要設備(*1)		補助設備(*2)		直接支持構造物(*3)		間接支持構造物(*4)		相互影響を考慮すべき設備(*5)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用地震動 (*6)	適用範囲	検討用地震動 (*6)
S	(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	①原子炉圧力容器	S	①隔離弁を閉とするに必要な電気計装設備	S	1)原子炉圧力容器、中間熱交換器、1次加圧水冷却器、1次ヘリウム循環機等の支持構造物 2)機器・配管・電気計装設備等の支持構造物	S	1)原子炉建家	Ss	1)排気筒	Ss
	②原子炉冷却材圧力バウンダリに属する容器(中間熱交換器等)・配管(1次ヘリウム配管(二重管)等)・循環機(1次ヘリウム循環機等)・弁(1次冷却設備の主要弁等)	S	2)内部コンクリート構造物					Ss			
	(ii) 使用済燃料を貯蔵するための施設	①使用済燃料貯蔵設備貯蔵プール	S					1)原子炉建家	Ss	1)原子炉建家天井クレーン	Ss
	②原子炉建家内の使用済燃料貯蔵設備貯蔵ラック(上蓋を除く。)	S								2)排気筒 3)原子炉建家屋根トラス 4)燃料交換機 5)制御棒交換機	Ss Ss Ss Ss
(iii) 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設及び原子炉の停止状態を維持する施設	①制御棒及び制御棒駆動装置(スクラム機能に関するもの)	S	①制御棒案内管 ②炉心支持鋼構造物(拘束バンドは除く。) ③炉心支持黒鉛構造物(サポートポスト(支持機能のみ)) ④電気計装設備	S S S S	1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	1)原子炉建家 2)内部コンクリート構造物	Ss Ss			
(iv) その他	①1次ヘリウム純化設備(原子炉格納容器内のもの) ②破損燃料検出系(原子炉格納容器内のもの) ③1次ヘリウムサンプリング設備(原子炉格納容器内のもの) ④原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁(1次冷却材を内蔵する1次ヘリウム純化設備等の原子炉格納容器貫通部配管・弁)	S S S S	①隔離弁を閉とするに必要な電気計装設備	S	1)機器・配管等の支持構造物 2)電気計装設備の支持構造物	S S	1)内部コンクリート構造物 2)原子炉建家	Ss Ss	1)原子炉格納容器	Ss	

(続き)

クラス	クラス別施設	主要設備(*1)		補助設備(*2)		直接支持構造物(*3)		間接支持構造物(*4)		相互影響を考慮すべき設備(*5)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用地震動 (*6)	適用範囲	検討用地震動 (*6)
B	(i) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1次冷却材を内蔵しているか、又は内蔵し得る施設	①1次ヘリウム純化設備(S、Cクラスに属する設備を除く。) ②破損燃料検出系(S、Cクラスに属する設備を除く。) ③1次ヘリウムサンプリング設備(S、Cクラスに属する設備を除く。)	B B B			1)機器・配管等の支持構造物	B	1)内部コンクリート構造物 2)原子炉建家	S _B S _B		
	(ii) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	①補助冷却設備(原子炉冷却材圧力バウンダリ、Cクラスに属するものは除く。)	B	①補機冷却水設備(当該主要設備に係わるもの) ②炉心支持鋼構造物の拘束バンド及び炉心支持黒鉛構造物(サポートポスト(支持機能のみ)を除く。) ③非常用発電機及びその計装設備 ④制御用圧縮空気設備	B B B	1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	1)原子炉建家 2)内部コンクリート構造物 3)補機冷却水系の配管トレンチ及び冷却塔基礎	S _B S _B S _B		
	(iii) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するために必要な施設	①炉容器冷却設備(Cクラスに属するものは除く。)	B	①補機冷却水設備(当該主要設備に係わるもの) ②中央制御室遮へい ③非常用発電機及びその計装設備 ④制御用圧縮空気設備	B B B	1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	1)原子炉建家 2)内部コンクリート構造物 3)補機冷却水系の配管トレンチ及び冷却塔基礎	S _B S _B S _B		
	(iv) 原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に圧力障壁となり、放射性物質の拡散を直接防ぐための施設	①原子炉格納容器 ②原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁(1次冷却材を含まない補機冷却水設備等の原子炉格納容器貫通部配管・弁)	B B	①隔離弁を閉とするに必要な電気計装設備	B	1)機器・配管等の支持構造物 2)電気計装設備の支持構造物	B B	1)原子炉建家	S _B		

(続き)

クラス	クラス別施設	主要設備(*1)		補助設備(*2)		直接支持構造物(*3)		間接支持構造物(*4)		相互影響を考慮すべき設備(*5)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用地震動 (*6)	適用範囲	検討用地震動 (*6)
B	(v) 放射性物質の放出を伴うような設計基準事故の際にその外部放散を抑制するための設備で上記(iv)以外の施設	①非常用空気浄化設備	B	①非常用発電機及びその計装設備 ②制御用圧縮空気設備	B B	1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	1)原子炉建家 2)排気筒	S _B S _B		
	(vi) 使用済燃料を貯蔵するための施設	①使用済燃料貯蔵建家内の使用済燃料貯蔵設備貯蔵ラック(上蓋を除く。)	B					1)使用済燃料貯蔵建家	S _B		
	(vii) 放射性廃棄物を内蔵している施設、ただし、内蔵量が少ないか又は貯蔵方式によりその破損によって公衆に与える放射線の影響が年間の周辺監視区域外の線量当量限度に比べ十分小さいものは除く	①廃棄物の廃棄施設(Cクラスに属する設備を除く。)	B			1)機器・配管等の支持構造物	B	1)原子炉建家	S _B		
	(viii) 放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により公衆及び放射線業務従事者等に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設	①燃料交換機 ②原子炉建家天井クレーン ③放射線低減効果の大きい遮へい ④原子炉圧力容器リーク検出配管 ⑤使用済燃料貯蔵建家天井クレーン	B B B B B			1)機器・配管等の支持構造物	B	1)内部コンクリート構造物 2)原子炉建家 3)使用済燃料貯蔵建家	S _B S _B S _B		
	(ix) 使用済燃料を冷却するための施設	①使用済燃料貯蔵設備プール冷却浄化設備(プール水冷却に関する部分)	B	①補機冷却水設備(当該主要設備に係わるもの) ②電気計装設備 ③制御用圧縮空気設備	B B B	1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	1)原子炉建家 2)補機冷却水設備の配管トレンチ及び冷却塔基礎	S _B S _B		

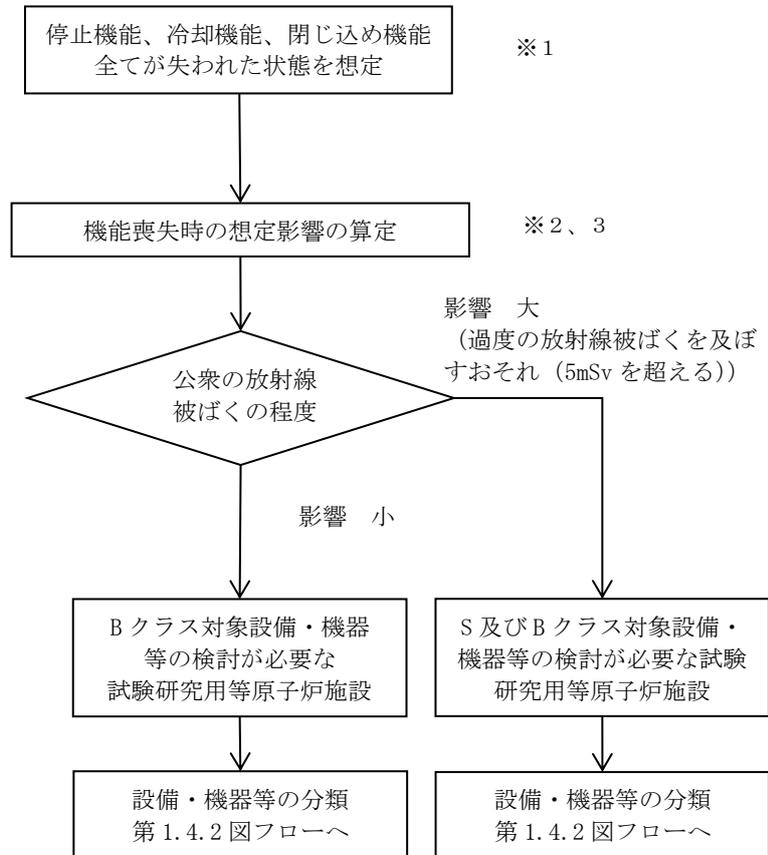
(続き)

クラス	クラス別施設	主要設備(*1)		補助設備(*2)		直接支持構造物(*3)		間接支持構造物(*4)		相互影響を考慮すべき設備(*5)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用地震動(*6)	適用範囲	検討用地震動(*6)
B	(x) 放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設でSクラスに属さない施設	①使用済燃料貯蔵建家換気空調設備の一部	B			1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	1)使用済燃料貯蔵建家	S _B		
	(xi) その他	①炉内構造物(Sクラスに属するものを除く。)②後備停止系	B B	①後備停止系案内管 ②非常用発電機及びその計装設備 ③制御用圧縮空気設備	B B B	1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	B	1)原子炉建家 2)内部コンクリート構造物	S _B S _B		

(続き)

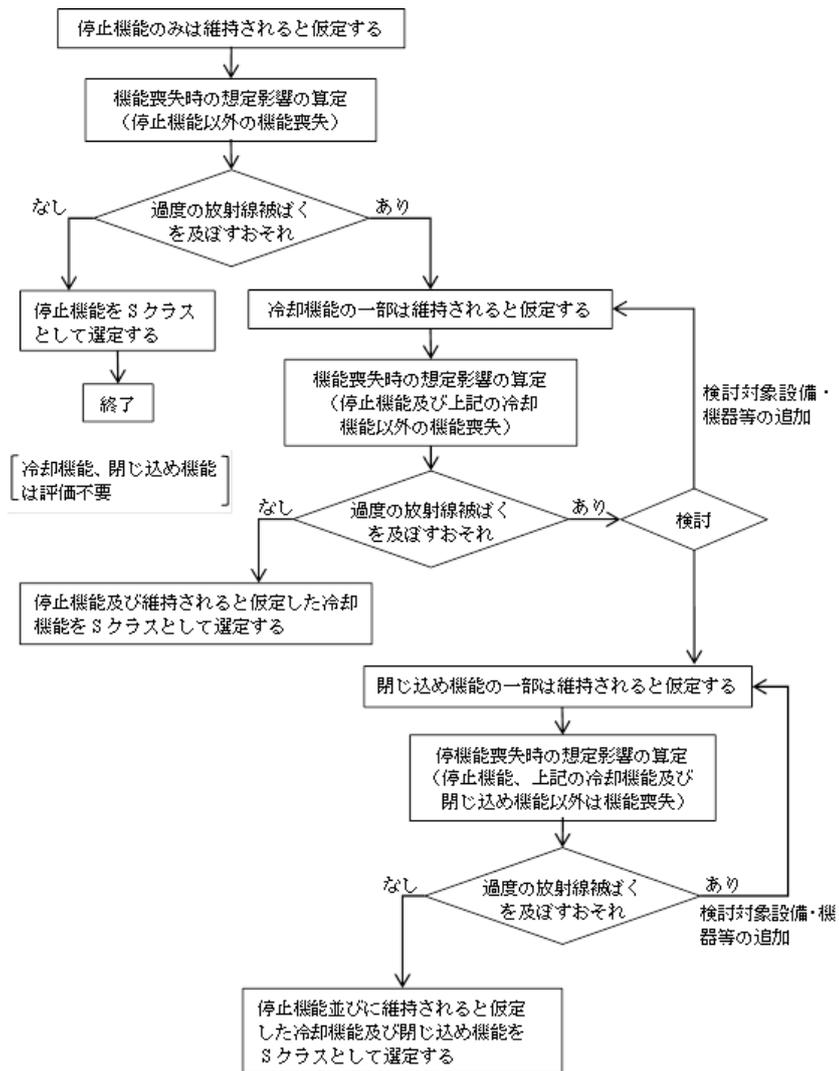
クラス	クラス別施設	主要設備(*1)		補助設備(*2)		直接支持構造物(*3)		間接支持構造物(*4)		相互影響を考慮すべき設備(*5)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用地震動 (*6)	適用範囲	検討用地震動 (*6)
C	(i) S,B クラスに属さない施設	①制御棒駆動装置(スクラム機能に関する部分を除く。) ②補助冷却設備(二重管内管) ③炉容器冷却設備(熱反射板) ④2次ヘリウムサンプリング設備 ⑤新燃料貯蔵設備 ⑥2次ヘリウム冷却設備 ⑦加圧水冷却設備 ⑧1次ヘリウム純化設備、1次ヘリウムサンプリング設備、破損燃料検出系等のうち高放射性物質に関連した部分を除いた部分 ⑨2次ヘリウム純化設備 ⑩1次ヘリウム貯蔵供給設備 ⑪2次ヘリウム貯蔵供給設備 ⑫廃棄物の廃棄施設のうち、高放射性物質に関連した部分を除いた部分 ⑬使用済燃料貯蔵設備、プール冷却浄化設備(プール水補給に関する部分) ⑭消火設備 ⑮換気空調設備 ⑯電気計装設備(S、Bクラスの関するものは除く。) ⑰補機冷却水設備 ⑱一般用圧縮空気設備 ⑲一般冷却水系 ⑳保管廃棄施設 ㉑その他	C C			1)機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	1)内部コンクリート構造物 2)原子炉建家	Sc Sc		

- (*1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。
 (*2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。
 (*3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。
 (*4) 間接的支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物(建物・構築物)をいう。
 (*5) 相互影響を考慮すべき設備とは、下位の耐震クラスに属するものの破損によって上位の分類に属するものに波及的影響を及ぼすおそれのある設備をいう。
 (*6) S_s: 基準地震動 S_sにより定まる地震力。
 S_B: 耐震Bクラス施設に適用される静的地震力。
 S_C: 耐震Cクラス施設に適用される静的地震力



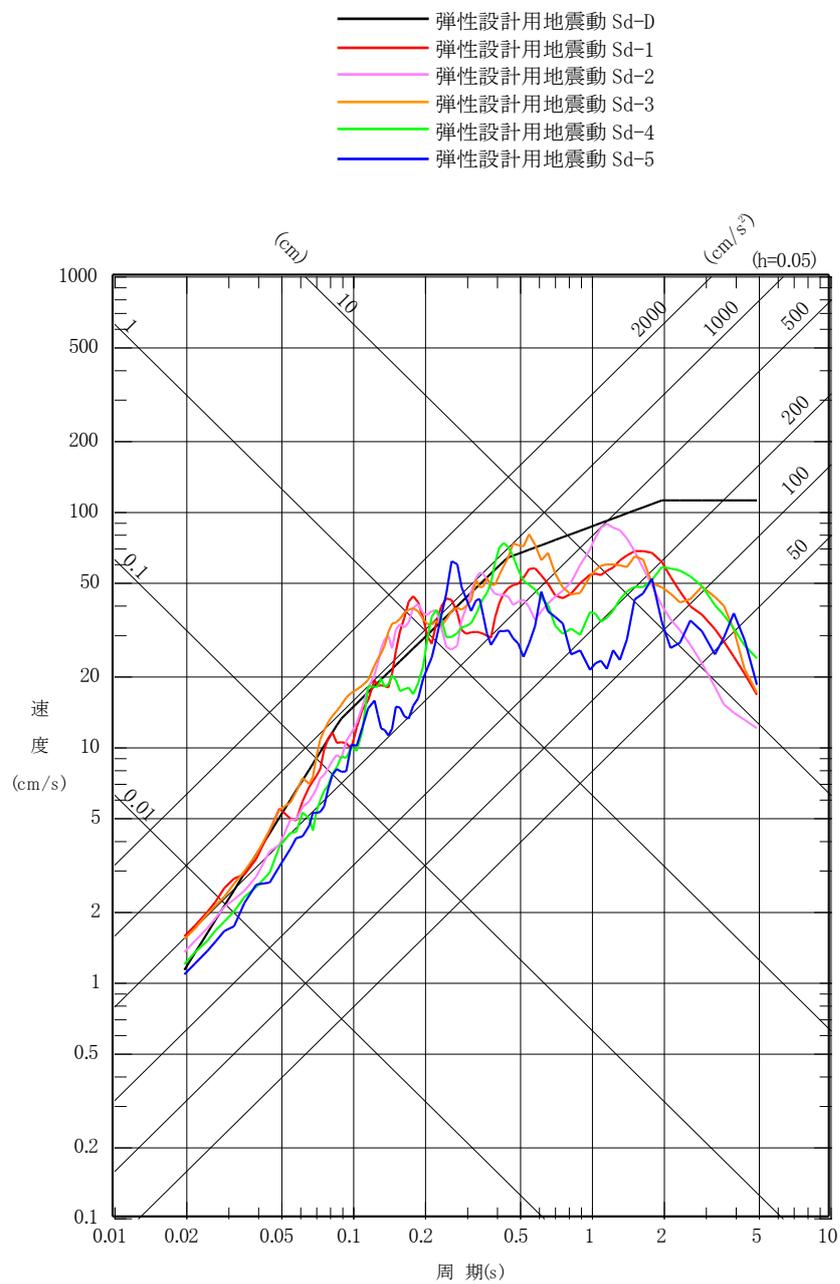
- ※1:「機能が失われた状態」については、技術的にその状態を予測することができる場合には、予測した状態を前提に評価を実施することができるものとする。当該予測に当たっては、Sクラス施設に適用される程度の地震力及び基準津波(第5条1の規定により策定する津波をいう。以下同じ。)相当の津波を想定して、予測を行うこと。ただし、基準津波相当の津波に係る津波高さ及び遡上範囲の設定に当たっては、必ずしも地質学的調査等を行う必要はなく、国や地方公共団体が公表している想定津波高さ及び周辺の原子力施設で設定された津波高さを参考に、試験研究用等原子炉施設の立地状況を考慮して、津波高さ及び遡上範囲を設定することができるものとする。
- ※2:燃料破損が想定される場合には、燃料中の気体状の放射性物質が全量放出されるものとする。ただし、具体的な燃料破損の状態を想定し得る場合には、その破損状態に応じて放出量を設定することができるものとする。
- ※3:気象条件、拡散条件及び被ばく評価条件については、設置(変更)許可申請書の事故評価に用いた条件が使用できるものとする。

第 1.4.1 図 原子炉施設全体としての具体的な分類方法

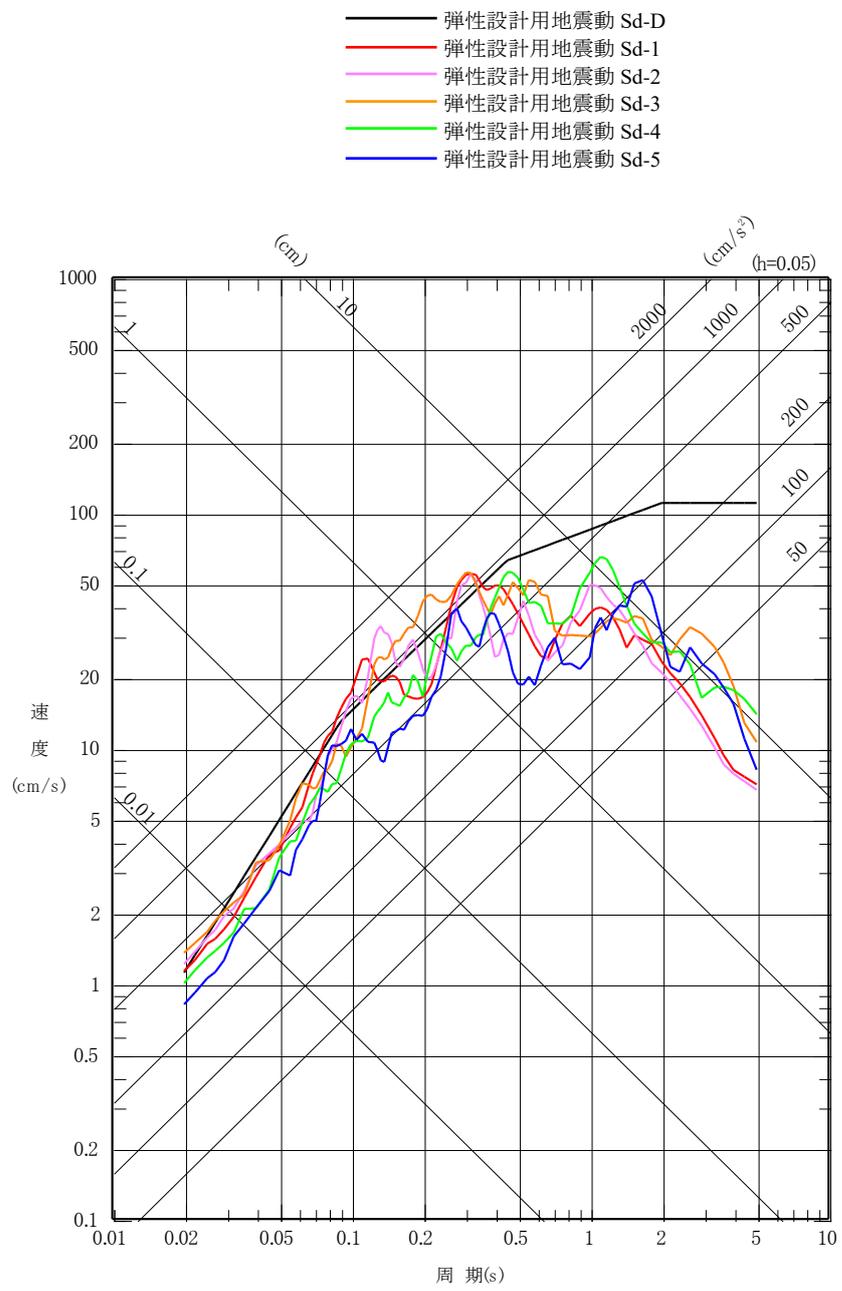


- 注1) 本フロー図は、〈停止機能→冷却機能→閉じ込め機能〉の順で機能喪失した場合の分類方法を示しているが、〈停止機能→閉じ込め機能→冷却機能〉の順についても同様に実施した上で分類すること。
- 注2) 停止機能、冷却機能及び閉じ込め機能を有するBクラスとしての設備・機器等を選定する際の本フロー図の適用については、「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とあるのは、「敷地周辺の公衆が被ばくする実効線量が発生事故当たり50マイクロシーベルト以上であるおそれ」とする。
- 注3) 「Bクラス対象設備・機器等の検討が必要な試験研究用等原子炉施設」に分類された試験研究用等原子炉施設のうち、通常運転時において放射性廃棄物を廃棄する施設（放射性廃棄物を保管廃棄する施設を含む。）並びに核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設にあっては、本フロー図にかかわらず、安全機能を喪失した場合に敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低いものは、Cクラスに分類することができる。この場合において、上記の「敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低い」とは、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」（昭和50年5月13日原子力委員会決定）を参考に、実効線量が発生事故当たり50マイクロシーベルト以下であることをいう。

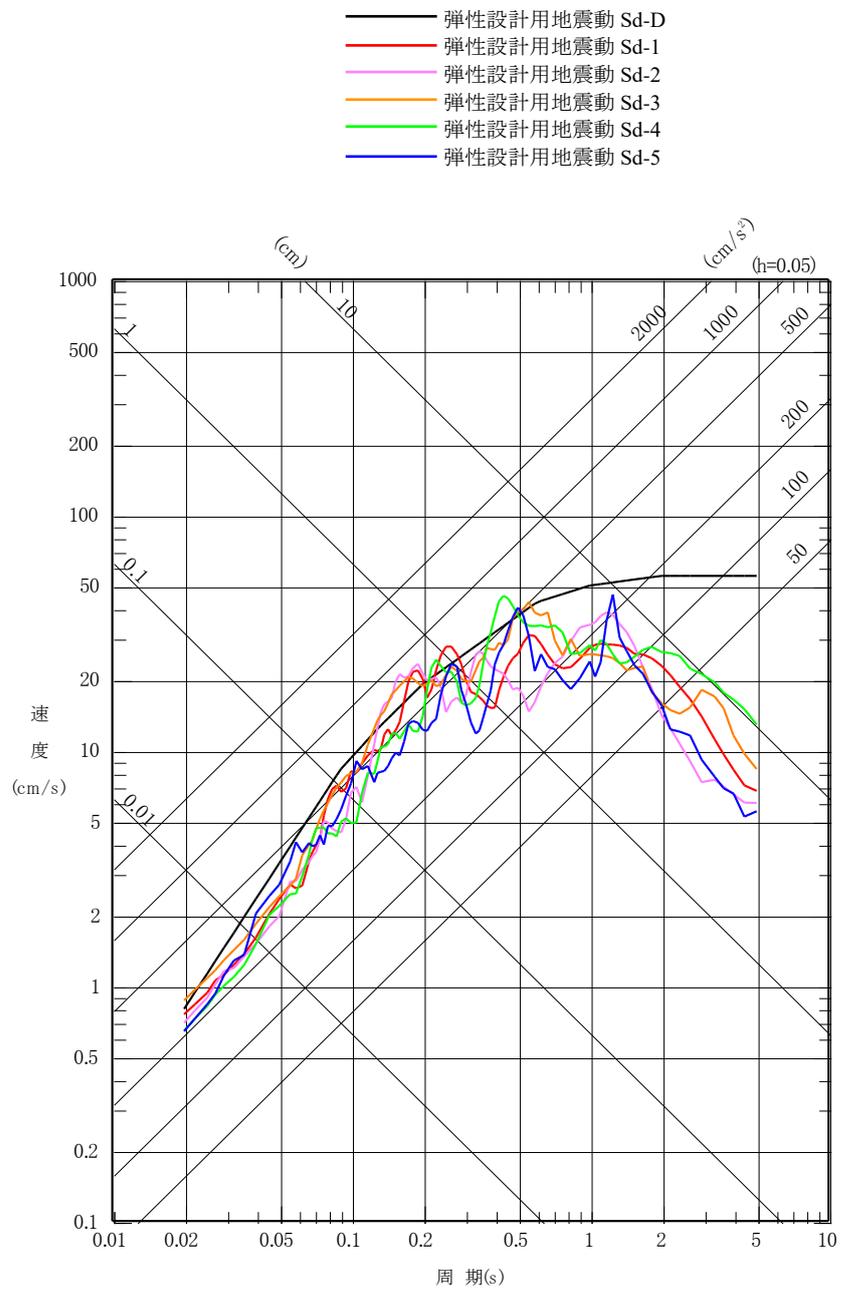
第 1.4.2 図 試験研究用等原子炉施設に係る個別の設備・機器等の具体的な分類方法



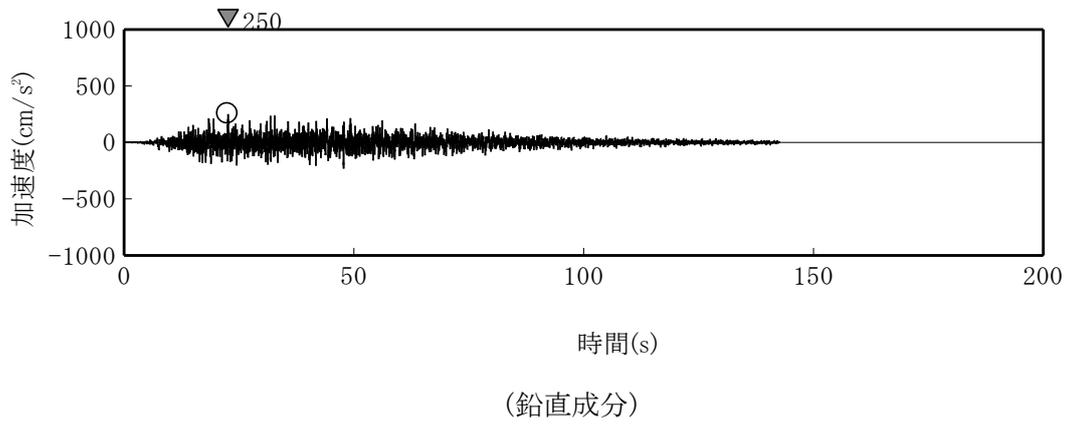
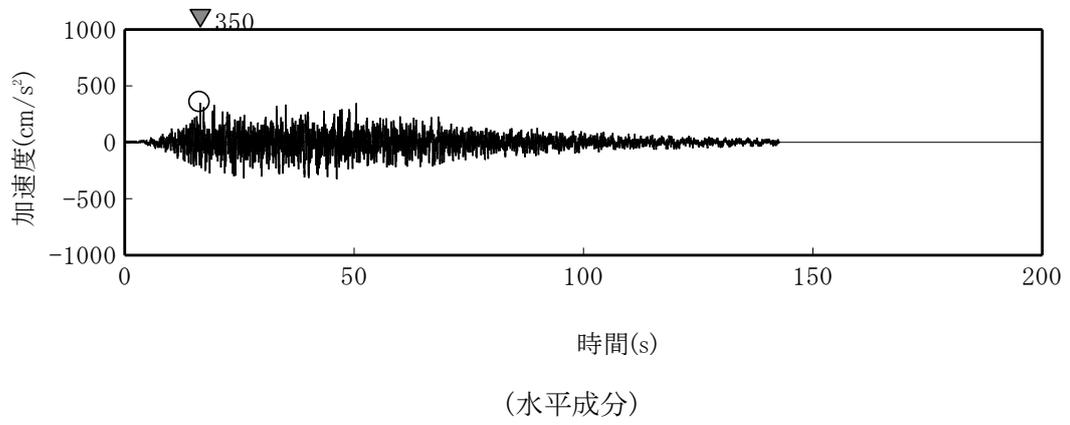
第 1. 4. 3 図 弾性設計用地震動 Sd の応答スペクトル(NS 成分)



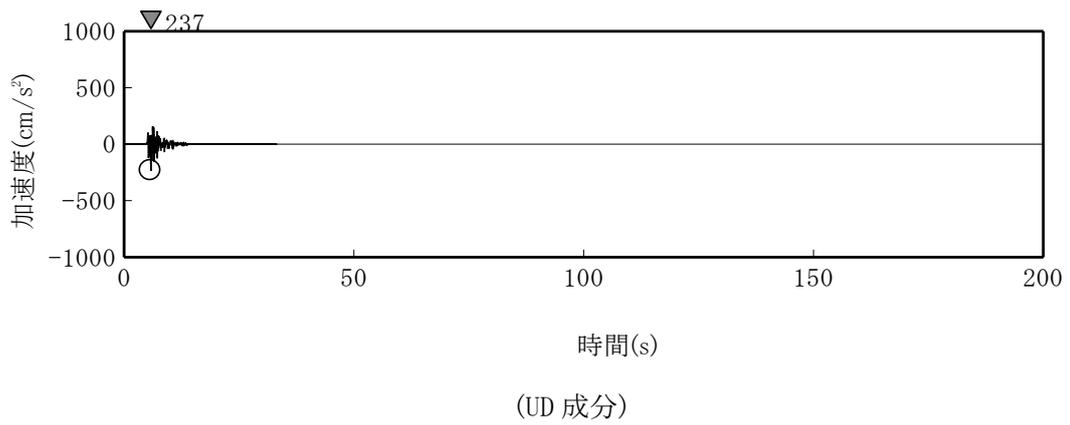
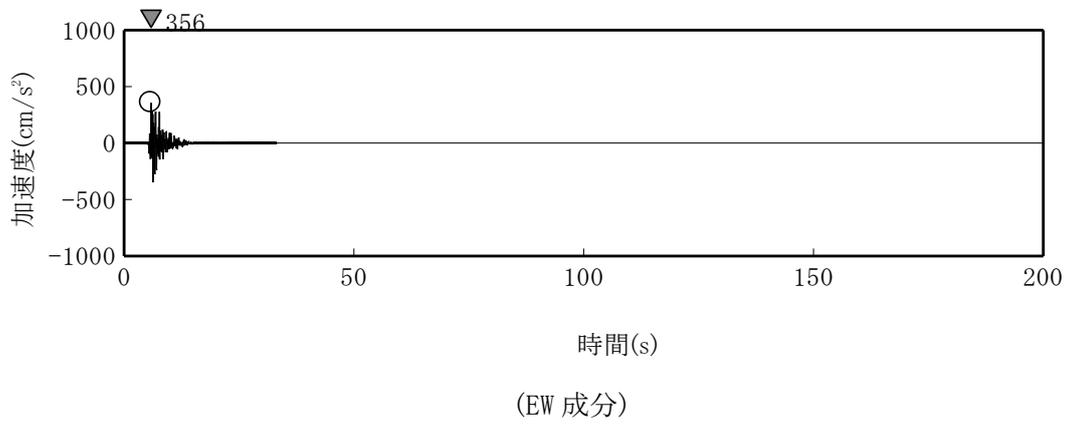
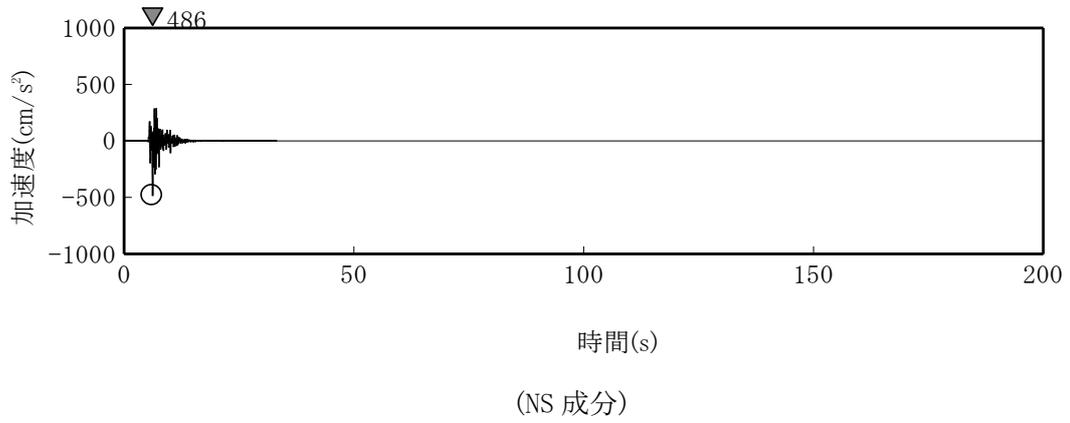
第 1. 4. 4 図 弾性設計用地震動 Sd の応答スペクトル(EW 成分)



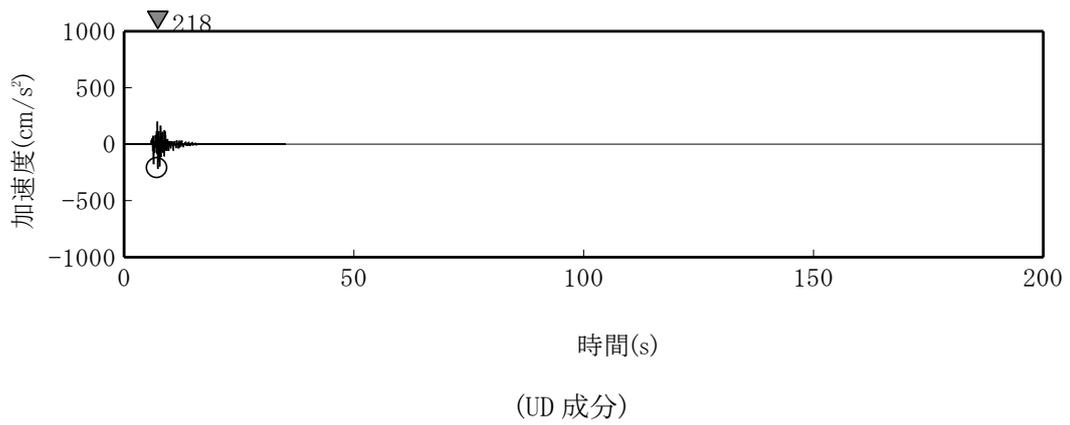
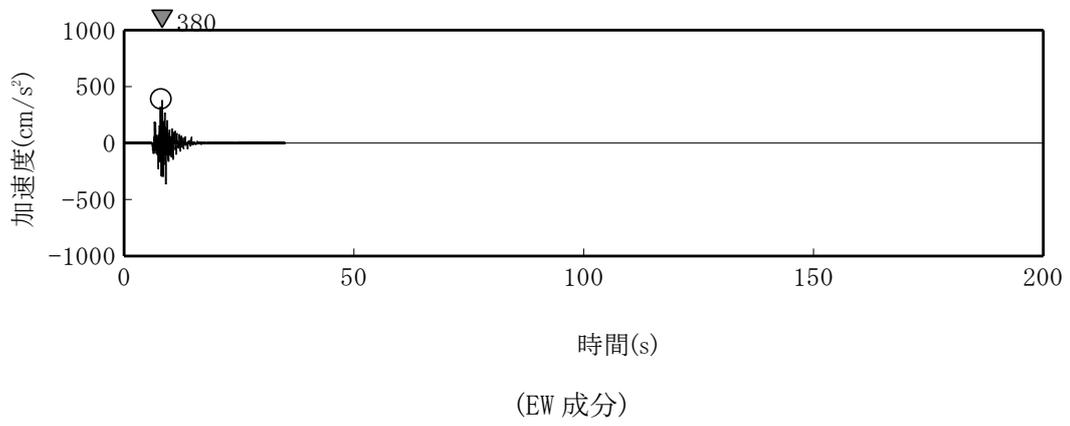
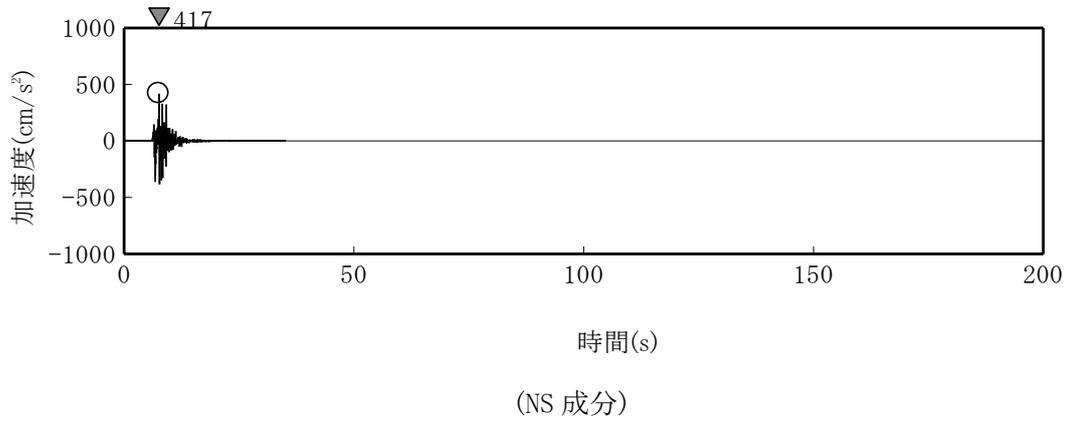
第 1. 4. 5 図 弾性設計用地震動 Sd の応答スペクトル(UD 成分)



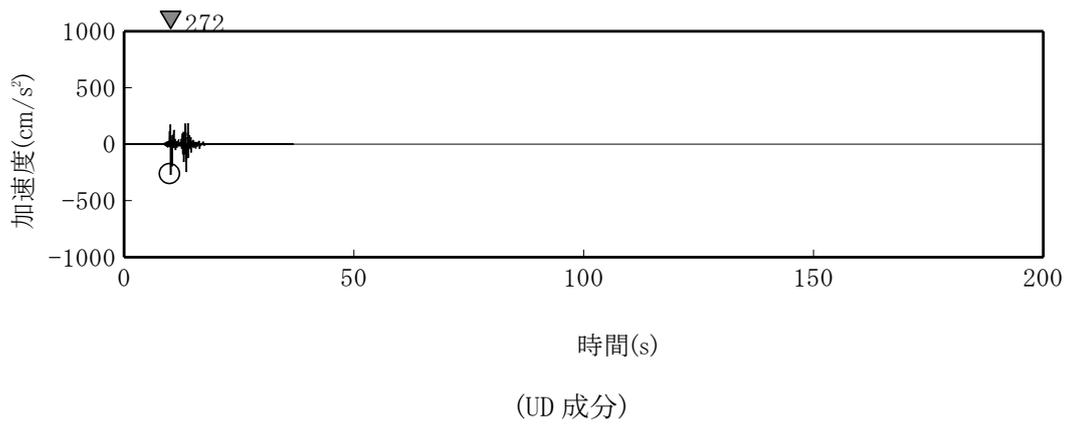
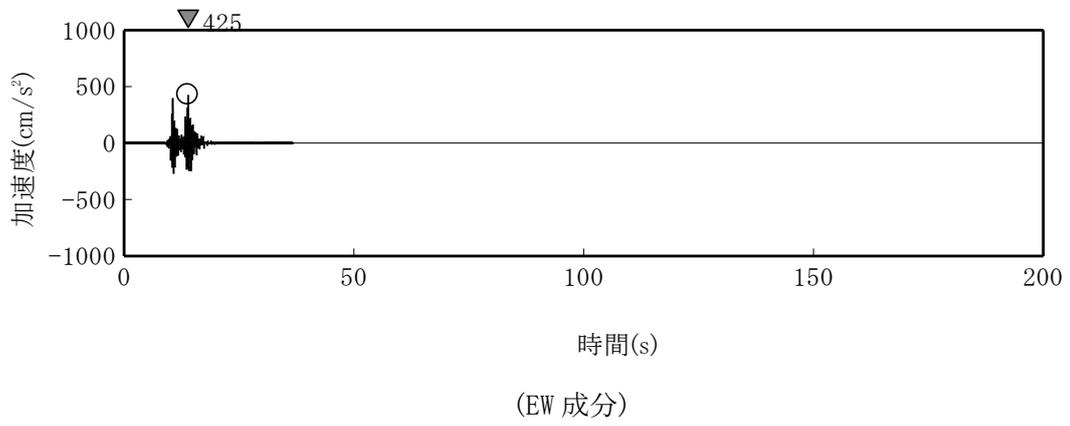
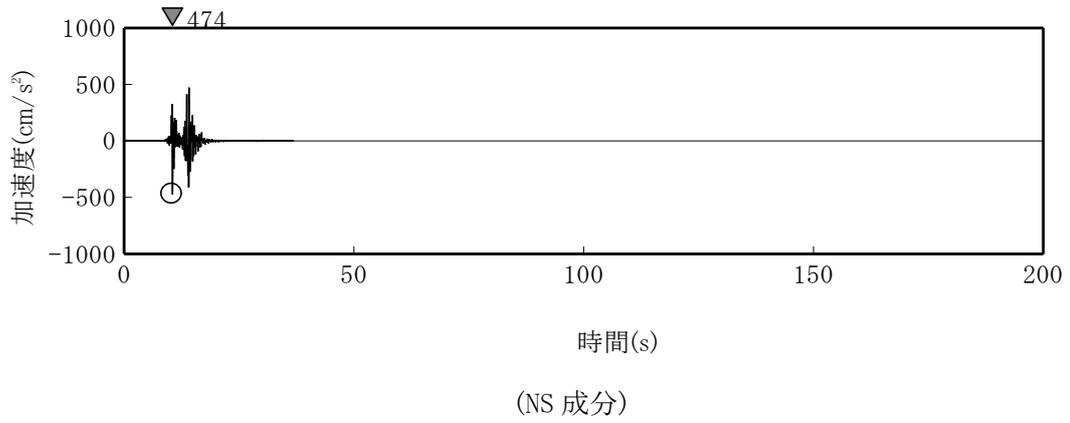
第 1. 4. 6 図 弾性設計用地震動 Sd-D の時刻歴波形



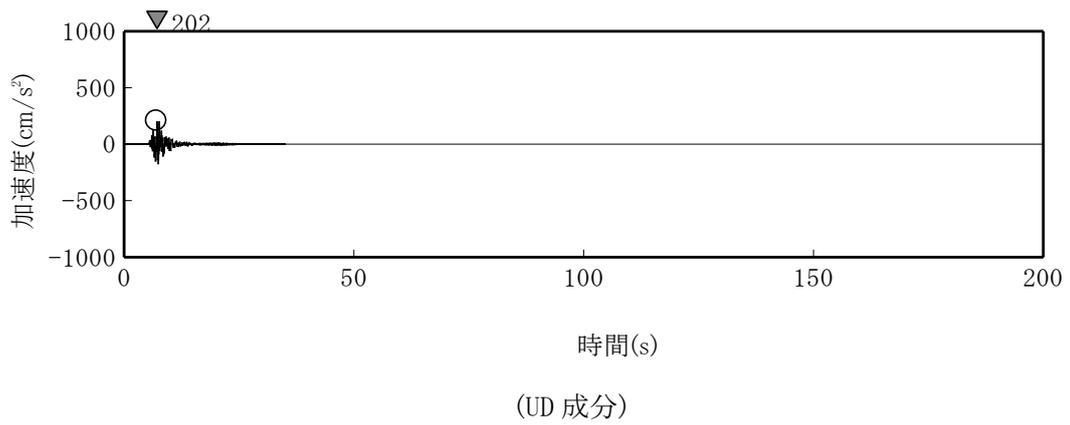
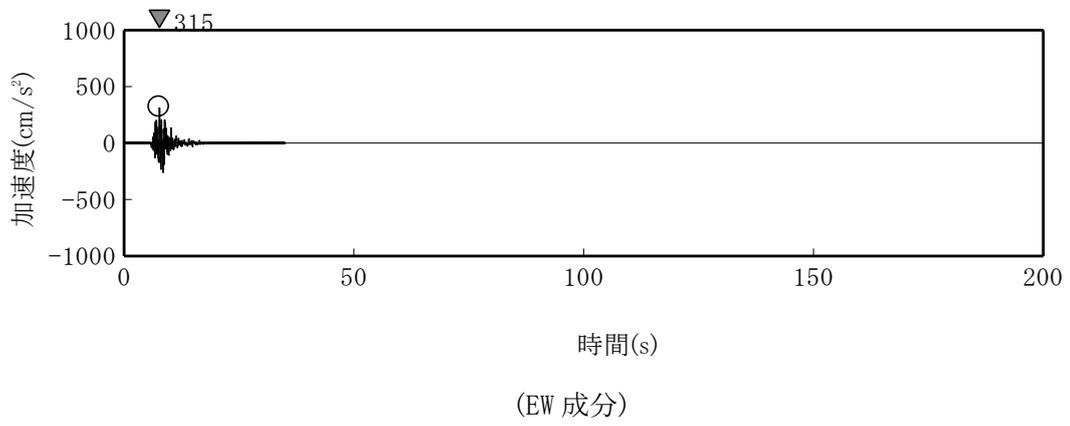
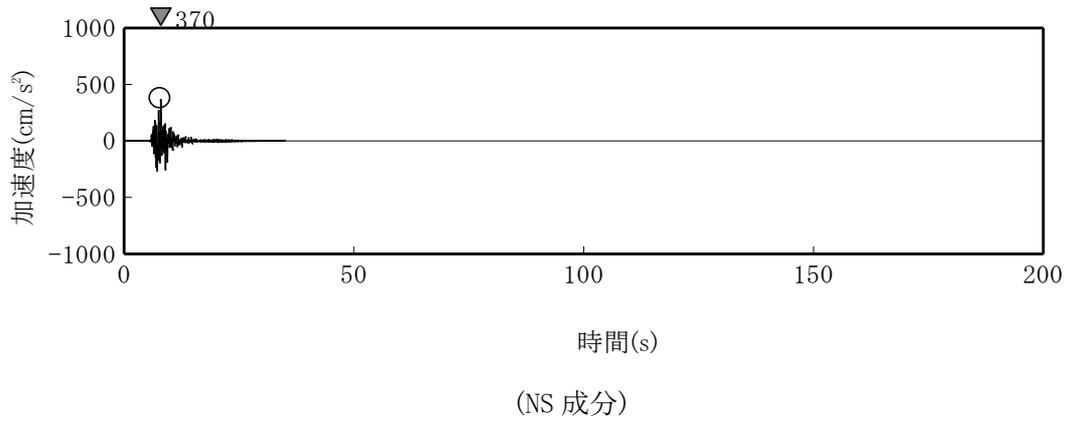
第 1. 4. 7 図 弾性設計用地震動 Sd-1 の時刻歴波形



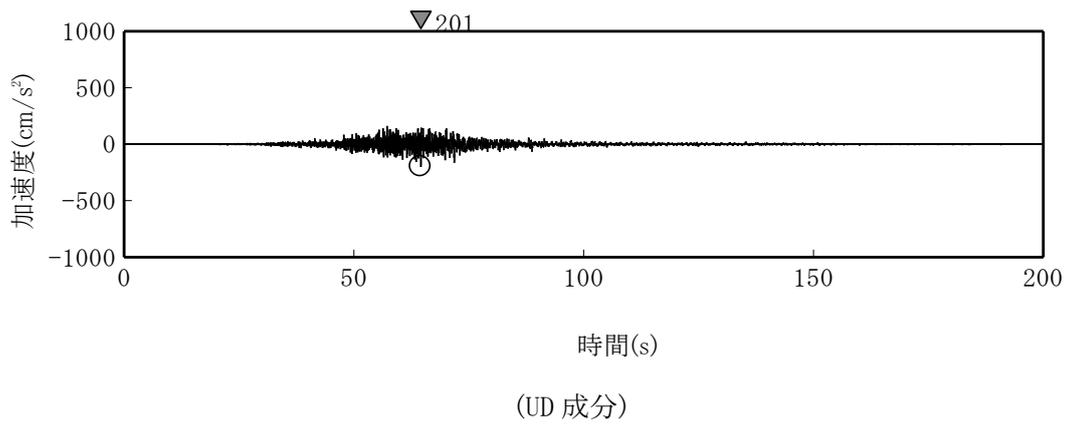
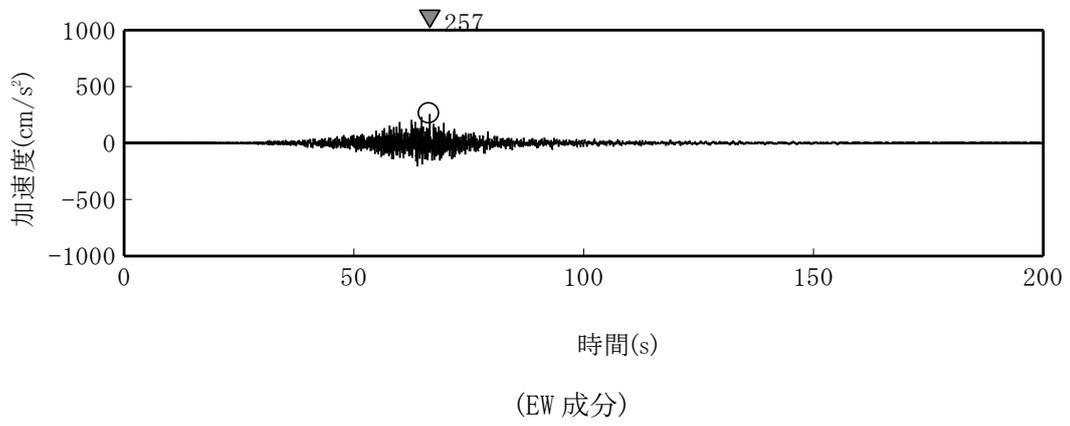
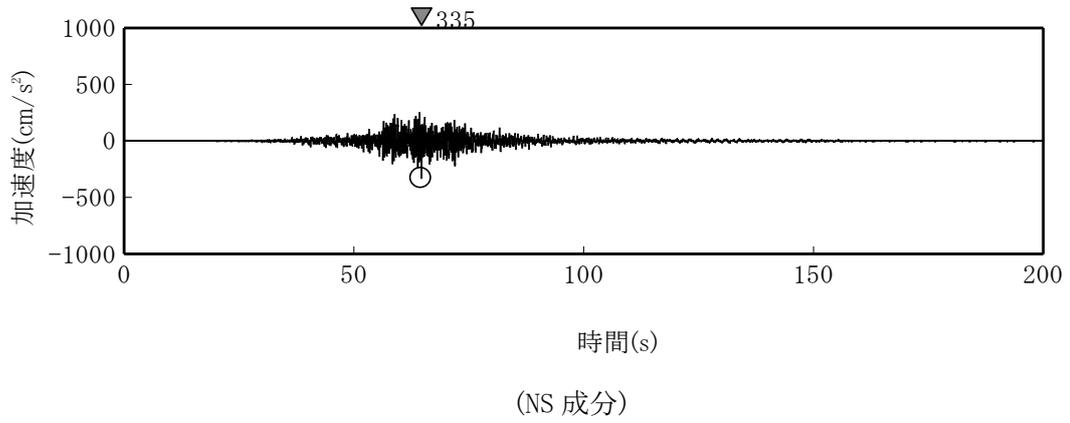
第 1.4.8 図 弾性設計用地震動 Sd-2 の時刻歴波形



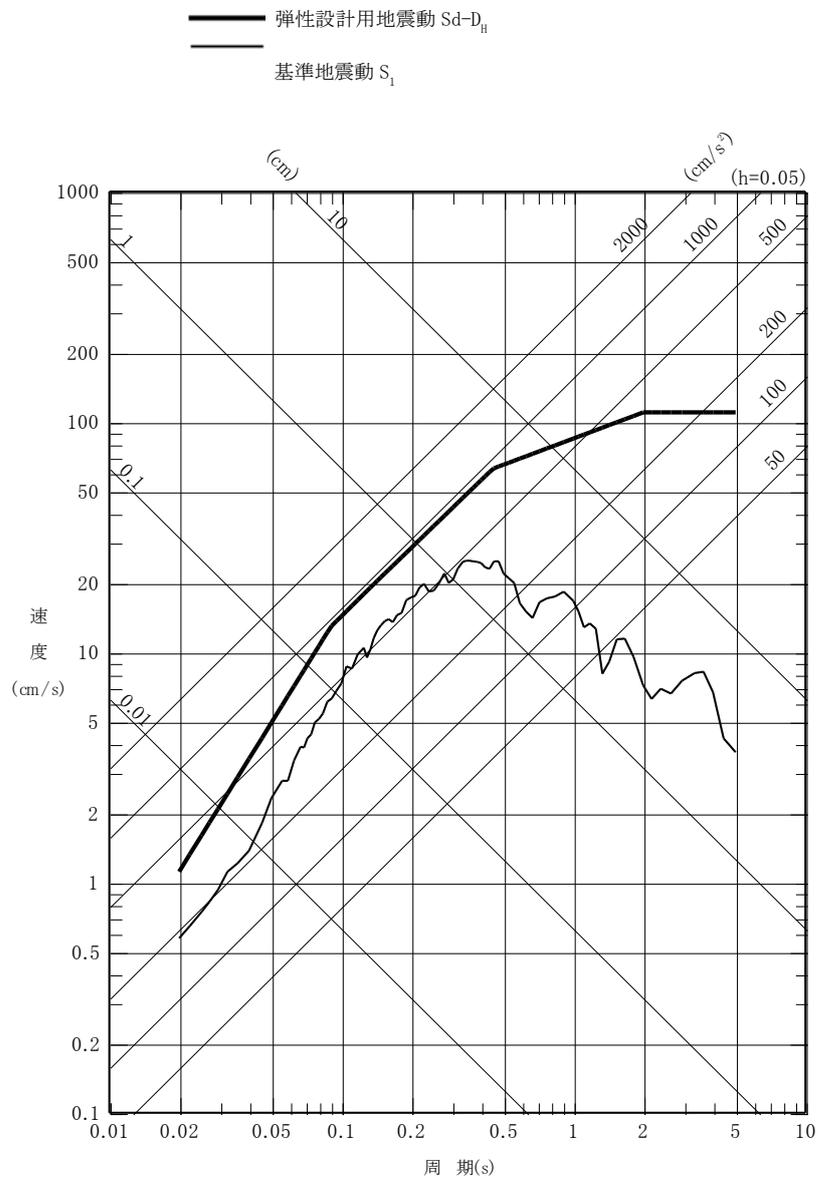
第 1. 4. 9 図 弾性設計用地震動 Sd-3 の時刻歴波形



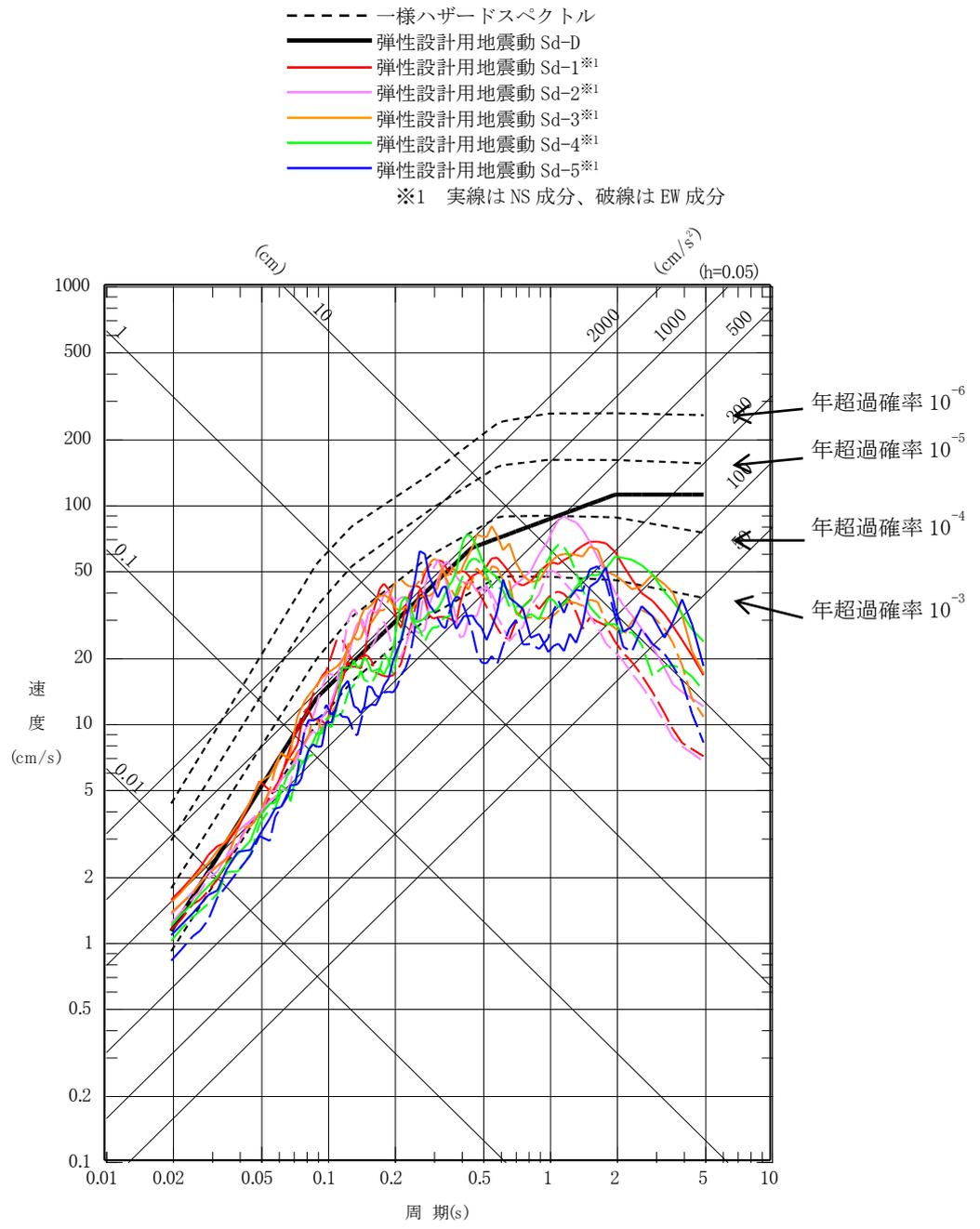
第 1.4.10 図 弾性設計用地震動 Sd-4 の時刻歴波形



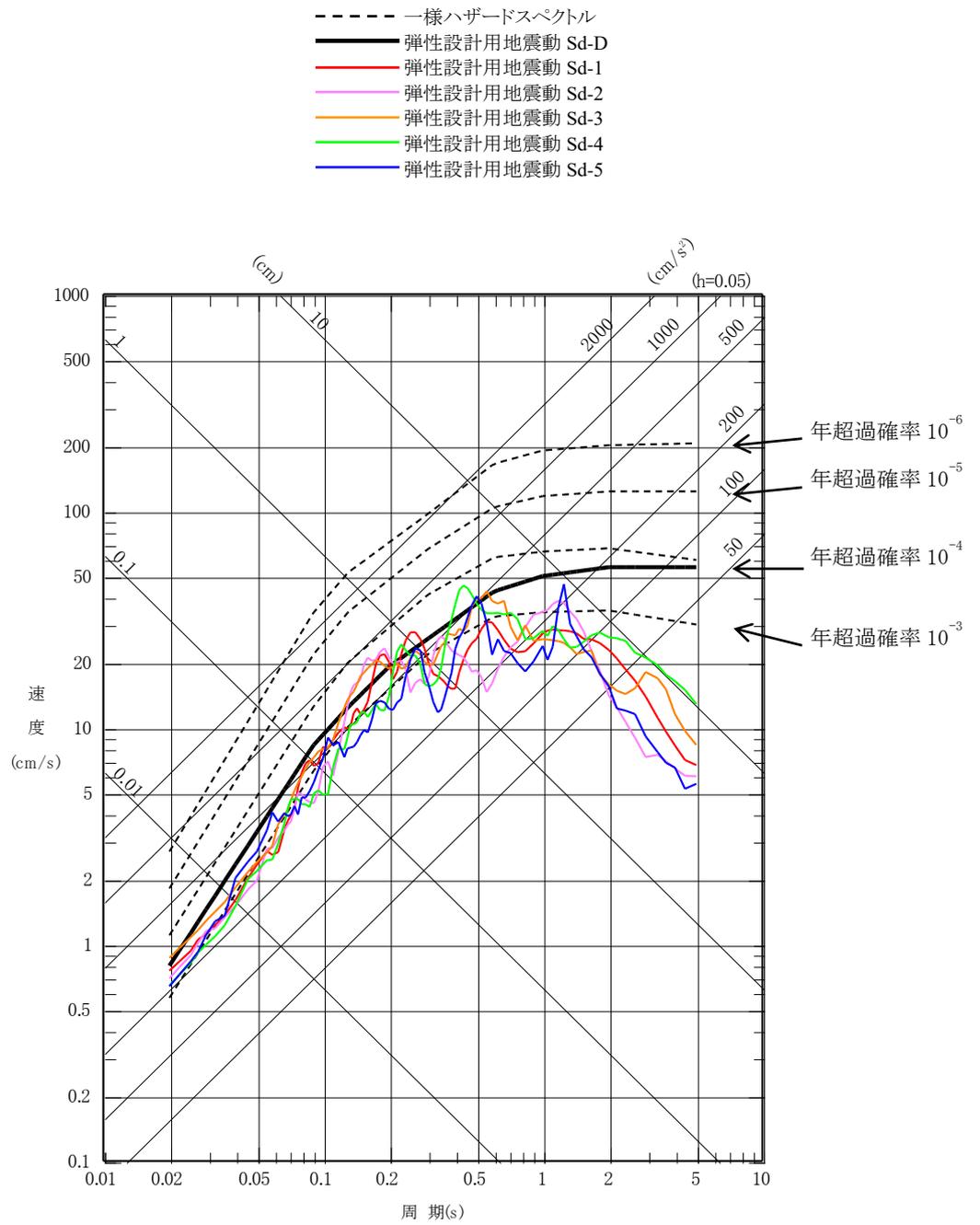
第 1.4.11 図 弾性設計用地震動 Sd-5 の時刻歴波形



第 1. 4. 12 図 弾性設計用地震動 S_d-D と基準地震動 S_I の応答スペクトルの比較 (水平成分)



第 1. 4. 13 図 弾性設計用地震動 Sd の一様ハザードスペクトル(水平成分)



第 1. 4. 14 図 弾性設計用地震動 Sd の一様ハザードスペクトル(鉛直成分)

(2) 適合性説明

(地震による損傷の防止)

第四条 試験研究用等原子炉施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。

2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある試験研究用等原子炉施設の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に応じて算定しなければならない。

3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

適合のための設計方針

1 について

原子炉施設は、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対しておおむね弾性範囲の設計を行う。

なお、耐震重要度分類及び地震力については、「2 について」に示すとおりである。

2 について

原子炉施設は、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に応じて、以下のとおり、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を算定する。

(1) 耐震重要度分類

原子炉施設は「試験炉設置許可基準規則解釈 別記 1 「試験研究用等原子炉施設に係る耐震重要度分類の考え方」により以下のとおり分類する。

S クラス： 安全施設のうち、その機能喪失により周辺の公衆に過度の放射線被ばくを与えるおそれのある設備・機器等を有する施設

上記の「過度の放射線被ばくを与えるおそれのある」とは、安全機能の喪失による周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり 5 ミリシーベルトを超えることをいう。

B クラス： 安全施設のうち、その機能を喪失した場合の影響が S クラス施設と比べ小さい施設

C クラス： S クラス、B クラス以外であって、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

(2) 上記(1)の S クラス、B クラス及び C クラスの施設に適用する地震力は以下のとおり算定

する。

なお、Sクラス施設については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を適応する。

a. 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分類に応じて、次の地震層せん断係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

(a) 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断係数 C_i に、次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ、更に当該層以上の重量を乗じて算定する。

Sクラス	3.0
Bクラス	1.5
Cクラス	1.0

ここで、 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、地盤の種類等を考慮して求められる値である。

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等を考慮して求めた鉛直震度により算定する。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

(b) 機器・配管系

静的地震力は、上記(a)に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、当該水平震度及び上記(a)の鉛直震度をそれぞれ20%増しとした震度より求める。

なお、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。

b. 弾性設計用地震動による地震力

弾性設計用地震動による地震力は、Sクラスの施設に適用する。

弾性設計用地震動は、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が0.5程度であるという知見⁽⁶⁾を踏まえ、また、弾性設計用地震動を原子炉建家設計時より保守的な設定とするため、応答スペクトルに基づく基準地震動 S_s-D に係数0.5を乗じた弾性設計用地震動 S_d-D が、設計時に用いた「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）」に基づく基準地震動 S_1 の応答スペクトルを下回らないものとして、工学的判断により添付書類六「5. 地震」に示す基準地震動に係数0.5を乗じて設定する。

また、弾性設計用地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せたものとして算定する。

なお、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、弾性設計用地震動に2分の1を乗じた地震動により、その影響についての検討を行う。当該地震動に

よる地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せて算定するものとする。

3について

耐震重要施設については、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切な地震動、即ち添付書類六「5. 地震」に示す基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。

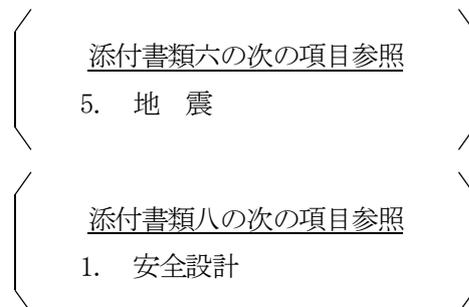
基準地震動による地震力は、基準地震動を用いて、水平2方向及び鉛直方向について適切に組合せたものとして算定する。

なお、耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属する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。また、次に示す影響を確認する。

- a. 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- b. 耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部及び支持部における相互影響
- c. 建家内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響
- d. 建家外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

4について

原子炉施設を設置する敷地に該当する斜面はない。



1.3.2 気象等

5. 地震

5-I 地震 (HTTR)

5.1 概要

施設の供用中に耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による地震動（以下「基準地震動Ss」という。）は、以下の方針により策定する。

- ① 「3. 地盤」に記載されている敷地周辺における活断層の性質や、敷地周辺における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。
- ② 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得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。
- ③ 「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Ssを策定する。

5.2 敷地周辺の地震発生状況

敷地が位置する茨城県周辺は、陸のプレート、太平洋プレート及びフィリピン海プレートの3つのプレートが接触する場所である。敷地周辺で発生する地震は、陸のプレートで発生する内陸地殻内地震、各プレートの境界で発生するプレート間地震及び太平洋プレートやフィリピン海プレートで発生する海洋プレート内地震に分類される。

5.2.1 過去の被害地震

第5.2.1図は、宇佐美ほかの「日本被害地震総覧」(2013)⁽¹⁾及び気象庁の「気象庁地震カタログ」(2017)⁽²⁾に記載されている被害地震のうち、敷地からの震央距離が約200km以内の被害地震の震央分布を示したものである。なお、第5.2.1図に示した被害地震の諸元を第5.2.1表(1)から第5.2.1表(9)に示す。

ここで、地震の規模及び震央位置は、1922年以前の地震については宇佐美ほか(2013)を、1923年以降の地震については気象庁(2017)を用いている。

5.2.2 敷地周辺の地震活動

気象庁で観測された1923年から2015年までの敷地から約200km以内の範囲に発生したマグニチュード（以下「M」という。）4.0以上の地震の震央分布を深度別に第5.2.2図(1)から第5.2.2図(4)に示す。また、敷地付近を横切る幅50kmの範囲に分布する震源の鉛直分布を第5.2.3図(1)から第5.2.3図(4)に示す。

さらに、気象庁で観測された1998年から2015年までの敷地から約100km以内の範囲に発生したM4.0以下の地震の震央分布を深度別に第5.2.4図(1)から第5.2.4図(4)に示す。また、敷地付近を横切る幅50kmの範囲に分布する震源の鉛直分布を第5.2.5図(1)から第5.2.5図(4)に示す。

5.3 活断層の分布状況

敷地周辺で実施した地質調査の結果は「3. 地盤」に記載されている。

「3. 地盤」の検討結果に基づき、敷地周辺の活断層等の分布を第5.3.1図に示す。

5.4 地震の分類

第5.4.1表に示す気象庁(2009)⁽³⁾による震度階級関連解説表によれば、地震によって建物等に被害が発生する目安となるのは震度5弱(1996年以前は震度V)程度以上であることから、「5.2 敷地周辺の地震発生状況」による地震の規模、位置等に関する最新の知見をもとに、敷地に大きな影響を与える地震として、震度5弱(震度V)程度以上のものを地震発生様式別に選定する。

宇佐美ほか(2013)に記載されている震度分布図及び気象庁が公表している震度分布図によれば、第5.2.1図の地震のうち、敷地周辺で震度5弱(震度V)程度以上であったと推定される地震は、1703年元禄地震、1895年震ヶ浦付近の地震、1923年関東大地震、1930年那珂川下流域の地震、1938年塩屋崎沖の地震、1938年鹿島灘の地震、1938年福島県東方沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震の本震及び同日15時15分に発生した2011年東北地方太平洋沖地震の余震である。

また、第5.2.1図の地震のうち、敷地及びその周辺での震度等が明らかでない地震については、第5.4.1図に示すように、村松(1969)⁽⁴⁾及び勝又・徳永(1971)⁽⁵⁾による地震の規模及び震央距離と震度との関係から敷地での震度を推定した。これによれば、敷地周辺で震度5弱(震度V)程度以上であったと推定される地震は、818年関東諸国の地震、1677年磐城・常陸・あわ・かずさ・しもづの地震、1896年鹿島灘の地震及び1921年茨城県龍ヶ崎付近の地震である。

5.4.1 内陸地殻内地震

第5.2.1図に示す過去の被害地震のうち、敷地周辺で震度5弱(震度V)程度以上であったと推定される内陸地殻内地震は、818年関東諸国の地震である。

次に、「5.3 活断層の分布状況」の活断層等について、想定される地震の規模及び震央距離と震度との関係から敷地での震度を推定した結果を第5.4.2図に示す。ここで、活断層等から想定される地震の規模は、松田(1975)⁽⁶⁾により算定する。第5.4.2図に示すように、関谷断層による地震、深谷断層帯・綾瀬川断層による地震、関口-米平リニアメントによる地震、堅破山南西付近リニアメント(以下「堅破山リニアメント」という。)による地震、日立市宮田町付近リニアメント(以下「宮田町リニアメント」という。)による地震、吾国山断層による地震、F8断層による地震、F11断層による地震、F16断層による地震、A-1背斜による地震、棚倉破砕帯西縁断層(の一部)と棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層の同時活動(以下「棚倉破砕帯西縁断層～同東縁付近の推定活断層」という。)による地震、F1断層、北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の同時活動(以下「F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層」という。)による地震及びF3断層とF4断層の同時活動(以下「F3断層～F4断層」という。)による地震が、敷地周辺で震度5弱(震度V)程度以上になると推定される。

なお、断層長さの短い、関口-米平リニアメントによる地震、堅破山リニアメントによる地震、宮田町リニアメントによる地震、吾国山断層による地震及びF11断層による地震の地震動評価にお

いては、それぞれの地震の規模をM6.8として評価する。

5.4.2 プレート間地震

第5.2.1図に示す過去の被害地震のうち、敷地周辺で震度5弱（震度V）程度以上であったと推定されるプレート間地震は、1677年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震、1703年元禄地震、1896年鹿島灘の地震、1923年関東大地震、1930年那珂川下流域の地震、1938年塩屋崎沖の地震、1938年鹿島灘の地震、1938年福島県東方沖地震、2011年東北地方太平洋沖地震の本震及び2011年東北地方太平洋沖地震の余震である。これらのうち、1703年元禄地震及び1923年関東大地震はフィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生したプレート間地震（以下「フィリピン海プレート間地震」という。）であり、それ以外の地震は太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生したプレート間地震（以下「太平洋プレート間地震」という。）である。

また、中央防災会議（2013）⁽⁷⁾では、フィリピン海プレート間地震として茨城県南部を震源とするM7.3の地震を想定している。さらに、地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「地震調査研究推進本部」という。）（2012a）⁽⁸⁾では、太平洋プレート間地震として茨城県沖を震源とするM6.9～M7.6の地震を想定している。地震調査研究推進本部（2019）⁽⁹⁾では、太平洋プレート間地震として茨城県沖を震源とするM7.0～M7.5程度の地震を想定している。

5.4.3 海洋プレート内地震

第5.2.1図に示す過去の被害地震のうち、敷地周辺で震度5弱（震度V）程度以上であったと推定される海洋プレート内地震は、1895年霞ヶ浦付近の地震及び1921年茨城県龍ヶ崎付近の地震である。首都直下地震防災・減災特別プロジェクト（2012）⁽¹⁰⁾では、1895年霞ヶ浦付近の地震は太平洋プレート内で発生した地震であること、1921年茨城県龍ヶ崎付近の地震はフィリピン海プレート内で発生した地震であることが指摘されている。

また、中央防災会議（2004）⁽¹¹⁾では、茨城県南部のフィリピン海プレート内を震源とするM7.3の地震が想定されている。さらに、中央防災会議（2013）に基づけば、茨城県南部においてM7.3の地震を想定できる。また、地震調査研究推進本部（2009a）⁽¹²⁾では、「震源断層を予め特定しにくい地震」として、北関東から東北地方の陸域にかけての太平洋プレート内を震源とするM7.1の地震（以下「震源断層を予め特定しにくい地震（陸域）」という。）及び茨城県沖の太平洋プレート内を震源とするM7.3の地震（以下「震源断層を予め特定しにくい地震（海域）」という。）が想定されている。地震調査研究推進本部（2019）では、沈み込んだプレート内地震として青森県東方沖及び岩手県沖北部～茨城県沖でM7.0～M7.5程度の海洋プレート内地震が想定されているが、茨城県沖では過去にM7.0を超える沈み込んだプレート内地震は発生していない。さらに、地震調査研究推進本部（2009a）では、茨城県沖の海溝寄りの太平洋プレート内を震源とするM8.2の地震（以下「海溝寄りのプレート内地震」という。）が想定されている。

5.4.4 その他の地震

敷地周辺において、上記3種類の地震のいずれにも分類されない特徴的な地震は発生していない。

5.5 敷地及び敷地近傍の地盤振動特性

5.5.1 解放基盤表面の設定

「3. 地盤」によると、新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層及び新第三系中新統の多賀層群は敷地及び敷地近傍ではほぼ水平で相当な広がりを持って分布しており、敷地内において久米層はG. L. 約-90m以深からG. L. 約-170mまで、多賀層群はG. L. 約-170m以深からボーリング調査下端のG. L. 約-230mまで分布している。また、PS検層によるとG. L. -172.5m以深でS波速度が概ね0.7km/s以上となり、著しい風化も見られない。以上を踏まえ、G. L. -172.5mの位置に解放基盤表面を設定する。なお、地震動評価のうち応答スペクトルに基づく手法における解放基盤表面での地盤の弾性波速度値を、P波速度については2.17km/s、S波速度については1.01km/sと設定する。

5.5.2 地震観測

敷地地盤における地震観測は、第5.5.1図に示す位置で実施している。観測された主な地震の諸元を第5.5.1表に、震央分布を第5.5.2図に示す。これらの地震について、地中最深部（G. L. -250m）で得られた観測記録の応答スペクトルを第5.5.3図に、各深度で得られた観測記録の応答スペクトルを第5.5.4図(1)から第5.5.4図(3)に示す。これらの図によると、岩盤内での著しい増幅は認められない。

5.5.3 敷地周辺の地盤構造

第5.5.5図に示す地質調査総合センター編（2013）⁽¹³⁾による重力異常分布によると、敷地の北側には重力の高まりが見られるが、敷地においてはほぼ平坦な構造となっている。これらの不整形地盤等が、敷地の地震動に与える影響について、単点微動観測記録及び地震観測記録の分析並びに地盤モデルを用いた解析により検討した。

単点微動観測記録の分析では、第5.5.6図に示す位置で実施した微振動観測で得られた記録からH/Vスペクトルを評価した結果、いずれの観測点においてもおおむね同様の傾向を示すことから、敷地地盤には特異な速度構造等がないことを確認した。

地震観測記録の分析では、第5.5.7図(1)及び第5.5.7図(2)に震央位置を示す地震波の到来方向ごとの応答スペクトル比を比較した結果、第5.5.8図(1)及び第5.5.8図(2)に示すように到来方向によって大きな違いは見られず、ばらつきも小さいことを確認した。

また、敷地及び敷地周辺で実施した屈折法地震探査及び微動アレイ探査結果等に基づき作成した第5.5.9図に示す二次元地盤モデルと、敷地直下の地盤構造に基づく成層地盤モデルを用いて、敷地の解放基盤表面における地震動について検討した結果、第5.5.10図(1)及び第5.5.10図(2)に示すように両地盤モデルの地震波はおおむね対応するものの、一部、入射角が大きい長周期成分の地震波において乖離が見られる。この乖離は不整形地盤に起因すると考えられるが、前述した地震波の到来方向ごとの応答スペクトル比においては到来方向の違いによって長周期成分が特異に増幅する様子は見られず、また、長い固有周期を有する耐震重要施設はないことから、敷地における地震動評価において大きな問題はないと判断した。

これらの結果より、敷地地盤は水平な成層構造と見なすことができることを確認した。

5.5.4 地盤構造モデル

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

浅部の地盤構造モデルは、地震観測記録から表層地盤の影響を取り除くはざと解析に用いることとし、敷地内で実施したP S 検層等の地質構造調査結果を踏まえ、敷地に設置した地中地震計から得られた地震観測記録を用いて最適化したものを採用する。

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

浅部の地盤構造モデルを第5.5.2表に、深部の地盤構造モデルを第5.5.3表に示す。

5.6 基準地震動 Ss

基準地震動 Ss 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、敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動としてそれぞれ策定する。

5.6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

5.6.1.1 検討用地震の選定

「5.4 地震の分類」を踏まえ、地震発生様式ごとに敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震をNoda et al. (2002) ⁽¹⁴⁾ の方法により検討用地震として選定する。Noda et al. (2002) の方法による応答スペクトルの算定に当たっては、震源位置や地震の発生様式ごとに分類した地震観測記録を用いた補正係数を必要に応じて用いる。

(1) 地震観測記録を用いた補正係数

敷地で観測した地震のうち、M5.5以上、震源深さ60km以浅かつ等価震源距離200km以内の観測記録について、表層地盤の影響を取り除いた解放基盤表面における地震波（以下「解放基盤波」という。）を評価し、Noda et al. (2002) の方法による応答スペクトルとの比（以下「残差」という。）を算出する。そして、地震発生様式や震源領域に応じた残差の平均的な特性を検討し、必要に応じて補正係数として用いる。

内陸地殻内地震のうち、福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震の残差には全周期帯で大きくなる傾向が見られるため、この領域で発生する地震について、全周期帯で2.5倍の補正係数を考慮する。

プレート間地震のうち、敷地から40km程度東方沖合の鹿島灘付近で発生した太平洋プレート間地震の残差には全周期帯で大きくなる傾向が見られるため、この領域で発生する地震について、短周期帯で2.5倍及び長周期帯で1.5倍の補正係数を考慮する。また、鹿島灘付近で発生した地震を除く太平洋プレート間地震の残差には全周期帯で大きくなる傾向が見られるため、この領域で発生する地震について、全周期帯で1.2倍の補正係数を考慮する。

海洋プレート内地震のうち、陸域寄りで発生した海洋プレート内地震の残差には全周期帯で大きくなる傾向が見られるため、この領域で発生する地震について、短周期帯で2.5倍及び長周期帯で1.5倍の補正係数を考慮する。

設定した補正係数を第5.6.1図(1)から第5.6.1図(4)に示す。

(2) 内陸地殻内地震

a. 地震発生層の設定

a) 福島県と茨城県の県境付近以外の断層に対する地震発生層の設定

「気象庁地震カタログ」をもとに「震源として考慮する活断層の分布」とおおむね対応する福島県南部から茨城県南部までの領域における地震発生状況について、地震の震源鉛直分布から求められるD10及びD90（その値より震源深さが浅い地震数がそれぞれ全体の10%、90%となる震源深さ）を検討した結果、それぞれ5.2km、12.3kmとなった。

しかしながら、上記の検討は、2011年東北地方太平洋沖地震以降、福島県と茨城県の県境付近で地震活動が活発化した影響を受けていると考えられる。その影響を受けていない原子力安全基盤機構（2004）⁽¹⁵⁾によるD10及びD90は、敷地周辺の「福島・茨城」ではそれぞれ6.1km、18.1kmとしている。

また、地震発生層と速度構造の関係については、廣瀬・伊藤（2006）⁽¹⁶⁾によると、浅い地殻内で発生する微小地震はP波速度5.8km/s～6.4km/sの層に集中しているとされており、三浦ほか（2000）⁽¹⁷⁾による日本海溝・福島沖前弧域における海底地震計及びエアガンを用いた深部構造探査結果からすると、福島県の海岸線においてP波速度5.5km/s、6.0km/s及び6.5km/sとなる深さは、それぞれ約6km、約9km及び約15kmとなっている。

以上を踏まえ、福島県と茨城県の県境付近以外の断層の地震発生層については、福島県南部から茨城県南部における地震発生状況や原子力安全基盤機構（2004）等を参考に、上端深さを5km、下端深さを18kmに設定する。

b) 福島県と茨城県の県境付近の断層に対する地震発生層の設定

2011年東北地方太平洋沖地震後に地震活動が活発になった地域に着目し、地震発生層を設定する。

青柳・上田（2012）⁽¹⁸⁾では、阿武隈南部を対象に2011年東北地方太平洋沖地震後の臨時稠密余震観測により震源再決定が行われている。それらのデータを用いたD10及びD90がそれぞれ深さ3.0km、7.9kmであることから、上端深さは3kmに設定する。また、2011年福島県浜通りの地震の震源インバージョン解析モデル⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾や震源域周辺の微小地震分布⁽²²⁾から、下端深さは13km～16km程度と推定されるが、保守的に18kmと設定する。

b. 検討用地震の選定

「5.4.1 内陸地殻内地震」で選定した地震について、Noda et al.（2002）の方法により応答スペクトルを求める。なお、活断層等については、「5.6.1.1 検討用地震の選定 (2)a. 地震発生層の設定」で設定した地震発生層の上端深さと下端深さより一様断層モデルを設定し、

等価震源距離 (X_{eq}) を算出する。

ここで、福島県と茨城県の県境付近に位置する関口-米平リニアメントによる地震、堅破山リニアメントによる地震、宮田町リニアメントによる地震、F11断層による地震、棚倉破碎帯西縁断層～同東縁付近の推定活断層による地震及びF1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震については、「5.6.1.1 検討用地震の選定 (1) 地震観測記録を用いた補正係数」に基づき、福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震による補正係数を考慮する。その他の断層による地震については、補正係数の設定に必要な断層近傍の地震が敷地で観測されていないことから、補正係数を考慮しない。

応答スペクトルの算定に用いた諸元を第5.6.1表に、算定結果の比較を第5.6.2図に示す。

第5.6.2図より、敷地への影響が大きいF1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震及びF3断層～F4断層による地震を検討用地震として選定する。

(3) プレート間地震

「5.4.2 プレート間地震」で選定した地震のうち、2011年東北地方太平洋沖地震の本震及び2011年東北地方太平洋沖地震の余震 (2011年3月11日15時15分 M7.6) については、敷地での地震観測記録より求めた解放基盤波より応答スペクトルを求め、その他の地震についてはNoda et al. (2002) の方法により応答スペクトルを求める。

ここで、鹿島灘を震源とする1896年鹿島灘の地震、1938年鹿島灘の地震及び地震調査研究推進本部 (2012a) による茨城県沖の地震については、「5.6.1.1 検討用地震の選定 (1) 地震観測記録を用いた補正係数」に基づき、鹿島灘付近で発生した太平洋プレート間地震による補正係数を考慮する。一方、1677年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震、1930年那珂川下流域の地震、1938年塩屋崎沖の地震及び1938年福島県東方沖地震については、鹿島灘付近で発生した地震を除く太平洋プレート間地震による補正係数を考慮する。その他の断層による地震については、補正係数の設定に必要な断層近傍の地震が敷地で観測されていないことから、補正係数を考慮しない。

応答スペクトルの算定に用いた諸元を第5.6.2表に、算定結果の比較を第5.6.3図に示す。

第5.6.3図より、敷地への影響が大きい2011年東北地方太平洋沖地震の本震を検討用地震として選定する。なお、以降の地震動の評価に当たっては、2011年東北地方太平洋沖型地震として扱う。

(4) 海洋プレート内地震

「5.4.3 海洋プレート内地震」で選定した地震について、Noda et al. (2002) の方法により応答スペクトルを求める。

ここで、地震調査研究推進本部 (2009a) による海溝寄りのプレート内地震以外の地震については、「5.6.1.1 検討用地震の選定 (1) 地震観測記録を用いた補正係数」に基づき、陸域寄りで発生した海洋プレート内地震による補正係数を考慮する。一方、地震調査研究推進本部 (2009a) による海溝寄りのプレート内地震については、補正係数の設定に必要な断層近傍の地震が敷地で観測されていないことから、補正係数を考慮しない。

応答スペクトルの算定に用いた諸元を第5.6.3表に、算定結果の比較を第5.6.4図に示す。

第5.6.4図より、敷地への影響が大きい地震は中央防災会議 (2004) の茨城県南部の地震及

び中央防災会議（2013）に基づく茨城県南部の地震である。これを踏まえ、茨城県南部の地震を検討用地震として選定し、中央防災会議（2004）、（2013）の知見を踏まえて地震動評価を行う。

5.6.1.2 検討用地震の地震動評価

(1) 内陸地殻内地震

a. F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震

a) 基本震源モデルの設定

F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の基本震源モデルは、原則として地震調査研究推進本部（2017）⁽²³⁾による震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（以下「強震動予測レシピ」という。）及び地質調査結果に基づき設定する。

F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層面については、地質調査結果を参考に北部と南部に区分する。北部については北方陸域の断層及び塩ノ平地震断層の区間とし、南部についてはF1断層にリニアメントが判読されない区間を含めることで、敷地に近い南部区間の断層面積を保守的に大きく設定する。

地震のタイプについては、2011年福島県浜通りの地震が正断層であること、F1断層における音波探査結果から正断層センスのずれが認められること、さらに青柳・上田（2012）において福島県から茨城県にかけての領域は正断層応力場とされていることを踏まえ、正断層とする。

断層上端及び下端深さについては、「5.6.1.1 検討用地震の選定 (2)a. 地震発生層の設定」に示す福島県と茨城県の県境付近の断層に対する地震発生層に基づき、断層全長にわたり断層上端深さについては3km、断層下端深さについては18kmとする。

断層傾斜角については、F1断層の海上音波探査結果では西傾斜の高角な断層であることや、2011年福島県浜通りの地震の震源インバージョン解析モデルで設定されている断層傾斜角を参考に、全長にわたり西傾斜60度とする。

アスペリティ位置については、北部区間と南部区間に一つずつ設定し、それぞれの区間において敷地に近い位置の断層上端に配置する。具体的には、断層長さ方向の配置については、Manighetti et al. (2005)⁽²⁴⁾の知見等を踏まえるとアスペリティのような大きなすべりが生じる領域とすべりが生じない領域が隣接することは考えにくいことから、断層端部との間に断層モデル上最小の幅を有する背景領域を設定する。また、断層幅方向の配置については、すべりに追従する表層領域（地表から断層上端まで）は強震動を生成しにくいと考えられることから、その境界位置となる断層上端にアスペリティを配置する。

破壊開始点については、アスペリティ下端及び断層下端のうち、敷地への影響の大きい位置に複数設定する。

断層パラメータの設定フローを第5.6.5図に、設定した基本震源モデルの断層パラメータを第5.6.4表に、断層モデルを第5.6.6図に示す。

b) 不確かさを考慮するパラメータの選定

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

短周期レベルについては、佐藤・堤 (2012) ⁽²⁵⁾ により正断層の地震である2011年福島県浜通りの地震の短周期レベルが、壇ほか (2001) ⁽²⁶⁾ の関係式とほぼ同等であることを確認した上で、2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、強震動予測レシピによる値の1.5倍を考慮する。

断層傾斜角については、震源モデルの北部において2011年福島県浜通りの地震の震源再決定による余震分布形状が明瞭なトレンドを示していないため、不確かさとして震源モデル全長にわたり45度を考慮する。

アスペリティ位置については、震源モデルの北部及び南部のアスペリティを敷地により近くなるように断層端部に設定するケースを考慮する。

破壊開始点については、基本震源モデルと同様の位置に設定する。

地震動評価において考慮する各検討ケースを第5.6.5表に、設定した各検討ケースの断層パラメータを第5.6.6表(1)から第5.6.6表(3)に、断層モデルを第5.6.7図(1)から第5.6.7図(3)に示す。

c) 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

応答スペクトルに基づく手法による地震動評価は、Noda et al. (2002) に基づき行うものとし、「5.6.1.1 検討用地震の選定 (1) 地震観測記録を用いた補正係数」に基づき、福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震による補正係数を考慮し、Noda et al. (2002) による内陸地殻内地震に対する補正については考慮しない。

第5.6.5表に示す検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.8図(1)及び第5.6.8図(2)に示す。

d) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価は、経験的グリーン関数法により行う。

要素地震の諸元を第5.6.7表に、震央位置を第5.6.9図に示す。この要素地震は、想定する地震の震源域で発生した同じ発生様式の地震であり、震源特性、伝播経路特性及び敷地

地盤の振動特性を反映したものと考えられる。

第5.6.5表に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.10図(1)から第5.6.10図(12)に示す。

b. F3断層～F4断層による地震

a) 基本震源モデルの設定

F3断層～F4断層による地震の基本震源モデルは、原則として強震動予測レシピ及び地質調査結果に基づき設定する。

F3断層～F4断層による地震の断層面については、敷地により近いF3断層の地表面トレース形状を踏まえて設定する。この際、入倉・三宅(2001)⁽²⁷⁾による内陸地殻内地震のスクーリング則の適用範囲を参考に、地震モーメント M_0 が 7.5×10^{19} Nmとなるように保守的に地震の規模を嵩上げし、この地震の規模に相当する断層面積となるように設定する。

地震のタイプについては、地質調査結果による海上音波探査からは正断層センスのずれが認められる一方、敷地周辺は従前、圧縮応力場であり、また、第5.2.4図(1)に示す2011年東北地方太平洋沖地震の本震前後における地震発生状況について、断層近傍では変化がないことを踏まえ、逆断層とする。

断層上端及び下端深さについては、「5.6.1.1 検討用地震の選定(2)a. 地震発生層の設定」に示す福島県と茨城県の県境付近以外の断層に対する地震発生層に基づき、断層全長にわたり断層上端深さについては5km、断層下端深さについては18kmとする。

断層傾斜角については、F3断層及びF4断層の海上音波探査結果では西傾斜の高角な断層であることを踏まえ、全長にわたり西傾斜60度とする。

アスペリティ位置については、地質調査結果よりF4断層部に比べてF3断層部の方が評価区間が長く、その変位量が大きいことが確認されるため、F3断層部に設定することとし、その中で敷地に近い位置に設定する。

破壊開始点については、アスペリティ下端及び断層下端のうち、敷地への影響の大きい位置に複数設定する。

断層パラメータの設定フローを第5.6.11図に、設定した基本震源モデルの断層パラメータを第5.6.8表に、断層モデルを第5.6.12図に示す。

b) 不確かさを考慮するパラメータの選定

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

短周期レベルについて、2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、強震動予測レシピに

よる値の1.5倍を考慮する。

断層傾斜角については、海上音波探査結果はその範囲が浅部にとどまることや、強震動予測レシピにおける断層傾斜角の設定の流れを踏まえ、不確かさとして震源モデル全長にわたり45度を考慮する。

アスペリティ位置については、震源として考慮する活断層としてF4断層部が認められるため、F4断層部にアスペリティが配置されるように移動させることを不確かさとして考慮する。

破壊開始点については、敷地に対して震源が近く、破壊開始点の違いによる敷地の地震動への影響が大きいことから、各検討ケースに応じて敷地への影響の大きい位置に複数設定する。

地震動評価において考慮する各検討ケースを第5.6.9表に、設定した各検討ケースの断層パラメータを第5.6.10表(1)から第5.6.10表(3)に、断層モデルを第5.6.13図(1)から第5.6.13図(3)に示す。

c) 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

応答スペクトルに基づく手法による地震動評価は、Noda et al. (2002) に基づき行う。なお、補正係数の設定に必要な断層近傍の地震が敷地で観測されていないことから補正係数を1倍と設定し、Noda et al. (2002) による内陸地殻内地震に対する補正については考慮しない。また、敷地に対して震源が近いことから、日本電気協会 (2016)⁽²⁸⁾ を参考に震源近傍における破壊伝播効果 (NFRD効果) を考慮する。加えて、Noda et al. (2002) の適用範囲を踏まえ、第5.6.11表に示すNoda et al. (2002) 以外の距離減衰式も用いて評価する。

第5.6.9表に示す検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.14図(1)及び第5.6.14図(2)に示す。

d) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価は、統計的グリーン関数法により行う。

統計的グリーン関数法による地震動評価に当たっては、第5.5.3表に示す敷地の深部地盤構造モデルを用いる。

第5.6.9表に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.15図(1)から第5.6.15図(12)に示す。

(2) プレート間地震

a. 2011年東北地方太平洋沖型地震

a) 基本震源モデルの設定

2011年東北地方太平洋沖地震の本震については、諸井ほか（2013）⁽²⁹⁾により強震動予測レシピの適用性が確認されている。よって、2011年東北地方太平洋沖型地震の基本震源モデルは、強震動予測レシピに基づき設定する。

震源位置については、長谷川ほか（2013）⁽³⁰⁾に基づけば、陸のプレートと太平洋プレートの境界で発生する地震の破壊が、Uchida et al.（2010）⁽³¹⁾のフィリピン海プレートの北東端以南へ伝播する可能性は低いと考えられることから、三陸沖中部から茨城県沖にかけての長さ500kmの断層を設定する。

SMGA位置については、入倉（2012）⁽³²⁾によると過去のM8以下の地震の震源域に対応し、地震調査研究推進本部の領域区分に関連付けられるとされていることを踏まえ、地震調査研究推進本部の領域区分に対応するよう5個のSMGAを設定する。なお、茨城県沖のSMGA位置については、1896年鹿島灘の地震等、過去に規模が大きい地震が発生している領域であり、2011年東北地方太平洋沖地震の本震の敷地での観測記録を再現できる位置に設定する。

短周期レベルについては、茨城県沖では他の地域で発生した地震に比べて小さい傾向が見られるものの、諸井ほか（2013）で検討されている宮城県沖、福島県沖及び茨城県沖で発生した地震の平均的な短周期レベルとする。

破壊開始点については、破壊が敷地に向かう位置となる2011年東北地方太平洋沖地震の本震の破壊開始点とする。なお、破壊開始点の設定に当たり、茨城県沖のSMGA位置等に複数設定して、当該破壊開始点の影響が大きいことを確認した。

断層パラメータの設定フローを第5.6.16図に、設定した基本震源モデルの断層パラメータを第5.6.12表に、断層モデルを第5.6.17図に示す。

b) 不確かさを考慮するパラメータの選定

地震動評価における不確かさとして、SMGA位置及び短周期レベルについて考慮する。

茨城県沖のSMGA位置については、入倉（2012）では過去のM8以下の地震の震源域に対応するとされており、位置はある程度特定できると考えられるものの、茨城県沖では宮城県沖等に比べ近年における規模が大きい地震の発生が少なく、SMGA位置を確定的に設定することが難しいことから、SMGA位置を敷地に最も近づけたケースを不確かさとして考慮する。

短周期レベルの不確かさについては、基本震源モデルにおいて茨城県沖で発生する地震に対しては保守的な設定になっているものの、宮城県沖で発生する短周期レベルが大きい地震と同程度になるように考慮することとし、佐藤（2010）⁽³³⁾や片岡ほか（2006）⁽³⁴⁾等におけるプレート間地震の短周期レベルと地震モーメントの関係を参考に、不確かさとして基本震源モデルで設定した値の1.5倍を考慮する。

さらに、SMGA位置については、前述のとおり確定的に設定することが難しいことから、短周期レベルの不確かさとの重畳を考慮する。

地震動評価において考慮する各検討ケースを第5.6.13表に、設定した各検討ケースの断層パラメータを第5.6.14表(1)から第5.6.14表(3)に、断層モデルを第5.6.18図(1)から第5.6.18図(3)に示す。

c) 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

2011年東北地方太平洋沖地震の本震では、複数のSMGAが時間的、空間的に離れて連動したが、敷地での揺れは、特に短周期域においては敷地近傍のSMGAの影響が支配的であった。このような複雑な震源過程から生成される強震動を、短周期から長周期にわたり精度良く評価できる距離減衰式はないと考えられるため、応答スペクトルに基づく手法による地震動として、「5.6.1.1 検討用地震の選定(3)プレート間地震」に示す解放基盤波をもとに、それを包絡した応答スペクトルを用いる。

上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.19図(1)及び第5.6.19図(2)に示す。

d) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価は、経験的グリーン関数法により行う。

要素地震の諸元を第5.6.15表に、震央位置を第5.6.20図に示す。この要素地震は、想定する地震の震源域で発生した同じ発生様式の地震であり、震源特性、伝播経路特性及び敷地地盤の振動特性を反映したものであると考えられる。

第5.6.13表に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.21図(1)から第5.6.21図(12)に示す。また、基本震源モデルによる地震動評価結果と、2011年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波との比較を第5.6.22図(1)から第5.6.22図(3)に示す。

(3) 海洋プレート内地震

a. 茨城県南部の地震

a) 基本震源モデルの設定

茨城県南部の地震の基本震源モデルは、中央防災会議(2004)以降、フィリピン海プレートの形状の見直しや、過去の地震を再現する断層モデルのパラメータの推定等の知見が取り入れられている中央防災会議(2013)を最新の知見として重視し、また、茨城県南部から房総沖にかけてのフィリピン海プレートの地震発生メカニズムについて検討されている長谷川ほか(2013)等も参考として設定する。

地震規模については、中央防災会議(2013)では1855年安政江戸地震を海洋プレート内地震として想定した場合の過去の震度を再現できる震源モデルの地震規模Mw7.2(応力降下量52MPa)に保守性を考慮したMw7.3(応力降下量62MPa)が提案されている。基本震源モデルの地震規模としては、上記に基づきMw7.3と設定する。

断層面の位置については、中央防災会議(2013)による「フィリピン海プレート内地震を想定する領域」のうち、敷地に近い位置に配置する。

断層傾斜角やずれについては、長谷川ほか(2013)による知見を踏まえ、傾斜角90度の右横ずれ断層として設定する。

アスペリティ位置については、海洋性マントル内ではどこでも想定される可能性があるため、敷地に近くなるように海洋性マントルの最上部に設定する。

破壊開始点については、アスペリティ下端に複数設定する。

断層パラメータの設定フローを第5.6.23図に、設定した基本震源モデルの断層パラメータを第5.6.16表に、断層モデルを第5.6.24図に示す。

b) 不確かさを考慮するパラメータの選定

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

断層傾斜角については、断層面から放出される地震波が密に重なるよう、断層傾斜角を敷地に向けたケースを考慮する。この際、基本震源モデルと同様に右横ずれを設定することに加え、縦ずれを想定した場合についても考慮する。

アスペリティ位置については、海洋性地殻内に想定される可能性は低いものの、敷地に近くなるように海洋性地殻内の上端に配置したケースを考慮する。

アスペリティの応力降下量については、笹谷ほか(2006)⁽³⁵⁾のスケールリング則に基づきパラメータ設定したケースを考慮する。

地震規模については、南海トラフで発生したフィリピン海プレート内地震である2004年紀伊半島南東沖地震の規模を参考にMw7.4を考慮する。

地震動評価において考慮する検討ケースを第5.6.17表に、設定した各検討ケースの断層パラメータを第5.6.18表(1)から第5.6.18表(4)に、断層モデルを第5.6.25図(1)から第5.6.25図(4)に示す。

c) 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

応答スペクトルに基づく手法による地震動評価は、Noda et al. (2002)に基づき行うものとし、「5.6.1.1 検討用地震の選定 (1) 地震観測記録を用いた補正係数」に基づき、陸域寄りで発生した海洋プレート内地震による補正係数を考慮する。

第5.6.17表に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.26図(1)及び第5.6.26図(2)に示す。

d) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価は、統計的グリーン関数法により行う。

統計的グリーン関数法による地震動評価に当たっては、第5.5.3表に示す敷地の深部地盤構造モデルを用いる。

第5.6.17表に示す各検討ケースを対象として、上記の手法に基づき算定した応答スペクトルを第5.6.27図(1)から第5.6.27図(15)に示す。

5.6.2 震源を特定せず策定する地震動

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得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考慮する。

5.6.2.1 評価方針

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

5.6.2.2 既往の知見

加藤ほか(2004)⁽³⁶⁾は、内陸地殻内地震を対象として、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を予め特定できない地震(以下「震源を事前に特定できない地震」という。)による震源近傍の硬質地盤上における強震記録を用いて、震源を事前に特定できない地震による水平成分の地震動の上限スペクトルを提案している。この加藤ほか(2004)による「震源を事前に特定できない地震」は、「震源を特定せず策定する地震動」と同等の考え方に基づく知見と考えられる。

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

加藤ほか(2004)に基づき設定した応答スペクトルを第5.6.28図(1)及び第5.6.28図(2)に示す。

5.6.2.3 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

震源と断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震に関する震源近傍の観測記録の収集においては、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていないMw6.5以上の地震、及び断層破壊領域が地震発生層内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模もわからない地震として、地震学的見地から全国共通で考慮すべきMw6.5未満の地震を対象とする。検討対象地震を第5.6.19表に示す。

(1) Mw6.5以上の地震

第5.6.19表に示す検討対象地震のうち、Mw6.5以上の地震である2008年岩手・宮城内陸地震及び2000年鳥取県西部地震は、事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部痕跡が確認された地震である。これらの地震の震源域と敷地近傍には、地質・地質構造、変動地形、火山フロント、地震地体構造及び応力場等について地域差があると考えられる。

2008年岩手・宮城内陸地震の震源域と敷地近傍の比較を第5.6.20表に示す。第5.6.20表に示すように、地質に類似性がやや認められるものの、震源域近傍は変動地形等の認識が難しい地域で、東西圧縮の逆断層型が卓越する応力場であるのに対し、敷地近傍は変動地形等が認識しやすい地域で、敷地周辺の茨城県北部では南西-北東引張の正断層型が卓越する応力場である。また、褶曲構造の有無やカルデラの分布、火山フロントとの位置関係及び地震地体構造の区分について、震源域と敷地近傍には地域差が認められる。以上のように、震源域と敷地近傍の特徴にはおおむね類似性がないことから、敷地近傍において2008年岩手・宮城内陸地震と同様の地震が発生する可能性は低いと考えられるため、観測記録の収集対象外とする。

また、2000年鳥取県西部地震の震源域と敷地近傍の比較を第5.6.21表に示す。第5.6.21表に示すように、震源域近傍は活断層の発達過程としては未成熟な段階であるとともに、花崗岩が分布する地域であり弾性波探査等の調査では断層の存否を確認することは難しく活構造の認識が困難な地域で、東西圧縮の横ずれ断層型が卓越する応力場であるのに対し、敷地近傍については前述のとおりである。また、火山フロントとの位置関係及び地震地体構造の区分につい

て、震源域と敷地近傍には地域差が認められる。以上のように、震源域と敷地近傍の特徴には類似性がないことから、敷地近傍において2000年鳥取県西部地震と同様の地震が発生する可能性は低いと考えられるため、観測記録の収集対象外とする。

(2) Mw6.5未満の地震

第5.6.19表に示した検討対象地震のうち、2008年岩手・宮城内陸地震及び2000年鳥取県西部地震を除いた14地震について、震源近傍の観測記録を収集し、その地震動レベルを整理した。その結果、加藤ほか(2004)による応答スペクトルとの比較から敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる記録として、2004年北海道留萌支庁南部地震、2011年茨城県北部地震、2013年栃木県北部地震、2011年和歌山県北部地震及び2011年長野県北部地震における防災科学技術研究所の強震観測網K-NET及びKiK-net観測点の記録を選定した。このうち、2004年北海道留萌支庁南部地震の記録については、佐藤ほか(2013)⁽³⁷⁾によりK-NET港町観測点において詳細な地盤調査及び基盤地震動の推定が行われ、信頼性の高い基盤地震動が得られていることから、これらを参考にK-NET港町観測点の地盤構造モデルの不確かさを考慮した基盤地震動を評価する。

5.6.2.4 震源を特定せず策定する地震動の設定

震源を特定せず策定する地震動として、「5.6.2.2 既往の知見」で示した加藤ほか(2004)に基づき設定した応答スペクトル、及び「5.6.2.3 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集(2)Mw6.5未満の地震」で評価した基盤地震動にK-NET港町観測点と敷地の解放基盤表面相当位置の地盤物性の相違(S波速度でK-NET港町観測点938m/sに対し、敷地は第5.5.3表に示す地盤構造モデル(深部)において1,010m/s)による影響等を考慮して評価した地震動の応答スペクトルを考慮する。

ここで、解放基盤表面相当位置の地盤物性の相違による影響等を考慮する際には、K-NET港町観測点と敷地の解放基盤表面の地盤物性値を比較し、おおむね同等の地盤であることから、K-NET港町観測点の地盤構造モデルの不確かさを考慮した基盤地震動に、保守性を考慮する。

以上を踏まえた、「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを第5.6.29図(1)及び第5.6.29図(2)に示す。

5.6.3 基準地震動Ssの策定

基準地震動Ssは、「5.6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「5.6.2 震源を特定せず策定する地震動」の評価に基づき、敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動として策定する。

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

(1) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ssは、「5.6.1.2 検討用地震動の地震動評価」における各検討用地震の応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果を全て包絡するように設定した基準地震動Ss-Dとする(水平成分をSs-D_H、鉛直成分をSs-D_Vとする)。

各検討用地震の応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果と基準地震動Ss-Dの設

計用応答スペクトルを比較したものを第5.6.30図(1)及び第5.6.30図(2)に示す。また、基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルのコントロールポイントの値を第5.6.22表に示す。

(2) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss

断層モデルを用いた手法による基準地震動Ssは、「5.6.1.2 検討用地震動の地震動評価」における各検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果と、前節で示した基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルを比較し、包絡関係を考慮して選定する。

各検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果と基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルを比較したものを第5.6.31図(1)から第5.6.31図(3)に示す。第5.6.31図(1)から第5.6.31図(3)より、包絡関係を考慮して選定した基準地震動Ss-1～基準地震動Ss-5の応答スペクトルを第5.6.32図(1)から第5.6.32図(3)に示す。

5.6.3.2 震源を特定せず策定する地震動に基づく基準地震動 Ss

震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ssは、「5.6.2.4 震源を特定せず策定する地震動の設定」における震源を特定せず策定する地震動の評価結果と、「5.6.3.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に基づく基準地震動Ss」に示す基準地震動Ssを比較し、包絡関係を考慮して選定する。

震源を特定せず策定する地震動の評価結果と基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルを比較したものを第5.6.33図(1)及び第5.6.33図(2)に示す。第5.6.33図(1)及び第5.6.33図(2)より、基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルが、全ての周期帯において震源を特定せず策定する地震動の評価結果を上回ることを確認した。

5.6.3.3 基準地震動 Ss の応答スペクトル

「5.6.3.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に基づく基準地震動Ss」及び「5.6.3.2 震源を特定せず策定する地震動に基づく基準地震動Ss」を踏まえて策定した基準地震動Ssの応答スペクトルを第5.6.34図(1)から第5.6.34図(3)に示す。

5.6.3.4 基準地震動 Ss の時刻歴波形

基準地震動Ssの時刻歴波形は、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波と、断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss-1～基準地震動Ss-5の地震波とする。

基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルに適合する模擬地震波は、乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成するものとし、振幅包絡線の経時的变化については、Noda et al. (2002) の方法に基づき、第5.6.23表に示す形状とする。

基準地震動Ss-Dの模擬地震波の作成結果を第5.6.24表に、基準地震動Ss-Dの設計用応答スペクトルに対する模擬地震波の応答スペクトルの比を第5.6.35図に示す。

以上より、策定した基準地震動Ss-Dの時刻歴波形を第5.6.36図に、断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss-1～基準地震動Ss-5の時刻歴波形を第5.6.37図(1)から第5.6.37図(5)に示す。また、基準地震動Ssの最大加速度値を第5.6.25表に示す。

5.7 基準地震動 Ss の超過確率の参照

日本原子力学会 (2015) ⁽³⁸⁾ を参考に、敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルを評価する。

震源モデルについては、特定震源モデル及び領域震源モデルを設定し、それぞれ調査結果等に基づき設定した震源モデル (以下「調査モデル」という。) 及び地震調査研究推進本部 (2012b) ⁽³⁹⁾ の知見を参考に設定した震源モデル (以下「推本参考モデル」という。) を考慮する。また、地震動伝播モデルについては、2011 年東北地方太平洋沖型地震については断層モデルを用いた手法による地震動評価を、それ以外の震源については Noda et al. (2002) の方法を用いた地震動評価を行う。作成したロジックツリーを第 5.7.1 図に、これらの設定に基づき評価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 Ss との比較を第 5.7.2 図(1)及び第 5.7.2 図(2)に示す。

第 5.7.2 図(1)及び第 5.7.2 図(2)によると、基準地震動 Ss-D の年超過確率は 10^{-4} ~ 10^{-6} 程度である。また、基準地震動 Ss-1~基準地震動 Ss-5 の年超過確率は基準地震動 Ss-D を超過する周期帯で 10^{-5} ~ 10^{-6} 程度である。

5.8 参考文献

- (1) 宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子. 日本被害地震総覧 599-2012. 東京大学出版会. 2013, 724p.
- (2) 気象庁. 地震月報(カタログ編). 2017-05-31 時点. ほか
- (3) 気象庁, 消防庁. 震度に関する検討会報告書. 震度に関する検討会, 2009-03-23.
- (4) 村松郁栄. 震度分布と地震のマグニチュードとの関係. 岐阜大学教育学部研究報告. 自然科学. vol. 4, no. 3, 1969, pp. 168-176.
- (5) 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. 験震時報. vol. 36, no. 3, 4, 1971, pp. 89-96.
- (6) 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. 地震第 2 輯. vol. 28, 1975, pp. 269-283.
- (7) 中央防災会議. 首都直下地震モデル検討会「首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書」. 2013-12.
- (8) 地震調査研究推進本部. 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. 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 2012-2-9 変更.
- (9) 地震調査研究推進本部. 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地震調査委員会. 2019, 2019-2-26.
- (10) 東京大学地震研究所・防災科学技術研究所・京都大学防災研究所. 文部科学省委託研究 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 総括成果報告書. 2012-3.
- (11) 中央防災会議. 中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会」(第 12 回)地震ワーキンググループ報告書. 2004-11-17.
- (12) 地震調査研究推進本部. 全国地震動予測地図. 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 2009-07-21.
- (13) 地質調査総合センター編. 日本重力データベース DVD 版. 産業技術総合研究所地質調査総合セン

- ター. 2013.
- (14) Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsuya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide Watanabe. RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES. OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Istanbul, 16-18 October, 2002.
 - (15) 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(JNES/SAE04-017). 2004-8.
 - (16) 廣瀬一聖, 伊藤潔. 広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定. 京都大学防災研究所年報. No. 49B, 2006, pp.307-321.
 - (17) 三浦誠一, 小平秀一, 仲西理子, 鶴哲郎, 高橋成実, 金田義行. エアガンー海底地震計データによる日本海溝・福島沖前弧域の地震波速度構造. JAMSTEC 深海研究. no. 16, 2000, pp. 87-100.
 - (18) 青柳恭平, 上田圭一. 2011 年東北地方太平洋沖地震による阿武隈南部の正断層型誘発地震の特徴ー臨時余震観測に基づく震源分布と速度構造ー. 電力中央研究所報告 N11048. 2012.
 - (19) 芝良昭, 野口科子. 広帯域地震動を規定する震源パラメータの統計的特性ー震源インバージョン解析に基づく検討ー. 電力中央研究所報告 N11054. 2012.
 - (20) 引間和人. 2011 年 4 月 11 日福島県浜通りの地震(Mj7.0)の震源過程ー強震波形と再決定震源による 2 枚の断層面の推定ー. 地震第 2 輯. vol.64, 2012, pp. 243-256.
 - (21) Miho Tanaka, Kimiyuki Asano, Tomotaka Iwata, Hisahiko Kubo. Source rupture process of the 2011 Fukushima-ken Hamadori earthquake: how did the two subparallel faults rupture?, Earth, Planets and Space 2014, 66:101, 2014.
 - (22) Aitaro Kato, Toshihiro Igarashi, Kazushige Obara, Shinichi Sakai, Tetsuya Takeda, Atsushi Saiga, Takashi Iidaka, Takaya Iwasaki, Naoshi Hirata, Kazuhiko Goto, Hiroki Miyamachi, Takeshi Matsushima, Atsuki Kubo, Hiroshi Katao, Yoshiko Yamanaka, Toshiko Terakawa, Haruhisa Nakamichi, Takashi Okuda, Shinichiro Horikawa, Noriko Tsumura, Norihito Umino, Tomomi Okada, Masahiro Kosuga, Hiroaki Takahashi, Takuji Yamada. Imaging the source regions of normal faulting sequences induced by the 2011 M9.0 Tohoku-Oki earthquake, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol.40, 1-6. 2013.
 - (23) 地震調査研究推進本部. 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」). 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 2017.
 - (24) Isabelle Manighetti, Charles Sammis, Geoffrey Charles Plume King, Michel Campillo. Evidence for self-similar, triangular slip distributions on earthquakes: Implications for earthquake and fault mechanics, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol.110, B05302. 2005.
 - (25) 佐藤智美, 堤英明. 2011 年福島県浜通り付近の正断層の地震の短周期レベルと伝播経路・地盤増幅特性. 日本地震工学会論文集. vol.12, no.7, 2012.
 - (26) 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動予測のための震源断層のモデル化. 日本建築学会構造系論文集. vol.66, no.545, 2001, pp. 51-62.
 - (27) 入倉孝次郎, 三宅弘恵. シナリオ地震の強震動予測. 地学雑誌. vol.110(6), 2001, pp. 849-875.

- (28) 日本電気協会. 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2015. 原子力規格委員会. 2016, 285p.
- (29) 諸井孝文, 広谷浄, 石川和也, 水谷浩之, 引間和人, 川里健, 生玉真也, 釜田正毅. 標準的な強震動レシピアに基づく東北地方太平洋沖巨大地震の強震動の再現. 日本地震工学会第10回年次大会梗概集. 2013, pp. 381-382.
- (30) 長谷川昭, 中島淳一, 内田直希, 海野徳仁. 東京直下に沈み込む2枚のプレートと首都圏下の特異な地震活動. 地学雑誌. vol.122, no.3, 2013, pp. 398-417.
- (31) Naoki Uchida, Toru Matsuzawa, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa. Subduction of a wedge-shaped Philippine Sea plate beneath Kanto, central Japan, estimated from converted waves and small repeating earthquakes. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH. vol.115, 2010, B07309.
- (32) 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. 第40回地盤震動シンポジウム. 2012.
- (33) 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ルング則. 日本建築学会構造系論文集. vol.75, no.651, 2010, pp.923-932.
- (34) 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. 土木工学会論文集A. vol.62, No.4, 2006, pp.740-757.
- (35) 笹谷努, 森川信之, 前田宜浩. スラブ内地震の震源特性. 北海道大学地球物理学研究報告. no.69, 2006-3, pp.123-134.
- (36) 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—. 日本地震工学会論文集. vol.4, no.4, 2004, pp.46-86.
- (37) 佐藤浩章, 芝良昭, 東貞成, 功刀卓, 前田宜浩, 藤原広行. 物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点(HKD020)の基盤地震動とサイト特性評価. 電力中央研究所報告. 2013.
- (38) 日本原子力学会. 原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準: 2015, 日本原子力学会標準, 2015.
- (39) 地震調査研究推進本部. 今後の地震動ハザード評価に関する検討〜2011年・2012年における検討結果〜. 地震調査研究推進本部地震調査委員会. 2012.
- (40) Ludwig, W. J., Nafe, J. E., Drake, C. L. Seismic Refraction in the Sea. Wiley-Interscience. vol.4, part.1, 1970, pp.53-84.
- (41) Kennett, B. L. N., Engdahl, E. R. Traveltimes for global earthquake location and phase identification. Geophysical Journal International. vol.105, 1991, pp.429-465.
- (42) 佐藤智美, 川瀬博, 佐藤俊明. 表層地盤の影響を取り除いた工学的基盤波の統計的スペクトル特性—仙台地域のボアホールで観測された多数の中小地震記録を用いた解析—. 日本建築学会構造系論文集. vol.59, No.462, 1994, pp.79-89.
- (43) Masayoshi Yoshimura, Seishi Fujii, Kenji Tanaka, Ken Morita. On the relationship between P and S-wave velocities in soft rock. SEG Expanded Abstracts 1, 1982, p.143.
- (44) Yoshihiro Fujii, Mitsuhiro Matsu'ura. Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication. Pure and Applied Geophysics. vol.157, 2000,

- pp. 2283-2302.
- (45) Robert J. Geller. Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes. *Bulletin of the Seismological Society of America*. vol.66, 1976, pp.1501-1523.
 - (46) Kanno T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara, Y. Fukushima. A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data. *Bulletin of the Seismological Society of America*. vol.96, no.3, 2006, pp.879-897.
 - (47) Zhao, J. X., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H. K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima. Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period. *Bulletin of the Seismological Society of America*. vol.96, no.3, 2006, pp.898-913.
 - (48) 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. *日本建築学会構造系論文集*. vo.71, no.606, 2006, pp.81-88.
 - (49) Norman A. Abrahamson, Walter J. Silva, Ronnie Kamai. Summary of the ASK14 Ground Motion Relation for Active Crustal Regions. *Earthquake Spectra*. vol.30, no.3, 2014, pp.1025-1055.
 - (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. *Earthquake Spectra*. vol.30, no.3, 2014, pp.1057-1085.
 - (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. *Earthquake Spectra*. vol.30, no.3, 2014, pp.1087-1115.
 - (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. *Earthquake Spectra*. vol.30, no.3, 2014, pp.1117-1153.
 - (53) I. M. Idriss. An NGA-West2 Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated by Shallow Crustal Earthquakes. *Earthquake Spectra*. vol.30, no.3, 2014, pp.1155-1177.
 - (54) 壇一男, 畑奈緒未, 武藤尊彦, 宮腰淳一, 神田順. シナリオ地震の生起確率を考慮した基準地震動策定に関する研究(その3)宮城県沖で発生するプレート境界大地震の断層破壊シナリオとそれに基づく強震動の計算. *日本建築学会大会(近畿)学術講演梗概集. B-1, 構造 I, 2005, pp.97-98.*
 - (55) 佐藤良輔編. *日本の地震断層パラメータハンドブック*. 鹿島出版会, 1989.
 - (56) Thomas C. Hanks, Hiroo Kanamori. A moment magnitude scale. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*. vol.84, B5, 1979, pp.2348-2350.
 - (57) 地震調査研究推進本部. 宮城県沖地震を想定した強震動評価手法について(中間報告)(説明文の訂正). 地震調査研究推進本部地震調査委員会.2002.
 - (58) 地震調査研究推進本部. 宮城県沖地震を想定した強震動評価(一部修正版)について(平成17年12月14日公表). 地震調査研究推進本部地震調査委員会.2005.
 - (59) 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. *土木学会地震工学論文集*. vol.27, no.75, 2003.

- (60) 田力正好, 池田安隆, 野原壯. 河成段丘の高度分布から推定された, 岩手・宮城内陸地震の震源断層. 地震第2輯. vol. 62, no. 1, 2009, pp. 1-11.
- (61) 防災科学技術研究所. ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 総括成果報告書. 2013-5.
- (62) 岡田篤正. 山陰地方の活断層の諸特徴. 活断層研究. vol. 22 (松田時彦先生古稀記念号), 2002, pp. 17-32.
- (63) 西村卓也. 山陰地方の GNSS データに認められるひずみ集中帯. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会. SSS31-06. 2014.
- (64) Paul Somerville, Kojiro Irikura, Robert Graves, Sumio Sawada, David Wald, Norman Abrahamson, Yoshinori Iwasaki, Takao Kagawa, Nancy Smith, Akira Kowada. Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion. Seismological Research Letters. vol. 70, 1999, pp. 59-80.
- (65) 岩田知孝, 浅野公之. 強震動予測のためのスラブ内地震の特性化震源モデルの構築. 北海道大学地球物理学研究報告. vol. 73, 2010, pp. 129-135.

第5.2.1表(1) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
818	—	—	36.0~37.0°	139.0~140.0°	—	≥7.5	98	関東諸国
841	—	—	35.1°	138.9°	—	≒7.0	197	伊豆
878	11	1	35.5°	139.3°	—	7.4	141	関東諸国
1257	10	9	35.2°	139.5°	—	7.0~7.5	151	関東南部
1360	—	—	35.2°	140.0°	—	—	128	上総
1433	11	6	34.9°	139.5°	—	≥7.0	178	相模
1433	11	6	37.7°	139.8°	—	6.7	173	会津
1611	9	27	37.6°	139.8°	—	≒6.9	163	会津
1615	6	26	35.7°	139.7°	—	6 1/4 ~6 3/4	99	江戸
1630	8	2	35 3/4°	139 3/4°	—	6 1/4	92	江戸
1633	3	1	35.2°	139.2°	—	7.0±1/4	170	相模・駿河・伊豆
1635	3	12	35 3/4°	139 3/4°	—	≒6.0	92	江戸
1636	12	3	37.0°	138.7°	—	≒5.0~5.5	185	越後中魚沼郡
1646	6	9	38.1°	140.65°	—	6.5~6.7	204	陸前
1648	6	13	35.2°	139.2°	—	≒7.0	170	相模
1649	7	30	35.8°	139.5°	—	7.0±1/4	108	武蔵・下野
1649	9	1	35.5°	139.7°	—	6.4	114	江戸・川崎
1659	4	21	37.1°	139.8°	—	6 3/4~7.0	115	岩代・下野
1670	6	22	37.75°	139.15°	—	≒6 3/4	207	越後中・南蒲原郡
1677	11	4	35.5°	142.0°	—	≒8.0	156	磐城・常陸・安房・上総・下総
1683	6	17	36.7°	139.6°	—	6.0~6.5	98	日光
1683	6	18	36.75°	139.65°	—	6.5~7.0	97	日光
1683	10	20	36.9°	139.7°	—	7.0±1/4	104	日光
1697	11	25	35.4°	139.6°	—	≒6.5	128	相模・武蔵
1703	12	31	34.7°	139.8°	—	7.9~8.2	186	江戸・関東諸国(元禄地震)
1706	10	21	35.6°	139.8°	—	5 3/4	100	江戸

第5.2.1表(2) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
1710	9	15	37.0°	141.5°	—	6.5±1/2	118	磐城
1725	5	29	36.25°	139.7°	—	≒6.0	76	日光
1731	10	7	38.0°	140.6°	—	≒6.5	193	岩代
1738	1	3	37.0°	138.7°	—	≒5 1/2	185	中魚沼郡
1755	4	21	36.75°	139.6°	—	—	101	日光
1756	2	20	35.7°	140.9°	—	5.5~6.0	70	銚子
1767	10	22	35.7°	139.8°	—	≒6.0	92	江戸
1768	7	19	35.3°	139.05°	—	≒5.0	172	箱根
1782	8	23	35.4°	139.1°	—	≒7.0	162	相模・武蔵・甲斐
1786	3	23	35.2°	139.1°	—	5~5 1/2	176	箱根
1791	1	1	35.8°	139.6°	—	6.0~6.5	100	川越・蕨
1801	5	27	35.3°	140.1°	—	6.5	114	上総
1812	12	7	35.45°	139.65°	—	6 1/4±1/4	121	武蔵・相模東部
1817	12	12	35.20°	139.05°	—	≒6.0	180	箱根
1821	12	13	37.45°	139.6°	—	5.5~6.0	157	岩代
1828	12	18	37.6°	138.9°	—	6.9	209	越後
1831	3	26	35.65°	139 3/4°	—	≒5.5	99	江戸
1843	3	9	35.35°	139.1°	—	6.5±1/4	165	御殿場・足柄
1853	3	11	35.3°	139.15°	—	6.7±0.1	165	小田原付近
1855	11	11	35.65°	139.8°	—	7.0~7.1	96	江戸および付近(江戸地震)
1856	11	4	35.7°	139.5°	—	6.0~6.5	113	江戸・立川・所沢
1859	1	11	35.9°	139.7°	—	≒6.0	86	岩槻
1870	5	13	35.25°	139.1°	—	6.0~6.5	172	小田原
1880	2	22	35.4°	139.75°	—	5.5~6.0	120	横浜
1882	9	29	35° 07′	139° 05′	—	—	184	熱海付近
1884	10	15	35.7°	139.75°	—	—	95	東京付近

第5.2.1表(3) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
1886	7	23	37.05°	138.5°	—	5.3	203	信越国境
1887	1	15	35.5°	139.25°	—	6.2	145	相模・武蔵南東部
1887	7	22	37.5°	138.9°	—	5.7	201	新潟県古志郡
1888	4	29	36.6°	140.0°	—	6.0	62	栃木県
1889	2	18	35.5°	139.7°	—	6.0	114	東京湾周辺
1891	12	24	35.4°	138.9°	—	6.5	177	山中湖付近
1892	6	3	35.7°	139.9°	—	6.2	85	東京湾北部
1894	6	20	35.7°	139.8°	—	7.0	92	東京湾北部
1894	10	7	35.6°	139.8°	—	6.7	100	東京湾北部
1895	1	18	36.1°	140.4°	—	7.2	22	霞ヶ浦付近
1896	1	9	36 1/2°	141°	—	7.3	48	鹿島灘
1896	8	1	37 1/2°	141 1/2°	—	6.5	162	福島県沖
1897	1	17	36.2°	139.9°	—	5.6	59	利根川中流域
1897	10	2	38.0°	141.7°	—	6.6	218	仙台沖
1898	2	13	36.2°	139.8°	—	5.6	68	茨城県南西部
1898	5	26	37.0°	138.9°	—	6.1	169	新潟県六日町付近
1899	4	15	36.3°	141.0°	—	5.8	41	茨城県沖
1902	3	25	35.9°	140.5°	—	5.6	40	千葉県佐原町付近
1902	5	25	35.6°	139.0°	—	5.4	158	甲斐東部
1904	5	8	37.1°	138.9°	—	6.1	174	新潟県六日町付近
1905	6	7	34.8°	139.3°	—	5.8	198	大島近海
1906	2	23	34.8°	139.8°	—	6.3	176	安房沖
1906	2	24	35.45°	139.75°	—	6.4	115	東京湾
1908	12	28	35.6°	138.65°	—	5.8	186	山梨県中部
1909	7	3	35.6°	139.8°	—	6.1	100	東京湾西部
1910	9	26	36.8°	141.5°	—	5.9	104	常陸沖

第5.2.1表(4) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
1912	7	16	36.4°	138.55°	—	5.7	180	浅間山
1913	12	15	35.5°	140.0°	—	6.0	98	東京湾
1915	6	20	35.5°	139.0°	—	5.9	163	山梨県南東部
1915	11	16	35.4°	140.3°	—	6.0	98	房総南部
1916	2	22	36.5°	138.5°	—	6.2	186	浅間山麓
1917	1	31	35.2°	139.0°	—	4 1/2	183	箱根地方
1918	6	26	35.4°	139.1°	—	6.3	162	山梨県上野原付近
1920	12	27	35.23°	139.05°	—	5.7	177	箱根山
1921	12	8	36.0°	140.2°	—	7.0	43	茨城県龍ヶ崎付近
1922	1	23	37.5°	141.5°	—	6.5	162	磐城沖
1922	4	26	35.2°	139.75°	—	6.8	138	浦賀水道
1922	5	9	36.0°	140.0°	—	6.1	57	茨城県谷田部付近
1923	1	14	36° 04.78′	140° 03.21′	87	6.0	49	水海道付近
1923	9	1	35° 19.87′	139° 08.14′	23	7.9	164	関東南部(関東大地震)
1923	9	1	35° 14.01′	138° 46.13′	0	6.6	197	山梨県東部
1923	9	2	34° 41.31′	140° 02.69′	14	7.3	180	千葉県勝浦沖
1924	1	15	35° 20.44′	139° 03.30′	0	7.3	169	丹沢山塊
1926	8	3	35° 35.41′	139° 43.89′	57	6.3	105	東京市南東部
1927	10	27	37° 30.00′	138° 50.97′	0	5.2	205	新潟県中部(関原地震)
1928	5	21	35° 40.16′	140° 03.98′	75	6.2	79	千葉付近
1929	7	27	35° 30.87′	139° 05.01′	37	6.3	156	丹沢山付近
1930	3	22	35° 02.39′	139° 05.81′	10	5.9	189	伊東沖(伊東群発地震)
1930	6	1	36° 25.57′	140° 32.22′	54.21	6.5	18	那珂川下流域
1930	11	26	35° 02.58′	138° 58.42′	0.59	7.3	196	伊豆北部(北伊豆地震)
1931	9	21	36° 09.50′	139° 14.85′	3.03	6.9	118	埼玉県中部(西埼玉地震)
1933	10	4	37° 14.35′	138° 57.55′	0	6.1	179	新潟県小千谷

第5.2.1表(5) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
1936	11	2	37° 22.35′	140° 00.92′	1	4.1	132	会津若松市付近
1938	5	23	36° 34.43′	141° 19.44′	0	7.0	78	塩屋崎沖
1938	9	22	36° 26.61′	141° 03.49′	48	6.5	50	鹿島灘
1938	11	5	36° 55.54′	141° 55.12′	43	7.5	143	福島県東方沖(福島県東方沖地震)
1942	2	21	37° 42.63′	141° 50.75′	42	6.5	198	福島県沖
1943	8	12	37° 20.16′	139° 52.48′	26	6.2	134	福島県田島付近(田島地震)
1949	12	26	36° 42.31′	139° 41.76′	1.35	6.2	91	今市地方(今市地震)
1949	12	26	36° 43.11′	139° 46.99′	8	6.4	85	今市地方(今市地震)
1950	9	10	35° 17.71′	140° 32.98′	56	6.3	107	九十九里浜
1951	1	9	35° 27.04′	140° 04.24′	64	6.1	100	千葉県中部
1956	2	14	35° 42.24′	139° 56.68′	54.41	5.9	82	東京湾北岸
1956	9	30	37° 58.74′	140° 36.62′	11.02	6.0	191	宮城県南部
1956	9	30	35° 37.80′	140° 11.40′	81	6.3	77	千葉県中部
1961	2	2	37° 26.9′	138° 50.1′	0	5.2	202	長岡付近
1961	7	22	34° 51.8′	139° 19.3′	0	4.6	191	伊豆大島近海
1968	7	1	36° 02.75′	139° 23.88′	65	6.1	106	埼玉県中部
1972	1	14	34° 46.09′	139° 19.12′	0	3.3	200	大島近海
1974	8	4	36° 04.35′	139° 53.63′	53	5.8	63	茨城県南西部
1975	8	15	37° 02.75′	141° 10.04′	54	5.5	103	福島県沿岸
1976	6	16	35° 30.91′	138° 59.35′	26.02	5.5	163	山梨県東部
1977	10	5	36° 08′	139° 52′	60	5.5	63	茨城県南西部
1978	12	3	34° 53′	139° 11′	20	5.5	197	大島近海
1979	4	25	37° 22′	139° 29′	0	4.4	155	福島県西部
1979	5	5	35° 48′	139° 11′	20	4.7	133	秩父市付近
1980	6	29	34° 55′	139° 14′	10	6.7	191	伊豆半島中部沿岸
1980	9	24	35° 58′	139° 48′	80	5.4	75	埼玉県東部

第5.2.1表(6) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
1980	9	25	35° 31′	140° 13′	80	6.0	88	千葉県中部
1982	8	12	34° 53′	139° 34′	30	5.7	177	伊豆大島近海
1983	2	27	35° 56.4′	140° 09.1′	72	6.0	50	茨城県南部
1983	8	8	35° 31.3′	139° 01.3′	22	6.0	160	神奈川・山梨県境
1984	2	14	35° 35.3′	139° 06.2′	25	5.4	150	神奈川・山梨県境
1984	12	17	35° 36.0′	140° 03.3′	78	4.9	86	東京湾
1986	8	24	36° 19.4′	138° 19.4′	3.7	4.9	200	長野県東部
1987	2	6	36° 57.9′	141° 53.6′	35	6.7	143	福島県沖
1987	4	7	37° 18.2′	141° 51.8′	44	6.6	165	福島県沖
1987	4	23	37° 05.5′	141° 37.4′	46.8	6.5	133	福島県沖
1987	6	16	37° 30.5′	140° 03.4′	7.1	4.5	145	会津若松付近
1987	9	14	36° 59.5′	138° 29.0′	7.1	4.8	202	長野県北部
1987	12	17	35° 22.5′	140° 29.6′	57.9	6.7	98	千葉県東方沖
1988	3	18	35° 39.9′	139° 38.6′	96.1	5.8	105	東京都東部
1988	8	12	35° 05.9′	139° 51.8′	69.4	5.3	143	千葉県南部
1988	9	5	35° 30.0′	138° 59.0′	29.6	5.6	165	山梨県東部
1989	2	19	36° 01.3′	139° 54.3′	55.3	5.6	64	茨城県南西部
1989	3	6	35° 41.8′	140° 42.6′	55.7	6.0	64	千葉県北部
1989	7	9	34° 59.7′	139° 06.5′	3.4	5.5	192	伊豆半島東方沖
1989	10	14	34° 49.6′	139° 30.0′	21.2	5.7	185	伊豆大島近海
1990	5	3	36° 26.2′	140° 36.6′	58.0	5.4	20	鹿島灘
1992	2	2	35° 13.8′	139° 47.3′	92.3	5.7	133	東京湾南部
1992	5	11	36° 32.0′	140° 32.2′	56.2	5.6	30	茨城県中部
1992	12	27	36° 58.6′	138° 34.8′	10	4.5	193	新潟県南部
1993	5	21	36° 02.7′	139° 53.8′	60.8	5.4	63	茨城県南西部
1994	10	25	35° 10.9′	138° 59.0′	3.9	4.9	185	箱根山

第5.2.1表(7) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
1994	12	18	37° 17.7′	139° 53.5′	6.3	5.5	129	福島県西部
1995	1	7	36° 18.10′	139° 58.63′	71.49	5.4	52	茨城県南西部
1995	4	1	37° 53.47′	139° 14.88′	16.16	5.6	215	新潟県北東部
1995	12	22	38° 12.21′	140° 23.05′	11.05	4.6	216	蔵王付近
1996	2	17	37° 18.57′	142° 32.86′	58	6.8	213	福島県沖
1996	3	6	35° 28.55′	138° 56.86′	19.59	5.5	169	山梨県東部
1996	9	11	35° 38.33′	141° 13.01′	51.99	6.4	91	銚子沖
1996	12	21	36° 05.77′	139° 51.65′	53.11	5.6	65	茨城県南部
1997	3	4	34° 57.34′	139° 10.18′	2.64	5.9	191	伊豆半島東方沖
1998	2	21	37° 16.22′	138° 47.74′	19.12	5.2	193	中越地方
1999	3	26	36° 27.04′	140° 36.93′	59.04	5.0	22	水戸付近
1999	9	13	35° 35.86′	140° 09.59′	75.81	5.1	81	千葉市付近
2000	4	26	37° 34.80′	140° 00.73′	12.57	4.5	154	会津若松・喜多方付近
2000	6	3	35° 41.39′	140° 44.79′	48.06	6.1	66	千葉県北東部
2000	7	21	36° 31.76′	141° 07.12′	49.37	6.4	59	茨城県沖
2001	1	4	36° 57.39′	138° 46.12′	11.23	5.3	177	中越地方
2002	2	12	36° 35.38′	141° 04.96′	47.79	5.7	60	茨城県沖
2002	6	14	36° 12.98′	139° 58.63′	56.99	5.1	52	茨城県南部
2003	5	12	35° 52.13′	140° 05.14′	46.87	5.3	60	茨城県南部
2003	9	20	35° 13.13′	140° 18.02′	69.96	5.8	118	千葉県南部
2003	10	15	35° 36.82′	140° 02.99′	73.90	5.1	85	千葉県北西部
2003	11	15	36° 25.95′	141° 09.91′	48.40	5.8	58	茨城県沖
2004	4	4	36° 23.41′	141° 09.24′	48.99	5.8	56	茨城沖
2004	7	17	34° 50.29′	140° 21.36′	68.68	5.5	159	房総半島南東沖
2004	10	6	35° 59.33′	140° 05.39′	65.97	5.7	51	茨城県南部
2004	10	23	37° 17.55′	138° 52.03′	13.08	6.8	189	中越地方(平成16年(2004年) 新潟県中越地震)

第5.2.1表(8) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
2005	1	18	37° 22.24′	138° 59.81′	7.62	4.7	185	中越地方
2005	2	16	36° 02.31′	139° 53.33′	46.15	5.3	64	茨城県南部
2005	4	11	35° 43.61′	140° 37.27′	51.51	6.1	60	千葉県北東部
2005	6	20	35° 44.03′	140° 41.68′	50.65	5.6	60	千葉県北東部
2005	6	20	37° 13.76′	138° 35.44′	14.51	5.0	205	中越地方
2005	7	23	35° 34.90′	140° 08.31′	73.08	6.0	84	千葉県北西部
2005	7	28	36° 07.57′	139° 50.78′	51.12	5.0	65	茨城県南部
2005	8	7	35° 33.57′	140° 06.89′	73.28	4.7	87	千葉県北西部
2005	8	21	37° 17.90′	138° 42.71′	16.73	5.0	201	中越地方
2005	10	16	36° 02.36′	139° 56.25′	47.12	5.1	60	茨城県南部
2005	10	19	36° 22.90′	141° 02.59′	48.32	6.3	46	茨城県沖
2006	4	21	34° 56.49′	139° 11.75′	7.11	5.8	191	伊豆半島東方沖
2007	8	16	35° 26.62′	140° 31.83′	30.77	5.3	91	九十九里浜付近
2007	10	1	35° 13.77′	139° 06.60′	12.94	4.9	173	神奈川県西部
2008	3	8	36° 27.15′	140° 36.70′	57.04	5.2	22	茨城県北部
2008	5	8	36° 13.69′	141° 36.46′	50.57	7.0	95	茨城県沖
2008	7	5	36° 38.56′	140° 57.12′	49.69	5.2	56	茨城県沖
2009	5	12	37° 04.32′	138° 31.99′	12.12	4.8	202	上越地方
2009	10	12	37° 25.93′	139° 41.80′	3.89	4.9	151	会津地方
2009	12	17	34° 57.53′	139° 08.19′	4.00	5.0	193	伊豆半島東方沖
2010	3	13	37° 36.85′	141° 28.30′	77.70	5.5	171	福島県東方沖
2010	3	14	37° 43.45′	141° 49.08′	39.75	6.7	198	福島県沖
2010	5	1	37° 33.55′	139° 11.47′	9.26	4.9	188	中越地方
2010	6	13	37° 23.76′	141° 47.74′	40.30	6.2	168	福島県沖
2010	9	29	37° 17.10′	140° 01.53′	7.62	5.7	123	福島県中通り
2011	3	11	38° 06.21′	142° 51.66′	23.74	9.0	290	東北沖 平成23年(2011年)東北 地方太平洋沖地震 東日本大震災

第5.2.1表(9) 敷地周辺の主な被害地震

年	月	日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード	震央距離 (km)	地名 (地震名)
			北緯	東経				
2011	3	11	36° 07.25′	141° 15.15′	42.70	7.6	65	茨城県沖
2011	3	12	36° 59.16′	138° 35.87′	8.38	6.7	192	長野県北部
2011	3	15	35° 18.57′	138° 42.87′	14.31	6.4	197	静岡県東部
2011	4	11	36° 56.74′	140° 40.36′	6.42	7.0	77	福島県浜通り
2011	4	12	37° 03.15′	140° 38.61′	15.08	6.4	88	福島県東部
2011	4	16	36° 20.45′	139° 56.73′	78.80	5.9	55	茨城県南部
2011	4	17	37° 01.37′	138° 41.32′	7.97	4.9	187	中越地方
2011	6	2	37° 01.05′	138° 42.30′	5.68	4.7	185	中越地方
2011	7	31	36° 54.19′	141° 13.28′	57.31	6.5	93	福島県沖
2011	8	19	37° 38.94′	141° 47.80′	51.15	6.5	190	福島県沖
2011	11	20	36° 42.64′	140° 35.29′	8.99	5.3	50	茨城県北部
2012	1	28	35° 29.35′	138° 58.62′	18.16	5.4	166	富士五湖地方
2012	3	14	35° 44.86′	140° 55.92′	15.08	6.1	66	千葉県東方沖
2013	9	20	37° 03.08′	140° 41.72′	16.69	5.9	89	福島県浜通り
2014	9	16	36° 05.62′	139° 51.84′	46.51	5.6	64	茨城県南部
2015	5	25	36° 03.26′	139° 38.32′	55.71	5.5	85	埼玉県北部
2015	9	12	35° 33.27′	139° 49.75′	56.64	5.2	102	東京湾

第 5. 4. 1 表 気象庁震度階級関連解説表(2009)(抜粋)

● 木造建物（住宅）の状況

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

(注 1) 木造建物(住宅)の耐震性により2つに区分けした。耐震性は、建築年代の新しいものほど高い傾向があり、概ね昭和 56 年(1981 年)以前は耐震性が低く、昭和 57 年(1982 年)以降には耐震性が高い傾向がある。しかし、構法の違いや壁の配置などにより耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。

(注 2) この表における木造の壁のひび割れ、亀裂、損壊は、土壁(割り竹下地)、モルタル仕上壁(ラス、金網下地を含む)を想定している。下地の弱い壁は、建物の変形が少ない状況でも、モルタル等が剥離し、落下しやすくなる。

(注 3) 木造建物の被害は、地震の際の地震動の周期や継続時間によって異なる。平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震のように、震度に比べ建物被害が少ない事例もある。

● 鉄筋コンクリート造建物の状況

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

(注 1) 鉄筋コンクリート造建物では、建築年代の新しいものほど耐震性が高い傾向があり、概ね昭和 56 年(1981 年)以前は耐震性が低く、昭和 57 年(1982 年)以降は耐震性が高い傾向がある。しかし、構造形式や平面的、立面的な耐震壁の配置により耐震性に幅があるため、必ずしも建築年代が古いというだけで耐震性の高低が決まるものではない。既存建築物の耐震性は、耐震診断により把握することができる。

(注 2) 鉄筋コンクリート造建物は、建物の主体構造に影響を受けていない場合でも、軽微なひび割れがみられることがある。

第 5.5.1 表 敷地地盤で観測された主な地震

No.	発震日時 地名又は地震名	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 (茨城県、抜粋)
1	2011年3月11日14:46 東北地方太平洋沖地震 の本震	38° 06.21′ 142° 51.66′	9.0*	23.74	290	6強：日上市助川小学校、日上市十王町友部、高萩市本町、笠間市中央、常陸大宮市北町、那珂市瓜連、小美玉市上玉里、筑西市舟生、鉾田市当間 6弱：水戸市金町、水戸市千波町、水戸市中央、水戸市内原町(旧)、日上市役所、常陸太田市高柿町(旧)、高萩市安良川、北茨城市磯原町、笠間市石井(旧)、笠間市下郷、ひたちなか市南神敷台、ひたちなか市東石川、茨城町小堤、東海村東海(旧)、常陸大宮市中富町、常陸大宮市野口、常陸大宮市山方、那珂市福田、城里町石塚(旧)、城里町阿波山(旧)、小美玉市小川、小美玉市堅倉、土浦市常名、土浦市下高津、石岡市柿岡、石岡市石岡、取手市井野、つくば市天王台、つくば市苜間、茨城鹿嶋市鉢形、茨城鹿嶋市宮中、潮来市辻、美浦村受領、坂東市山、稲敷市役所、稲敷市結佐、筑西市門井、かすみがうら市上土田、行方市麻生(旧)、行方市山田、行方市玉造、桜川市岩瀬、桜川市真壁、鉾田市鉾田、鉾田市造谷、鉾田市汲上、常総市新石下、つくばみらい市加藤 5強：常陸太田市町屋町、常陸太田市町田町、常陸太田市大中町、大洗町磯浜町、大子町池田、常陸大宮市高部、常陸大宮市上小瀬、城里町徳蔵、土浦市藤沢、茨城古河市下大野、茨城古河市仁連、石岡市八郷、結城市結城、龍ヶ崎市寺後、下妻市本城町、下妻市鬼怒、取手市寺田、取手市藤代、牛久市中央、つくば市小荃、阿見町中央、河内町源清田、八千代町菅谷、五霞町小福田、境町旭町、守谷市大柏、坂東市岩井、坂東市馬立、坂東市役所、稲敷市江戸崎甲、稲敷市柴崎、筑西市下中山、筑西市海老ヶ島、かすみがうら市大和田、神栖市溝口、神栖市波崎、桜川市羽田、つくばみらい市福田 5弱：茨城古河市長谷町、利根町布川
2	2011年3月11日15:15 東北地方太平洋沖地震 余震	36° 07.25′ 141° 15.15′	7.6	42.70	65	6強：鉾田市当間 6弱：神栖市溝口、鉾田市鉾田 5強：水戸市金町、水戸市千波町、水戸市中央、日上市助川小学校、笠間市中央、東海村東海(旧)、那珂市瓜連、城里町石塚(旧)、城里町阿波山(旧)、小美玉市小川、土浦市常名、土浦市下高津、茨城鹿嶋市鉢形、茨城鹿嶋市宮中、潮来市辻、稲敷市須賀津、稲敷市結佐、筑西市舟生、神栖市波崎、行方市麻生(旧)、行方市玉造、鉾田市造谷、つくばみらい市福田 5弱：水戸市内原町(旧)、日上市役所、高萩市安良川、笠間市石井(旧)、笠間市下郷、ひたちなか市東石川、大洗町磯浜町、常陸大宮市北町、常陸大宮市野口、小美玉市堅倉、土浦市藤沢、茨城古河市下大野、石岡市柿岡、石岡市八郷、結城市結城、下妻市本城町、取手市寺田、取手市井野、牛久市中央、つくば市天王台、つくば市苜間、つくば市小荃、阿見町中央、河内町源清田、八千代町菅谷、利根町布川、坂東市山、稲敷市江戸崎甲、稲敷市柴崎、筑西市下中山、筑西市海老ヶ島、筑西市門井、かすみがうら市上土田、かすみがうら市大和田、桜川市岩瀬、桜川市真壁、桜川市羽田
3	2011年4月11日17:16 福島県浜通りの地震	36° 56.74′ 140° 40.36′	7.0	6.42	77	6弱：鉾田市当間 5強：日上市助川小学校、高萩市安良川、北茨城市磯原町、小美玉市上玉里、筑西市舟生、かすみがうら市上土田、鉾田市鉾田、鉾田市汲上 5弱：水戸市千波町、水戸市中央、日上市役所、日上市十王町友部、高萩市本町、笠間市中央、ひたちなか市南神敷台、ひたちなか市東石川、茨城町小堤、大子町池田、常陸大宮市北町、常陸大宮市野口、那珂市福田、那珂市瓜連、城里町石塚(旧)、城里町阿波山(旧)、小美玉市小川、小美玉市堅倉、土浦市常名、土浦市下高津、土浦市藤沢、石岡市柿岡、石岡市石岡、石岡市八郷、つくば市天王台、つくば市苜間、阿見町中央、坂東市馬立、坂東市山、稲敷市役所、行方市山田、常総市新石下、つくばみらい市加藤

地震諸元及び震度は気象庁による。
※はモーメントマグニチュードMw

第 5. 5. 2 表 敷地の地盤構造モデル(浅部)

上面 G. L. (m)	層厚 (m)	密度 (g/cm ³)	水平成分				鉛直成分		
			S波速度 ^{※1} (m/s)	減衰定数h ^{※1, 2}		P波速度 ^{※1} (m/s)	減衰定数h ^{※1, 2}		
				h ₀	α		h ₀	α	
0.0	1.0	1.33	153 (151, 148)	0.565 (0.641, 0.547)	0.734 (0.266, 0.344)	819 (740)	0.250 (0.484)	1.194 (0.188)	
-1.0	2.3	1.33	149 (147, 137)			787 (712)			
-3.3	5.4	1.92	334 (282, 302)			761 (744)			
-8.7	1.5	1.74	300 (240, 240)			940 (1105)			
-10.2	6.2	1.84	439 (434, 404)	0.726 (0.188, 0.266)	1.125 (0.297, 0.438)	880 (938)	0.918 (0.531)	0.744 (0.344)	
-16.4	1.9	1.79	447 (451, 513)			1239 (1227)			
-18.3	2.6	1.78	415 (391, 480)			1020 (1127)			
-20.9	5.7	2.02	527 (500, 538)			1118 (1522)			
-26.6	3.4	1.86	411 (363, 344)			1354 (1284)			
-30.0	2.0	1.86	411 (450, 382)			1354 (1645)			
-32.0	7.3	1.86	448 (450, 382)			1435 (1645)			
-39.3	1.1	1.89	387 (364, 352)			1696 (1444)			
-40.4	25.5	1.84	372 (298, 355)	0.156 (0.078, 0.125)	1.347 (0.922, 0.844)	1633 (1856)	0.922 (0.563)	1.094 (0.922)	
-65.9	6.3	1.81	383 (411, 354)			1595 (1495)			
-72.2	12.4	1.92	398 (450, 514)			1768 (1884)			
-84.6	1.4	2.05	514 (414, 586)			1664 (1490)			
-86.0	5.1	1.97	482 (549, 438)			1735 (1589)			
-91.1	2.9	1.79	452 (442, 509)			1668 (1708)			
-94.0	1.0	1.79	452 (558, 485)			1668 (1656)			
-95.0	42.1	1.79	501 (558, 485)			1670 (1656)			
-137.1	23.6	1.82	609 (583, 593)			1928 (1771)			
-160.7	11.8	1.81	663 (669, 535)			1978 (2090)			
-172.5	1.5	1.98	1010 (1010, 1010)	0.064 (0.063, 0.063)	0.859 (0.797, 0.703)	2170 (2170)	0.667 (0.297)	1.719 (0.953)	
-174.0	10.9	1.98	1010 (1010, 1010)			2170 (2170)			
-184.9	40.2	2.00	1000 (1000, 1000)			2250 (2250)			
-225.1	24.9	1.85	1080 (1080, 1080)			2260 (2260)			
-250.0	∞	1.85	1080 (1080, 1080)			2260 (2260)			

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

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

第 5. 5. 3 表 敷地の地盤構造モデル(深部)

上面 G. L. (km)	層厚 (km)	密度 ^{※1} (g/cm ³)	水平成分			鉛直成分		
			S波速度 (km/s)	減衰定数 ^{※2}		P波速度 ^{※3} (km/s)	減衰定数 ^{※2}	
				Qs	hs		Qp	hp
0. 000	0. 173	—	—	—	—	—	—	—
-0. 173	0. 100	1. 98	1. 010	100	0. 005	2. 170	100	0. 005
-0. 273	0. 350	2. 11	1. 186			2. 590		
-0. 623	0. 670	2. 44	2. 086			4. 100		
-1. 293	2. 708	2. 68	3. 052	$110 \times f^{0.69}$	$0.0045 \times f^{-0.69}$	5. 750	$110 \times f^{0.69}$	$0.0045 \times f^{-0.69}$
-4. 000	11. 900	2. 70	3. 600			5. 960		
-15. 900	14. 600	2. 80	4. 170			6. 810		
-30. 500	∞	3. 20	4. 320			7. 640		

※1 G.L.-0.273km~G.L.-4.000kmはLudwig *et al.*(1970)⁽⁴⁰⁾、G.L.-4.000km以深はiasp91(Kennett *et al.*(1991)⁽⁴¹⁾)を踏まえて設定

※2 fは周波数(Hz)、G.L.-1.293km以深は佐藤ほか(1994)⁽⁴²⁾を踏まえて設定

※3 G.L.-0.273km~G.L.-4.000kmはYoshimura *et al.*(1982)⁽⁴³⁾を踏まえて設定

第 5. 6. 1 表 検討用地震の選定に用いる内陸地殻内地震の諸元

地震名	長さ (km)	地震 規模 M	断層上 端深さ (km)	等価 震源距離 (km)	補正 係数 ^{※2}
818年関東諸国の地震	—	7.5	—	101	—
関谷断層	40	7.5	5	103	—
深谷断層帯・綾瀬川断層	103	8.2	5	115	—
関口ー米平リニアメント	6	6.8 ^{※1}	3	49	考慮
豎破山リニアメント	4	6.8 ^{※1}	3	45	考慮
宮田町リニアメント	1	6.8 ^{※1}	3	42	考慮
吾国山断層	6	6.8 ^{※1}	5	35	—
F8断層	26	7.2	5	36	—
F11断層	5	6.8 ^{※1}	3	60	考慮
F16断層	26	7.2	5	39	—
Aー1背斜	19	7.0	5	31	—
棚倉破碎帯西縁断層～ 同東縁付近の推定活断層	42	7.5	3	55	考慮
F1断層～北方陸域の断層～ 塩ノ平地震断層	58	7.8	3	56	考慮
F3断層～F4断層	17	6.9	5	12	—

※1 長さの短い断層については、地震規模をM6.8として評価

※2 福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震による補正係数

第5.6.2表 検討用地震の選定に用いるプレート間地震の諸元

年月日	地名 (地震名)	地震 規模 M	等価 震源距離 (km)	補正 係数
1677.11.4	磐城・常陸・安房・上総・下総 の地震	8.0	161	考慮 ^{※3}
1703.12.31	元禄地震	8.05	192	—
1896.1.9	鹿島灘の地震	7.3	68	考慮 ^{※2}
1923.9.1	関東大地震	7.9	169	—
1930.6.1	那珂川下流域の地震	6.5	57	考慮 ^{※3}
1938.5.23	塩屋崎沖の地震	7.0	78	考慮 ^{※3}
1938.9.22	鹿島灘の地震	6.5	70	考慮 ^{※2}
1938.11.5	福島県東方沖の地震	7.5	151	考慮 ^{※3}
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震 の本震 ^{※1}	9.0(M _w)	—	—
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震 の余震 ^{※1}	7.6	—	—
—	茨城県南部の地震 (中央防災会議(2013))	7.3	62	—
—	茨城県沖の地震 (地震調査研究推進本部(2012a))	7.6	81	考慮 ^{※2}

※1 観測記録より求めた解放基盤波を用いる

※2 鹿島灘付近で発生した太平洋プレート間地震による補正係数

※3 鹿島灘付近で発生した地震を除く太平洋プレート間地震による補正係数

第 5.6.3 表 検討用地震の選定に用いる海洋プレート内地震の諸元

年月日	地名 (地震名)	地震 規模 M	等価 震源距離 (km)	補正 係数 ^{※1}
1895. 1.18	霞ヶ浦付近の地震	7.2	52	考慮
1921.12. 8	茨城県龍ヶ崎付近の地震	7.0	63	考慮
—	茨城県南部の地震 (中央防災会議(2004))	7.3	52	考慮
—	茨城県南部の地震 (中央防災会議(2013))	7.3	57	考慮
—	震源断層を予め特定しにくい地震(陸域) (地震調査研究推進本部(2009a))	7.1	89	考慮
—	震源断層を予め特定しにくい地震(海域) (地震調査研究推進本部(2009a))	7.3	81	考慮
—	海溝寄りのプレート内地震 (地震調査研究推進本部(2009a))	8.2	164	—

※1 陸域寄りで発生した海洋プレート内地震による補正係数

第 5.6.4 表 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
断層パラメータ(基本震源モデル)

項目	設定値			設定方法	
	全体	北部	南部		
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	57.7 54.2	21.8 20.1	35.9 34.1	活断層調査結果による位置を基に設定	
断層傾斜角(°)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	60(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	3 18	3 18	3 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	17.3	17.3	17.3	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km ²)	967.9	362.4	605.5	断層面より算定	
破壊伝播様式	同心円状	同心円状	同心円状	-	
地震モーメントM ₀ (N・m)	5.21E+19	1.65E+19	3.56E+19	M ₀ ={S/(4.24×10 ⁻¹¹) ² }/10 ⁷ 全体の地震モーメントを断層面積の1.5乗 比で分配	
剛性率(N/m ²)	3.50E+10	3.50E+10	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7 \text{g/cm}^3$, $\beta = 3.6 \text{km/s}$ (β は敷地周辺を対象にした地震波速度 トモグラフィ, ρ は地震調査研究推進本 部(2009a)の「全国1次地下構造モデル (暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	153.9	130.1	168.1	$D = M_0 / (\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	3.1	3.1	3.1	Fujii and Matsu'ura(2000) ⁽⁴⁴⁾ による	
破壊伝播速度V _r (km/s)	2.59	2.59	2.59	$V_r = 0.72 \beta$ (Gelle(1976) ⁽⁴⁵⁾ による)	
短周期レベルA(N・m/s ²)(参考)	1.98E+19	-	-	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
アスペリティ	面積S _a (km ²)	212.9	79.7	133.2	S _a =0.22S
	平均すべり量D _a (cm)	307.7	260.1	336.2	D _a =2D
	地震モーメントM _{0a} (N・m)	2.29E+19	7.26E+18	1.57E+19	M _{0a} = μ S _a D _a
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	14.09	14.09	14.09	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma \times S / S_a$
	短周期レベルA(N・m/s ²)(参考)	1.89E+19	1.16E+19	1.49E+19	$A = 4 \pi r_s \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S _b (km ²)	755.0	282.7	472.3	S _b =S-S _a
	平均すべり量D _b (cm)	110.5	93.4	120.7	D _b =M _{0b} /(μ S _b)
	地震モーメントM _{0b} (N・m)	2.92E+19	9.24E+18	1.99E+19	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	2.82	2.82	2.82	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

第 5.6.5 表 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
検討ケース

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

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

第 5.6.6 表(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
断層パラメータ(不確かさを考慮したケース:短周期レベル)

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

第 5.6.6 表(2) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
断層パラメータ(不確かさを考慮したケース:断層傾斜角)

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

第 5.6.6 表(3) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
断層パラメータ(不確かさを考慮したケース:アスペリティ位置)

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

第5.6.7表 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
地震動評価に用いる要素地震の諸元

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

※ F-netによる

第5.6.8表 F3断層～F4断層による地震の断層パラメータ
(基本震源モデル)

項目	設定値	設定方法	
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	21.4 27.5	活断層調査結果による位置を基に、断層面積を踏まえて設定	
断層傾斜角(°)	60(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	5 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	15.0	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km ²)	367.3	$M_0 = [S / (4.24 \times 10^{-11})]^2 / 10^7$	
破壊伝播様式	同心円状	—	
地震モーメントM ₀ (N・m)	7.50E+18	与条件として設定	
剛性率(N/m ²)	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$, $\beta = 3.6\text{km/s}$ (β は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ、 ρ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	58.4	$D = M_0 / (\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	2.6	$\Delta \sigma = (7/16)(M_0/R^3)$	
破壊伝播速度V _r (km/s)	2.59	$V_r = 0.72 \beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s ²)	1.04E+19	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
高周波遮断振動数f _{max} (Hz)	6	活断層による地震に関する強震動予測レシピ	
アスベリテイ	面積S _a (km ²)	71.4	$S_a = \pi r_a^2$, $r_a = (7 \pi M_0 \beta^2) / (4AR)$
	平均すべり量D _a (cm)	116.8	$D_a = 2D$
	地震モーメントM _{0a} (N・m)	2.92E+18	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	13.4	$\Delta \sigma_a = (7/16)M_0 / (r_a^2 R)$
	短周期レベルA(N・m/s ²)(参考)	1.04E+19	$A = 4 \pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S _b (km ²)	295.9	$S_b = S - S_a$
	平均すべり量D _b (cm)	44.3	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	地震モーメントM _{0b} (N・m)	4.59E+18	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	2.67	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

第 5.6.9 表 F3 断層～F4 断層による地震の検討ケース

ケース名	断層面積 (km ²)	断層上端深さ (km)	断層下端深さ (km)	断層幅 (km)	断層傾斜角 (°)	アスペリティ位置	破壊開始点	短周期レベル
基本震源モデル	367.3	5	18	15	60 (西傾斜)	F3断層部の敷地近傍に配置	複数設定し影響の大きい破壊開始点を選定	平均
短周期レベルの不確かさを考慮	367.3	5	18	15	60 (西傾斜)	F3断層部の敷地近傍に配置	複数設定し影響の大きい破壊開始点を選定	基本震源モデルの1.5倍
断層傾斜角の不確かさを考慮	522.1	5	18	18.4	45 (西傾斜)	F3断層部の敷地近傍に配置	複数設定し影響の大きい破壊開始点を選定	平均
アスペリティ位置の不確かさを考慮	367.3	5	18	15	60 (西傾斜)	F4断層部を含む位置に配置	複数設定し影響の大きい破壊開始点を選定	平均

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

第 5.6.10 表(1) F3 断層～F4 断層による地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:短周期レベル)

項目	設定値	設定方法	
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	21.4 27.5	活断層調査結果による位置を基に、断層面積を踏まえて設定	
断層傾斜角(°)	60(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	5 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	15.0	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km ²)	367.3	$M_0 = [S / (4.24 \times 10^{-11})]^2 / 10^7$	
破壊伝播様式	同心円状	—	
地震モーメントM ₀ (N・m)	7.50E+18	与条件として設定	
剛性率(N/m ²)	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7 \text{g/cm}^3$, $\beta = 3.6 \text{km/s}$ (β は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ, ρ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	58.4	$D = M_0 / (\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	2.6	$\Delta \sigma = (7/16)(M_0/R^3)$	
破壊伝播速度V _r (km/s)	2.59	$V_r = 0.72 \beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s ²)	1.04E+19	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
高周波遮断振動数f _{max} (Hz)	6	活断層による地震に関する強震動予測レシピ	
アスペリティ	面積S _a (km ²)	71.4	$S_a = \pi r_a^2$, $r_a = (7 \pi M_0 \beta^2) / (4AR)$
	平均すべり量D _a (cm)	116.8	$D_a = 2D$
	地震モーメントM _{0a} (N・m)	2.92E+18	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	20.1	$\Delta \sigma_a = (7/16)M_0 / (r_a^2 R) \times 1.5$
	短周期レベルA(N・m/s ²)(参考)	1.56E+19	$A = 4 \pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S _b (km ²)	295.9	$S_b = S - S_a$
	平均すべり量D _b (cm)	44.3	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	地震モーメントM _{0b} (N・m)	4.59E+18	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	4.01	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

第 5.6.10 表(2) F3 断層～F4 断層による地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:断層傾斜角)

項目	設定値	設定方法	
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	23.1 33.6	基本震源モデルを基に,断層傾斜角等を踏まえて設定	
断層傾斜角(°)	45(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	5 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	18.4	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km ²)	522.1	断層面より算定	
破壊伝播様式	同心円状	—	
地震モーメントM ₀ (N・m)	1.52E+19	$M_0 = [S / (4.24 \times 10^{-11})]^2 / 10^7$	
剛性率(N/m ²)	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7 \text{g/cm}^3$, $\beta = 3.6 \text{km/s}$ (β は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ, ρ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	83.0	$D = M_0 / (\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	3.1	$\Delta \sigma = (7/16)(M_0/R^3)$	
破壊伝播速度V _r (km/s)	2.59	$V_r = 0.72 \beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s ²)	1.31E+19	$A = 2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
高周波遮断振動数 f_{max} (Hz)	6	活断層による地震に関する強震動予測レシピ	
アスベリテイ	面積S _a (km ²)	128.2	$S_a = \pi r_a^2$, $r_a = (7 \pi M_0 \beta^2) / (4AR)$
	平均すべり量D _a (cm)	166.0	$D_a = 2D$
	地震モーメントM _{0a} (N・m)	7.45E+18	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	12.6	$\Delta \sigma_a = (7/16)M_0 / (r_a^2 R)$
	短周期レベルA(N・m/s ²)(参考)	1.31E+19	$A = 4 \pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S _b (km ²)	393.9	$S_b = S - S_a$
	平均すべり量D _b (cm)	56.0	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
	地震モーメントM _{0b} (N・m)	7.71E+18	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	2.52	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

第 5.6.10 表(3) F3 断層～F4 断層による地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:アスペリティ位置)

項目	設定値	設定方法	
断層上端長さ(km) 断層下端長さ(km)	21.4 27.5	活断層調査結果による位置を基に、断層面積を踏まえて設定	
断層傾斜角(°)	60(西傾斜)	活断層調査結果に基づき設定	
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	5 18	微小地震の発生及び地下構造から設定	
断層幅W(km)	15.0	地震発生層と断層傾斜角から設定	
断層面積S(km ²)	367.3	$M_0=[S/(4.24 \times 10^{-11})]^2/10^7$	
破壊伝播様式	同心円状	—	
地震モーメントM ₀ (N・m)	7.50E+18	与条件として設定	
剛性率(N/m ²)	3.50E+10	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7\text{g/cm}^3$, $\beta = 3.6\text{km/s}$ (β は敷地周辺を対象にした地震波速度トモグラフィ、 ρ は地震調査研究推進本部(2009a)の「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定)	
平均すべり量D(cm)	58.4	$D=M_0/(\mu S)$	
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	2.6	$\Delta \sigma=(7/16)(M_0/R^3)$	
破壊伝播速度V _r (km/s)	2.59	$V_r=0.72 \beta$ (Geller(1976)による)	
短周期レベルA(N・m/s ²)	1.04E+19	$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^7)^{1/3}$	
高周波遮断振動数f _{max} (Hz)	6	活断層による地震に関する強震動予測レシピ	
アスペリティ	面積S _a (km ²)	71.4	$S_a = \pi r_a^2$, $r_a = (7 \pi M_0 \beta^2)/(4AR)$
	平均すべり量D _a (cm)	116.8	$D_a=2D$
	地震モーメントM _{0a} (N・m)	2.92E+18	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	13.4	$\Delta \sigma_a=(7/16)M_0/(r_a^2 R)$
	短周期レベルA(N・m/s ²)(参考)	1.04E+19	$A=4 \pi r_a \Delta \sigma_a \beta^2$
背景領域	面積S _b (km ²)	295.9	$S_b=S-S_a$
	平均すべり量D _b (cm)	44.3	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
	地震モーメントM _{0b} (N・m)	4.59E+18	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
	実効応力 $\Delta \sigma_b$ (MPa)	2.67	$\Delta \sigma_b=0.2 \Delta \sigma_a$

第 5.6.11 表 各距離減衰式の概要

距離減衰式	データベース 対象地域	地震タイプ	主なパラメータ	Mwの範囲	距離の範囲	地盤条件・種別
Kanno <i>et al.</i> (2006) ⁽⁴⁶⁾	主に国内	内陸 プレート間 プレート内	Mw、断層最短距離、 震源深さ、Vs30 ^{※1}	5.5~8.2	1~500km	100<Vs30<1400m/s
Zhao <i>et al.</i> (2006) ⁽⁴⁷⁾			Mw、断層最短距離、 震源深さ	5.0~8.3	0.3~300km	Soft Soil ~ Hard Rock(Hard Rock Vs=2000m/s)
内山・翠川ほか (2006) ⁽⁴⁸⁾	日本周辺		Mw、断層最短距離、 震源深さ	5.5~8.3	300km以内	150≤Vs30 ^{※1} ≤750m/s
片岡ほか (2006)	国内	内陸 海溝性	Mw、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 及び工学的基盤
Abrahamson <i>et al.</i> (2014) ⁽⁴⁹⁾	国内外	内陸	Mw、断層最短距離、 Vs30 ^{※1} 、断層上端深さ	3.0~8.5	0~300km	180≤Vs30 ^{※1} ≤1000m/s
Boore <i>et al.</i> (2014) ⁽⁵⁰⁾	国内外	内陸	Mw、断層面の地表投影面 への最短距離、Vs30 ^{※1}	3.0~8.5(横ずれ、逆断層) 3.0~7.0(正断層)	0~400km	150≤Vs30 ^{※1} ≤1500m/s
Campbell <i>et al.</i> (2014) ⁽⁵¹⁾	国内外	内陸	Mw、断層最短距離、 Vs30 ^{※1} 、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≤Vs30 ^{※1} ≤1500m/s
Chiou <i>et al.</i> (2014) ⁽⁵²⁾	国内外	内陸	Mw、断層最短距離、 Vs30 ^{※1} 、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≤Vs30 ^{※1} ≤1500m/s
Idriss (2014) ⁽⁵³⁾	国内外	内陸	Mw、断層最短距離、 Vs30 ^{※1}	5≤Mw	≤150km	450≤Vs30 ^{※1}

※1 Vs30: 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 5.6.12 表 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ
(基本震源モデル)

項目		設定値	設定方法	
走向	$\theta(^{\circ})$	200	F-net	
傾斜角1(東側)	$\delta_1(^{\circ})$	12	壇ほか(2005) ⁽⁵⁴⁾	
傾斜角2(西側)	$\delta_2(^{\circ})$	21	壇ほか(2005)	
すべり角	$\lambda(^{\circ})$	88	F-net	
長さ	L(km)	500	断層面積に基づき算定	
幅	W(km)	200	断層面積に基づき算定	
基準点北緯	N(^{\circ})	38.1035	本震の震源位置(気象庁)	
基準点東経	E(^{\circ})	142.8610	本震の震源位置(気象庁)	
基準点深さ	H(km)	23.7	本震の震源位置(気象庁)	
上端深さ	h_u (km)	12.3	$h_u = H - w_1 \sin \delta_1$, $w_1 = 55$ km	
下端深さ	h_d (km)	68.9	$h_d = H + (100 - w_1) \sin \delta_1 + 100 \sin \delta_2$	
断層面積	S(km ²)	100000	$\log S = M - 4.0$, 佐藤(1989) ⁽⁵⁵⁾	
平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	3.08	$M_0 = 16/7 \times (S/\pi)^{3/2} \Delta \sigma$	
地震モーメント	M_0 (N・m)	4.00E+22	$\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$, Hanks and Kanamori(1979) ⁽⁵⁶⁾	
モーメントマグニチュード	M_w	9.0	2011年東北地方太平洋沖地震	
平均すべり量	D(cm)	854.3	$D = M_0 / (\mu S)$	
剛性率	μ (N/m ²)	4.68E+10	$\mu = \rho V_s^2$, $\rho = 3.08$ g/cm ³ 地震調査研究推進本部 (2002) ⁽⁵⁷⁾ , (2005) ⁽⁵⁸⁾	
せん断波速度	V_s (km/s)	3.9	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
破壊伝播速度	V_r (km/s)	3.0	地震調査研究推進本部 (2002), (2005)	
SMGA全体	面積	S_a (km ²)	12500	$S_a = cS$, $c = 0.125$
	地震モーメント	M_{0a} (N・m)	1.00E+22	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
	すべり量	D_a (cm)	1708.6	$D_a = 2 \times D$
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$ (MPa)	24.6	$\Delta \sigma_a = S/S_a \times \Delta \sigma$
	短周期レベル	A_a (N・m/s ²)	2.97E+20	$A_a = (\sum A_{ai}^2)^{1/2} = 5^{1/2} A_{a1}$
各SMGA	面積	S_{a1} (km ²)	2500	$S_{a1} = S_a/5$
	地震モーメント	M_{0a1} (N・m)	2.00E+21	$M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / \sum S_{ai}^{1.5} = M_{0a}/5$
	すべり量	D_{a1} (cm)	1708.6	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	24.6	$\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	短周期レベル	A_{a1} (N・m/s ²)	1.33E+20	$A_{a1} = 4\pi r_1 \Delta \sigma_{a1} V_s^2$, $r_1 = (S_{a1}/\pi)^{1/2}$
	ライズタイム	τ_{a1} (s)	8.33	$\tau_{a1} = 0.5 W_{a1} / V_r$, W_{a1} : SMGA幅
背景領域	面積	S_b (km ²)	87500	$S_b = S - S_a$
	地震モーメント	M_{0b} (N・m)	3.00E+22	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
	すべり量	D_b (cm)	732.2	$D_b = M_{0b} / \mu S_b$
	応力降下量	$\Delta \sigma_b$ (MPa)	4.9	$\Delta \sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$
	ライズタイム	τ_b (s)	33.33	$\tau_b = 0.5 W_b / V_r$, W_b : 断層幅
Q値	Q	110f ^{0.69}	佐藤ほか(1994)	

第 5.6.13 表 2011 年東北地方太平洋沖型地震の検討ケース

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

第 5. 6. 14 表(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置)

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

第 5. 6. 14 表(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ

(不確かさを考慮したケース:短周期レベル)

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

第5.6.14表(3) 2011年東北地方太平洋沖型地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)

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

第 5.6.15 表 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
地震動評価に用いる要素地震の諸元

(要素地震(北部))

項目		設定値
発生日時		2011 年 3 月 28 日 7 時 23 分
気象庁マグニチュード		6.5
震央位置	東経 (°)	142.35
	北緯 (°)	38.38
震源深さ (km)		31.7
走向 (°) ※		281 ; 127
傾斜 (°) ※		67 ; 26
すべり角 (°) ※		-101 ; -67
地震モーメント (N・m) ※		1.66×10^{18}
コーナー周波数 (Hz)		0.58
応力降下量 (MPa)		47.5

※ F-netによる

(要素地震(南部))

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

※ F-netによる

第 5. 6. 16 表 茨城県南部の地震の断層パラメータ
(基本震源モデル)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.242	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.11		
上端深さ	h(km)	36~52	フィリピン海プレートの上面位置	
気象庁マグニチュード [*]	M _j	7.3	M _j =M _w	
モーメントマグニチュード [*]	M _w	7.3	中央防災会議(2013)	
地震モーメント	M ₀ (N・m)	1.12E+20	logM ₀ =1.5M _w +9.1, Hanks and Kanamori (1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)	
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)	
断層面積	S(km ²)	900	中央防災会議(2013)	
長さ	L(km)	45	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm ³)	2.875	μ=ρV _s ²	
せん断波速度	V _s (km/s)	4.0	佐藤(2003) ⁽⁵⁹⁾	
剛性率	μ(N/m ²)	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	2.55	D=M ₀ /(μS)	
破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
高周波遮断係数	f _{max} (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスペリティ	面積	S _a (km ²)	150	中央防災会議(2013)
	すべり量	D _a (m)	5.1	D _a =2D
	地震モーメント	M _{0a} (N・m)	3.52E+19	M _{0a} =μD _a S _a
	応力降下量	Δσ _a (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A(N・m/s ²)	8.61E+19	A _a =4πr _a Δσ _a V _s ²
背景領域	面積	S _b (km ²)	750	S _b =S-S _a
	すべり量	D _b (m)	2.23	D _b =M _{0b} /(μS _b)
	地震モーメント	M _{0b} (N・m)	7.7E+19	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	実効応力	Δσ _b (MPa)	12.4	Δσ _b =0.2Δσ _a
Q値	Q	110f ^{0.69}	佐藤ほか(1994)	

第 5. 6. 17 表 茨城県南部の地震の検討ケース

ケース名	地震規模 M	断層傾斜角 (°)	応力降下量 (MPa)	アスペリティ位置	震源位置	等価震源距離 (km)
基本震源モデル	7.3	90	62	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	63.1
断層傾斜角の不確かさを考慮	7.3	48	62	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	66.7
アスペリティ位置の不確かさを考慮	7.3	90	62	敷地に近くなるように海洋性地殻内の上端に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	61.5
応力降下量の不確かさを考慮	7.3	90	77.59	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	62.4
地震規模の不確かさを考慮	7.4	90	62	海洋性マントルの最上部に配置	フィリピン海プレート内の地震を想定する領域のうち敷地に近い位置	63.2

第5.6.18表(1) 茨城県南部の地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:断層傾斜角)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.242	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.11		
上端深さ	h(km)	36~49	フィリピン海プレートの上面位置	
気象庁マグニチュード*	M _j	7.3	M _j =M _w	
モーメントマグニチュード*	M _w	7.3	中央防災会議(2013)	
地震モーメント	M ₀ (N・m)	1.12E+20	logM ₀ =1.5M _w +9.1, Hanks and Kanamori (1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	48	敷地へ向く傾斜角	
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
	—	縦ずれ	破壊の進行方向が敷地に向かう設定	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013):右横ずれの場合	
	λ(°)	90	逆断層:縦ずれの場合	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)	
断層面積	S(km ²)	900	中央防災会議(2013)	
長さ	L(km)	45	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm ³)	2.875	μ=ρV _s ²	
せん断波速度	V _s (km/s)	4.0	佐藤(2003)	
剛性率	μ(N/m ²)	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	2.55	D=M ₀ /(μS)	
破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
高周波遮断係数	f _{max} (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスぺリティ	面積	S _a (km ²)	150	中央防災会議(2013)
	すべり量	D _a (m)	5.1	D _a =2D
	地震モーメント	M _{0a} (N・m)	3.52E+19	M _{0a} =μD _a S _a
	応力降下量	Δσ _a (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A(N・m/s ²)	8.61E+19	A _a =4πr _a Δσ _a V _s ²
背景領域	面積	S _b (km ²)	750	S _b =S-S _a
	すべり量	D _b (m)	2.23	D _b =M _{0b} /(μS _b)
	地震モーメント	M _{0b} (N・m)	7.7E+19	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	実効応力	Δσ _b (MPa)	12.4	Δσ _b =0.2Δσ _a
Q値	Q	110f ^{0.69}	佐藤ほか(1994)	

第5.6.18表(2) 茨城県南部の地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:アスペリティ位置)

項目		設定値	設定方法	
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.242	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端	
	E(°)	140.11		
上端深さ	h(km)	36~52	フィリピン海プレートの上面位置	
気象庁マグニチュード'	Mj	7.3	Mj=Mw	
モーメントマグニチュード'	Mw	7.3	中央防災会議(2013)	
地震モーメント	M ₀ (N・m)	1.12E+20	logM ₀ =1.5M _w +9.1, Hanks and Kanamori(1979)	
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域	
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)	
ずれの種類	-	右横ずれ	長谷川ほか(2013)	
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)	
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)	
断層面積	S(km ²)	900	中央防災会議(2013)	
長さ	L(km)	45	L=S/W	
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ	
密度	ρ(g/cm ³)	2.875	μ=ρV _s ²	
せん断波速度	V _s (km/s)	4.0	佐藤(2003)	
剛性率	μ(N/m ²)	4.6E+10	中央防災会議(2013)	
平均すべり量	D(m)	2.55	D=M ₀ /(μS)	
破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)	
高周波速断係数	f _{max} (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震	
アスペリティ	面積	S _a (km ²)	150	中央防災会議(2013)
	すべり量	D _a (m)	5.1	D _a =2D
	地震モーメント	M _{0a} (N・m)	3.52E+19	M _{0a} =μD _a S _a
	応力降下量	Δσ _a (MPa)	62	中央防災会議(2013)
	短周期レベル (参考)	A(N・m/s ²)	8.61E+19	A _a =4πr _a Δσ _a V _s ²
背景領域	面積	S _b (km ²)	750	S _b =S-S _a
	すべり量	D _b (m)	2.23	D _b =M _{0b} /(μS _b)
	地震モーメント	M _{0b} (N・m)	7.7E+19	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	実効応力	Δσ _b (MPa)	12.4	Δσ _b =0.2Δσ _a
Q値	Q	110f ^{0.69}	佐藤ほか(1994)	

第5.6.18表(3) 茨城県南部の地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:応力降下量)

項目		設定値	設定方法
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.200	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端
	E(°)	140.15	
上端深さ	h(km)	38~50	フィリピン海プレートの上端位置
気象庁マグニチュード [*]	M _j	7.3	M _j =M _w
モーメントマグニチュード [*]	M _w	7.3	中央防災会議(2013)
地震モーメント	M ₀ (N・m)	1.12E+20	logM ₀ =1.5M _w +9.1, Hanks and Kanamori (1979)
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)
平均応力降下量	Δσ(MPa)	15.37	Δσ=(7π ^{1.5} /16)(M ₀ /S ^{1.5})
断層面積	S(km ²)	681	S=(49π ⁴ β ⁴ M ₀ ²)/(16A ² S _a)
長さ	L(km)	34.07	L=S/W
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ
密度	ρ(g/cm ³)	2.875	μ=ρV _s ²
せん断波速度	V _s (km/s)	4.0	佐藤(2003)
剛性率	μ(N/m ²)	4.6E+10	中央防災会議(2013)
平均すべり量	D(m)	3.58	D=M ₀ /(μS)
破壊伝播速度	V _f (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)
短周期レベル	A(N・m/s ²)	1.02E+20	A=9.84×10 ¹⁷ ×M ₀ ^{1/3} [dyne-cm] (笹谷ほか(2006)のM ₀ -A関係)
高周波遮断係数	f _{max} (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震
アスぺリティ	面積	S _a (km ²)	S _a =1.25×10 ⁻¹⁶ M ₀ ^{2/3} [dyne-cm] (笹谷ほか(2006)のM ₀ -S _a 関係)
	すべり量	D _a (m)	D _a =2D
	地震モーメント	M _{0a} (N・m)	M _{0a} =μD _a S _a
	応力降下量	Δσ _a (MPa)	Δσ _a =A/(4πβ ²)/(S _a /π) ^{0.5}
背景領域	面積	S _b (km ²)	S _b =S-S _a
	すべり量	D _b (m)	D _b =M _{0b} /(μS _b)
	地震モーメント	M _{0b} (N・m)	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	実効応力	Δσ _b (MPa)	Δσ _b =0.2Δσ _a
Q値	Q	110f ^{0.69}	佐藤ほか(1994)

第5.6.18表(4) 茨城県南部の地震の断層パラメータ
(不確かさを考慮したケース:地震規模)

項目		設定値	設定方法
基準点 (断層北西端)	N(°)	36.277	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域の北端
	E(°)	140.07	
上端深さ	h(km)	33~53	フィリピン海プレートの上面位置
気象庁マグニチュード	M _j	7.4	M _j =M _w
モーメントマグニチュード	M _w	7.4	与条件
地震モーメント	M ₀ (N・m)	1.58E+20	logM ₀ =1.5M _w +9.1, Hanks and Kanamori (1979)
走向	θ(°)	140.7	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレート内の地震を想定する領域
傾斜角	δ(°)	90	中央防災会議(2013)
ずれの種類	—	右横ずれ	長谷川ほか(2013)
すべり角	λ(°)	180	長谷川ほか(2013)
平均応力降下量	Δσ(MPa)	10.3	中央防災会議(2013)
断層面積	S(km ²)	1120	与条件より算定
長さ	L(km)	56	L=S/W
幅	W(km)	20	中央防災会議(2013)のフィリピン海プレートの厚さ
密度	ρ(g/cm ³)	2.875	μ=ρV _s ²
せん断波速度	V _s (km/s)	4.0	佐藤(2003)
剛性率	μ(N/m ²)	4.6E+10	中央防災会議(2013)
平均すべり量	D(m)	3.08	D=M ₀ /(μS)
破壊伝播速度	V _r (km/s)	2.9	中央防災会議(2013)
高周波遮断係数	f _{max} (Hz)	13.5	地震調査研究推進本部の海溝型地震
アスペリティ 全体	面積	S _a (km ²)	187 S _a =0.167S
	すべり量	D _a (m)	6.15 D _a =2D
	地震モーメント	M _{0a} (N・m)	5.28E+19 M _{0a} =μD _a S _a
	応力降下量	Δσ _a (MPa)	62 中央防災会議(2013)
	短周期レベル(参考)	A _a (N・m/s ²)	9.61E+19 A _a =4πr _a Δσ _a V _s ²
各 アスペリティ	面積	S _{a1} (km ²)	93 S _{a1} =S _a /2
	すべり量	D _{a1} (m)	6.15 D _{a1} =D _a
	地震モーメント	M _{0a1} (N・m)	2.64E+19 M _{0a1} =μD _{a1} S _{a1}
	応力降下量	Δσ _{a1} (MPa)	62 中央防災会議(2013)
	短周期レベル(参考)	A _{a1} (N・m/s ²)	6.79E+19 A _{a1} =4πr _{a1} Δσ _{a1} V _s ²
背景領域	面積	S _b (km ²)	933 S _b =S-S _a
	すべり量	D _b (m)	2.46 D _b =M _{0b} /(μS _b)
	地震モーメント	M _{0b} (N・m)	1.06E+20 M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	実効応力	Δσ _b (MPa)	12.4 Δσ _b =0.2Δσ _a
Q値	Q	110f ^{0.69}	佐藤ほか(1994)

第5.6.19表 検討対象とする内陸地殻内地震

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

第 5.6.20 表 2008 年岩手・宮城内陸地震の震源域と敷地近傍の比較

項目	比較結果	2008年岩手・宮城内陸地震の震源域	敷地近傍
地質	△	<ul style="list-style-type: none"> 震源域近傍には、主に中新統から鮮新統の堆積岩・火山岩等、第四系の火山岩類が分布する。 	<ul style="list-style-type: none"> 敷地近傍には、中新統の堆積岩、鮮新統の堆積岩、更新統の段丘堆積物等、完新統の沖積層及び砂丘砂層が分布する。
地質構造	×	<ul style="list-style-type: none"> 震源域近傍には、中新世以降に形成された褶曲構造が認められる。 カルデラが密集することから、地質構造が複雑である。 	<ul style="list-style-type: none"> 敷地近傍に広く分布する鮮新統～下部更新統(久米層)及びこれを不整合に覆う上部更新統はほぼ水平に分布している。 敷地近傍にカルデラは分布しない。
変動地形等	×	<ul style="list-style-type: none"> 下記の観点より、震源域近傍は変動地形等の認識が難しい地域である。 <ul style="list-style-type: none"> 震源域は山間部に位置し、近傍に河成段丘が一部分布するのみであり、指標となる地形が少ない。 大規模地すべりを含めた地すべりが密集している。 田力ほか(2009)⁽⁶⁰⁾によると、爪木立付近には短いながら明瞭な断層変位地形があり、低位段丘礫層堆積期以降に複数回、比較的活発な活動を繰り返していることが明らかとなった。 	<ul style="list-style-type: none"> 下記の観点より、敷地近傍は変動地形等が認識しやすい地域である。 <ul style="list-style-type: none"> 陸域には後期更新世以降に形成された段丘面が広く分布している。 地すべりが認められない。 海域には堆積層からなる鮮新統及び下部更新統が水平に広く分布している。 変動地形学的調査の結果、敷地近傍陸域に変動地形は認められない。
火山	×	<ul style="list-style-type: none"> 火山フロントに近接する。 	<ul style="list-style-type: none"> 火山フロントの遠方に位置する。
地震地体構造	×	<ul style="list-style-type: none"> 東北日本弧内帯(8C)(垣見ほか(2003)) 	<ul style="list-style-type: none"> 東北日本弧外帯(8B)(垣見ほか(2003))
応力場	×	<ul style="list-style-type: none"> 防災科学技術研究所(2013)⁽⁶¹⁾において、ひずみ集中帯と指摘されている。 東西圧縮の逆断層型が卓越 	<ul style="list-style-type: none"> ひずみ集中帯と指摘している文献はない。 敷地周辺の茨城県北部では南西－北東引張の正断層型が卓越

【凡例】 ○：類似性あり、△：類似性低い～一部あり、×：類似性なし

第 5.6.21 表 2000 年鳥取県西部地震の震源域と敷地近傍の比較

項目	比較結果	2000年鳥取県西部地震の震源域	敷地近傍
地質	×	<ul style="list-style-type: none"> 震源域近傍には、主に白亜系～古第三系の花崗岩及び中新統の安山岩～玄武岩の岩脈が分布する。 	<ul style="list-style-type: none"> 敷地近傍には、中新統の堆積岩、鮮新統の堆積岩、更新統の段丘堆積物等、完新統の沖積層及び砂丘砂層が分布する。
地質構造	×	<ul style="list-style-type: none"> 第四紀中期以降に新たに断層面を形成して、断層が発達しつつあり、活断層の発達過程としては初期ないし未成熟な段階にある。 	<ul style="list-style-type: none"> 敷地近傍に広く分布する鮮新統～下部更新統(久米層)及びこれを不整合に覆う上部更新統はほぼ水平に分布している。
変動地形等	×	<ul style="list-style-type: none"> 下記の観点より、震源域近傍は変動地形等の認識が難しい地域である。 <ul style="list-style-type: none"> 岡田(2002)⁽⁶²⁾によると、震源域近傍の活断層の特徴として、第四紀中期以降に新たな断層面を形成して断層が発達しつつあり、活断層の発達過程としては初期ないし未成熟な段階にある。 震源域に震源断層の方向とほぼ一致する短く断続するリニアメント群が判読されるとともにリニアメント沿いで水平に近い条線をもつ断層露頭が多く確認され、これらの断層は横ずれ断層に伴うフラワー構造を呈して地下では1本の断層に収斂すると推測されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 下記の観点より、敷地近傍は変動地形等が認識しやすい地域である。 <ul style="list-style-type: none"> 陸域には後期更新世以降に形成された段丘面が広く分布している。 地すべりが認められない。 海域には堆積層からなる鮮新統及び下部更新統が水平に広く分布している。 変動地形学的調査の結果、敷地近傍陸域に変動地形は認められない。
火山	×	<ul style="list-style-type: none"> 火山フロントに近接する。 	<ul style="list-style-type: none"> 火山フロントの遠方に位置する。
地震地体構造	×	<ul style="list-style-type: none"> 中国山地・瀬戸内海(10C5)(垣見ほか(2003)) 	<ul style="list-style-type: none"> 東北日本弧外帯(8B)(垣見ほか(2003))
応力場	×	<ul style="list-style-type: none"> 西村(2014)⁽⁶³⁾において、ひずみ集中帯と指摘されている。 東西圧縮の横ずれ断層型が卓越 	<ul style="list-style-type: none"> ひずみ集中帯と指摘している文献はない。 敷地周辺の茨城県北部では南西-北東引張の正断層型が卓越

【凡例】 ○：類似性あり、△：類似性低い～一部あり、×：類似性なし

第 5.6.22 表 設計用応答スペクトルのコントロールポイント

(水平成分)

応答スペクトル		コントロールポイント					
		T _A	T _B	T _C	T _D	T _E	T _F
S _s -D _H	周期 (s)	0.02	0.09	0.13	0.45	2.00	5.00
	速度 (cm/s)	2.228	25.783	37.242	125.335	220.000	220.000

T_A~T_Hは周期(s)

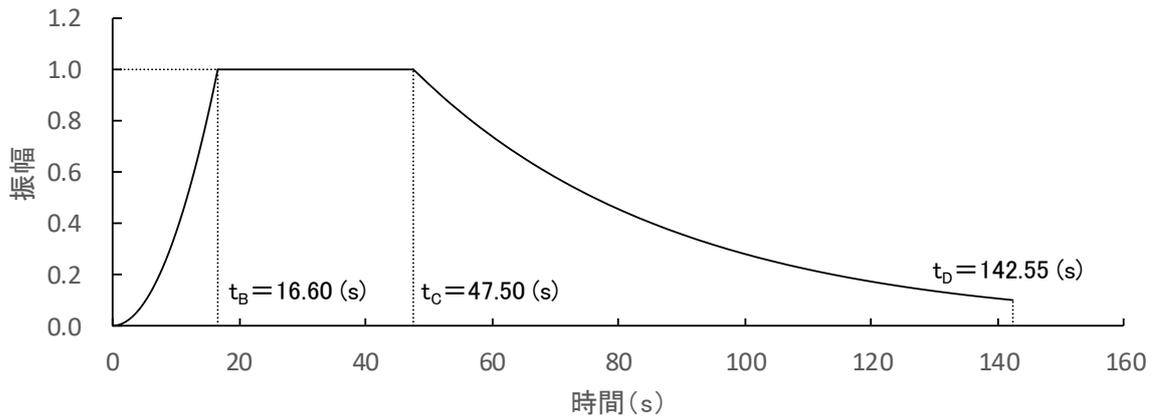
(鉛直成分)

応答スペクトル		コントロールポイント							
		T _A	T _B	T _C	T _D	T _E	T _F	T _G	T _H
S _s -D _V	周期 (s)	0.02	0.09	0.13	0.20	0.60	1.00	2.00	5.00
	速度 (cm/s)	1.592	16.473	24.828	38.197	85.000	100.000	110.000	110.000

T_A~T_Hは周期(s)

第 5.6.23 表 振幅包絡線の経時的変化

種別	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化(s)		
		t_B	t_C	t_D
Ss-D _H	142.55	16.60	47.50	142.55
Ss-D _v	142.55	16.60	47.50	142.55



M=8.3、 $X_{eq}=144.9\text{km}$ として評価

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

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

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

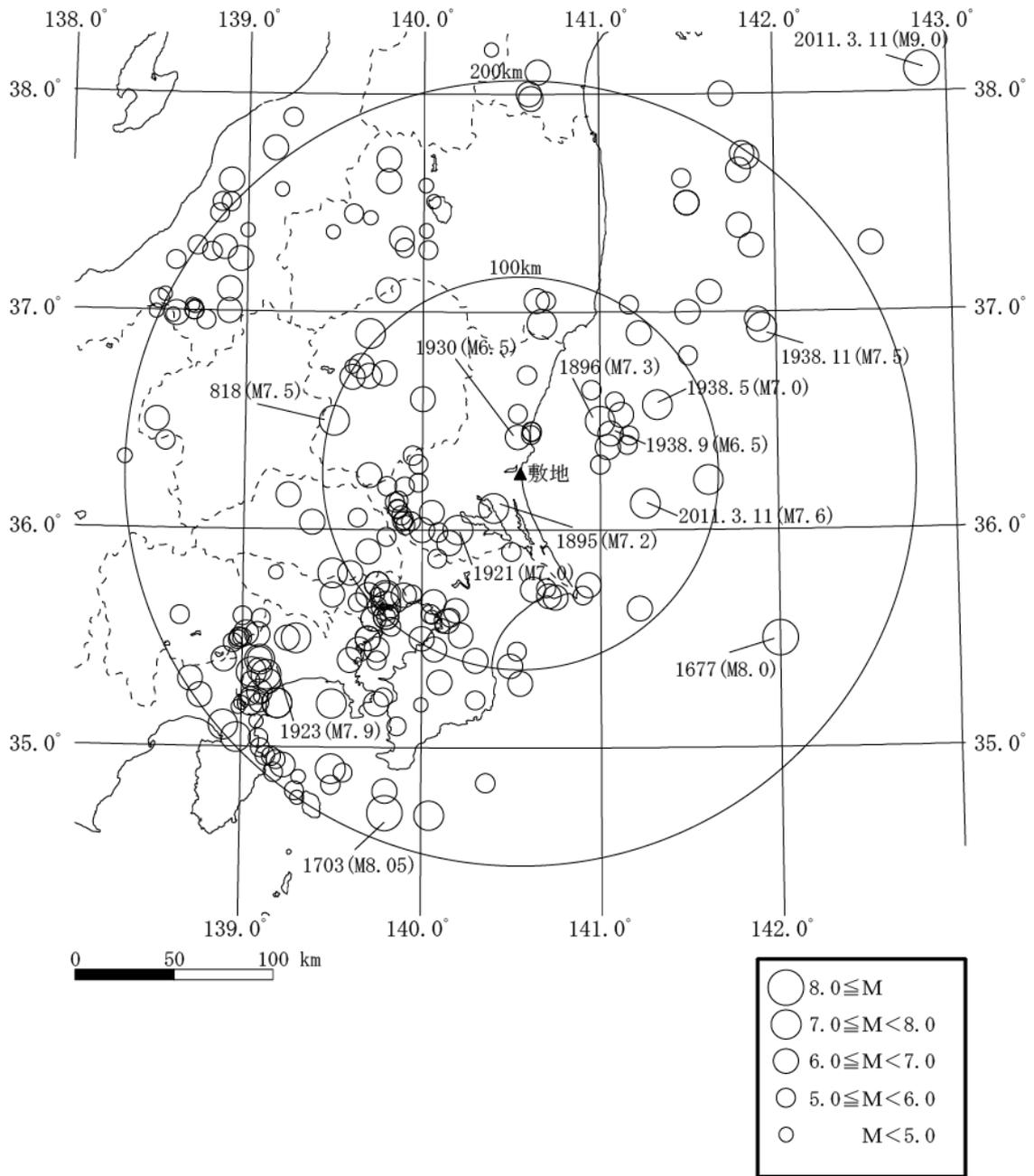
$$E(t) = \begin{cases} (t/t_B)^2 & 0 \leq t \leq t_B \\ 1 & t_B \leq t \leq t_C \\ \exp[(\ln 0.1)(t-t_C)/(t_D-t_C)] & t_C \leq t \leq t_D \end{cases}$$

第 5.6.24 表 模擬地震波の作成結果

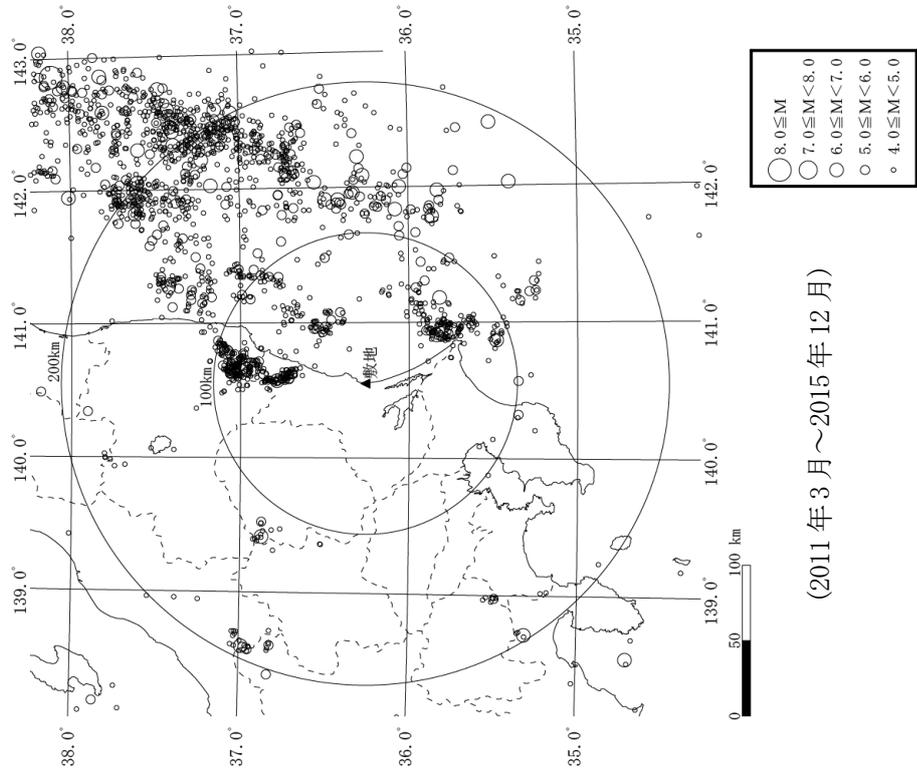
種別	作成条件	作成結果			
	応答スペクトル	最大加速度 (cm/s^2)	継続時間等	応答スペクトル比	SI比
Ss-D _H	第 5.6.30 図 (1)	700	第 5.6.36 図	第 5.6.35 図	1.0以上
Ss-D _v	第 5.6.30 図 (2)	500	第 5.6.36 図	第 5.6.35 図	1.0以上

第 5. 6. 25 表 基準地震動 Ss の最大加速度

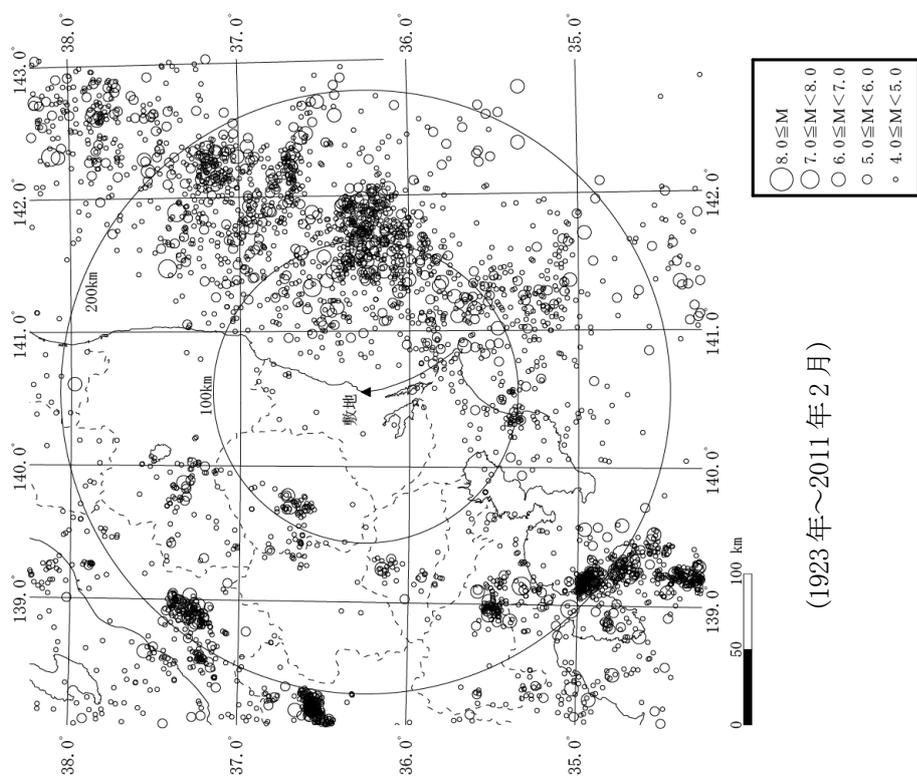
基準地震動		最大加速度 (cm/s ²)		
		NS成分	EW成分	UD成分
Ss-D	応答スペクトル手法による基準地震動	700		500
Ss-1	F3断層～F4断層による地震 (短周期レベルの不確かさ、破壊開始点1)	973	711	474
Ss-2	F3断層～F4断層による地震 (短周期レベルの不確かさ、破壊開始点2)	835	761	436
Ss-3	F3断層～F4断層による地震 (短周期レベルの不確かさ、破壊開始点3)	948	850	543
Ss-4	F3断層～F4断層による地震 (断層傾斜角の不確かさ、破壊開始点3)	740	630	405
Ss-5	2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	670	513	402



第 5.2.1 図 敷地周辺における過去の被害地震の震央分布

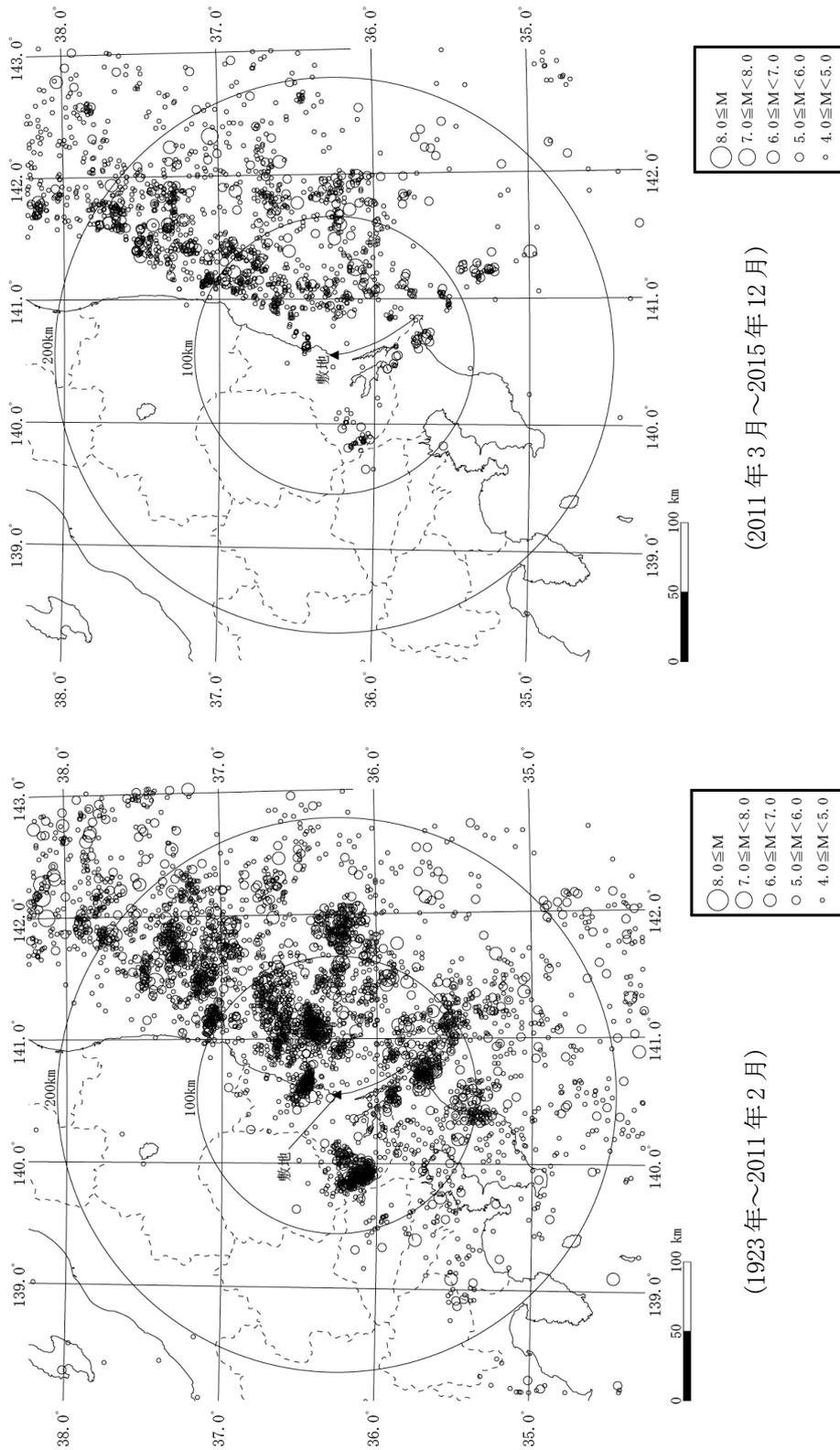


(2011年3月～2015年12月)



(1923年～2011年2月)

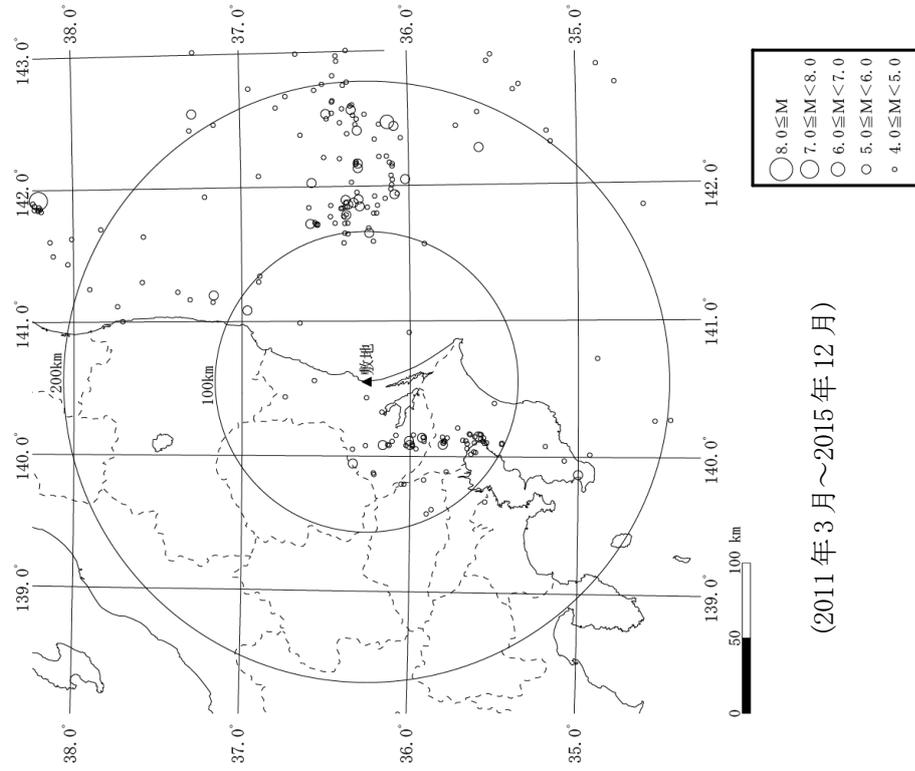
第5.2.2 図(1) 敷地周辺における M4.0 以上の地震の震央分布(深さ 30km 以浅)



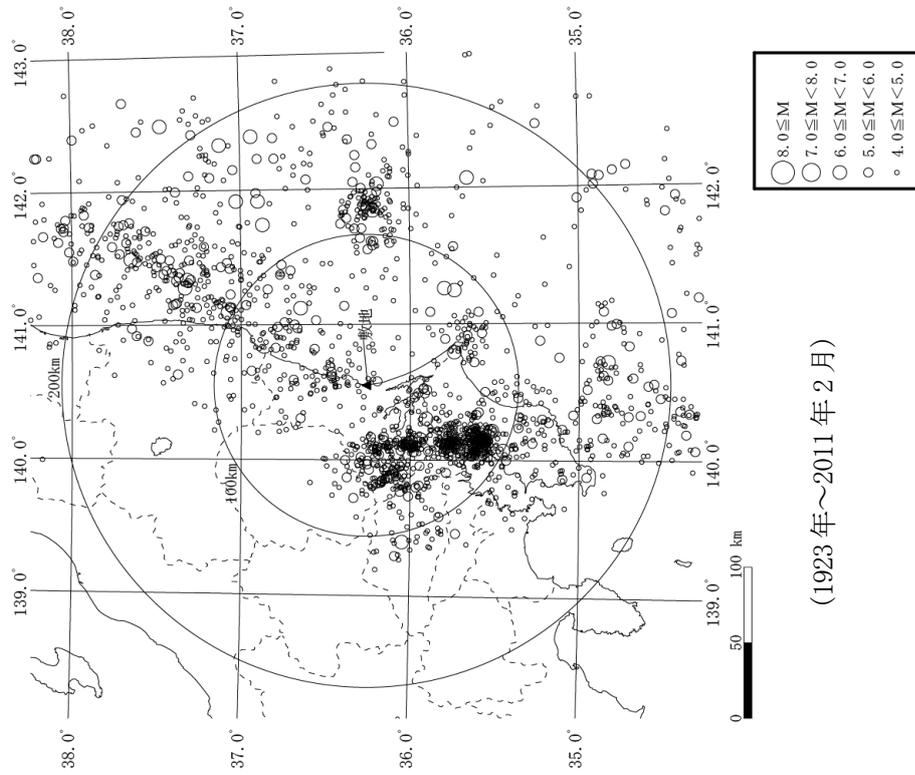
(2011年3月～2015年12月)

(1923年～2011年2月)

第5.2.2図(2) 敷地周辺におけるM4.0以上の地震の震央分布(深さ30km～60km)

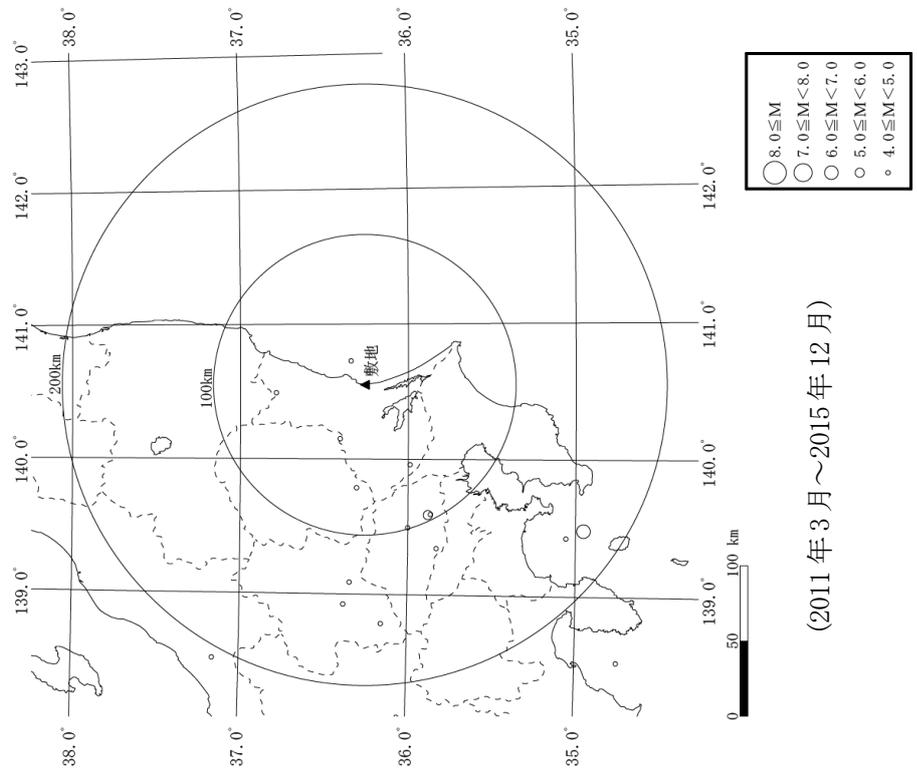


(2011年3月～2015年12月)

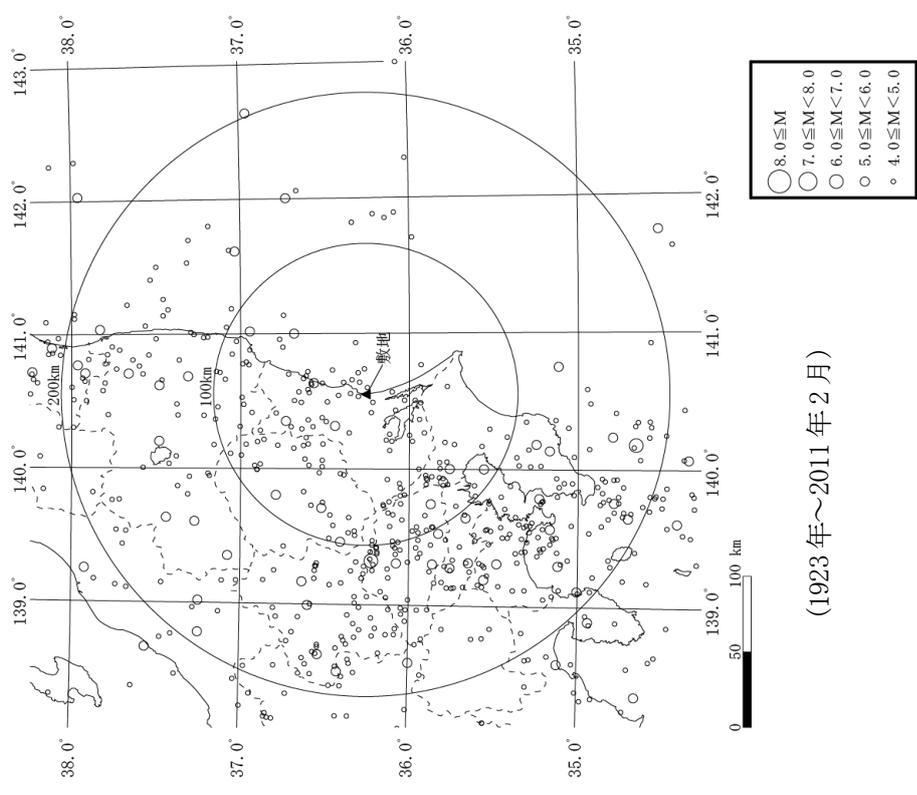


(1923年～2011年2月)

第5.2.2図(3) 敷地周辺におけるM4.0以上の地震の震央分布(深さ60km～90km)

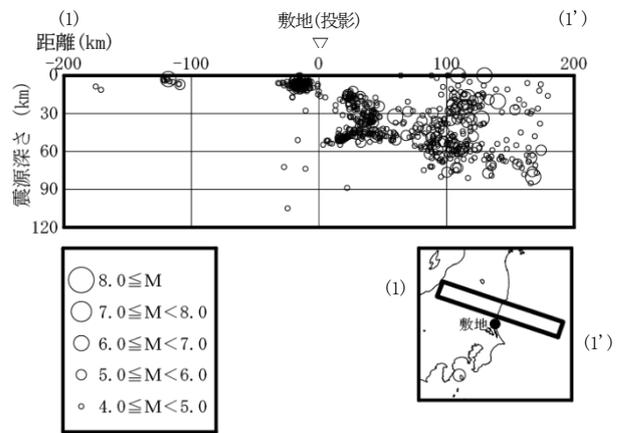
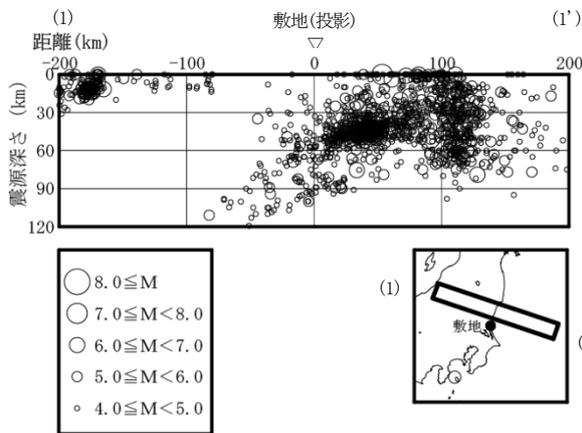


(2011年3月～2015年12月)



(1923年～2011年2月)

第5.2.2 図(4) 敷地周辺におけるM4.0以上の地震の震央分布(深さ90km以深)

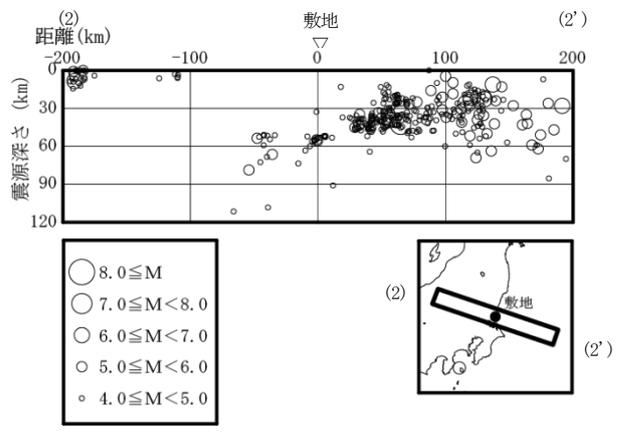
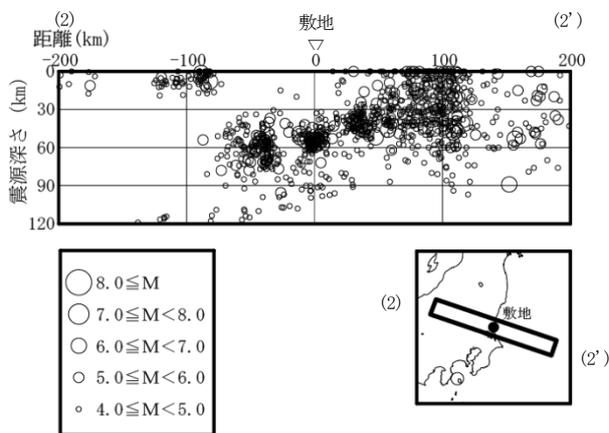


(1923年～2011年2月)

(2011年3月～2015年12月)

第5.2.3図(1) 敷地周辺におけるM4.0以上の地震の震源鉛直分布

((1)～(1')断面)

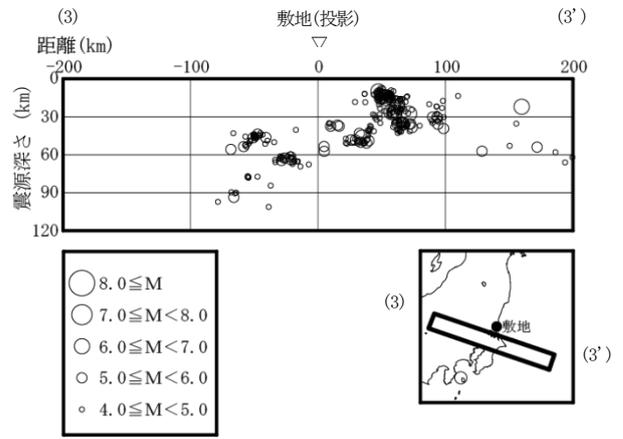
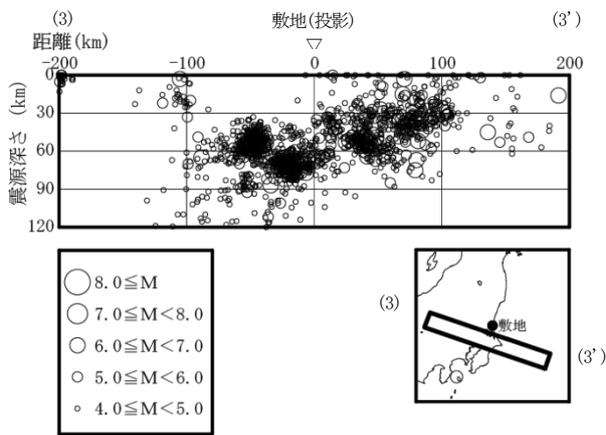


(1923年～2011年2月)

(2011年3月～2015年12月)

第5.2.3図(2) 敷地周辺におけるM4.0以上の地震の震源鉛直分布

((2)～(2')断面)

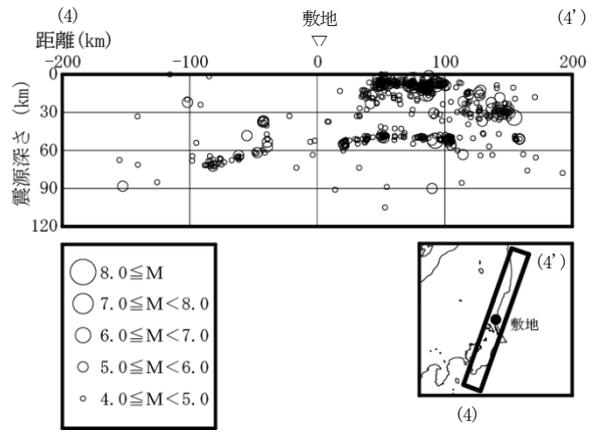
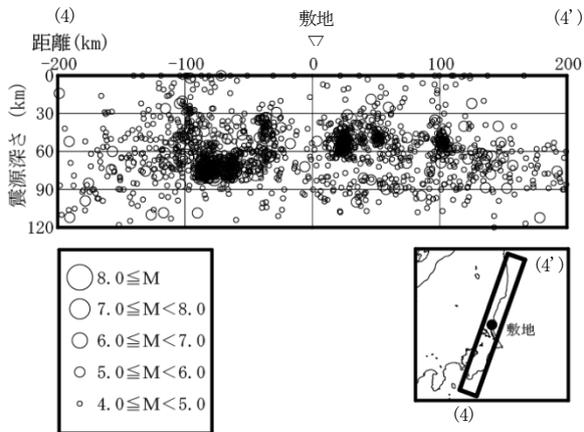


(1998年1月～2011年2月)

(2011年3月～2015年12月)

第5.2.3図(3) 敷地周辺におけるM4.0以上の地震の震源鉛直分布

((3)～(3')断面)

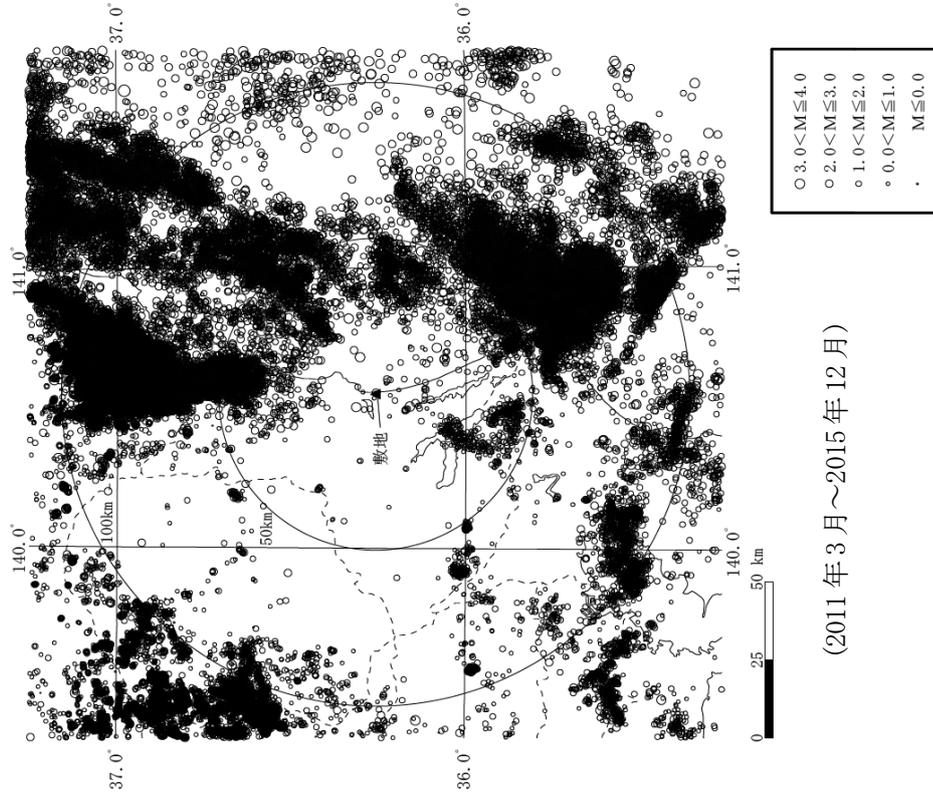


(1998年1月～2011年2月)

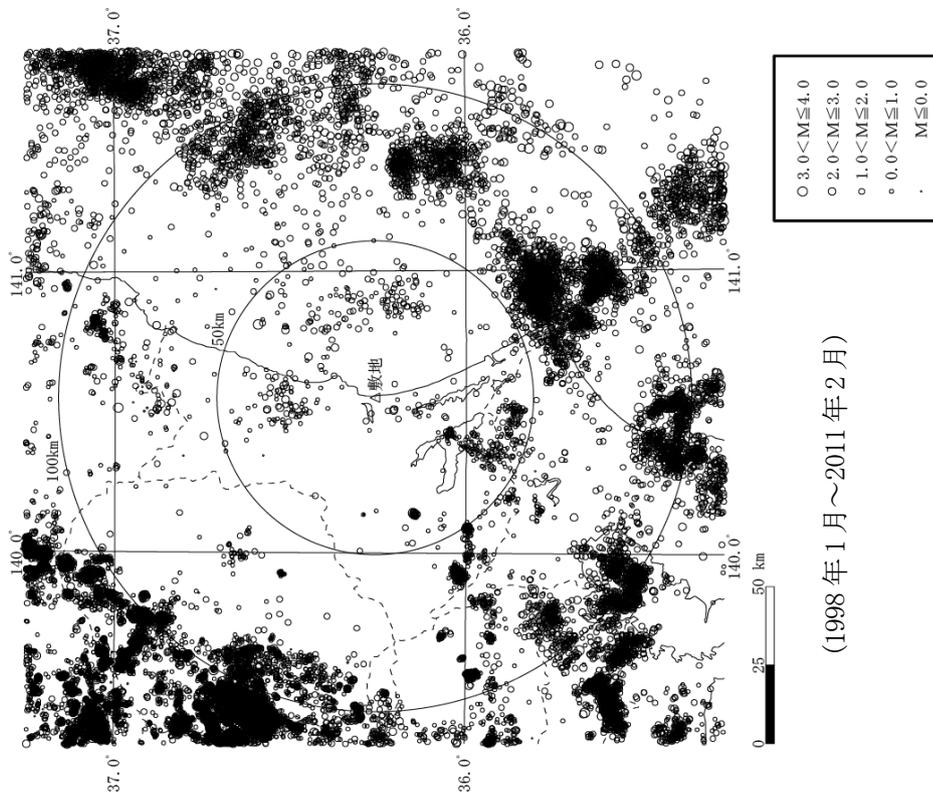
(2011年3月～2015年12月)

第5.2.3図(4) 敷地周辺におけるM4.0以上の地震の震源鉛直分布

((4)～(4')断面)

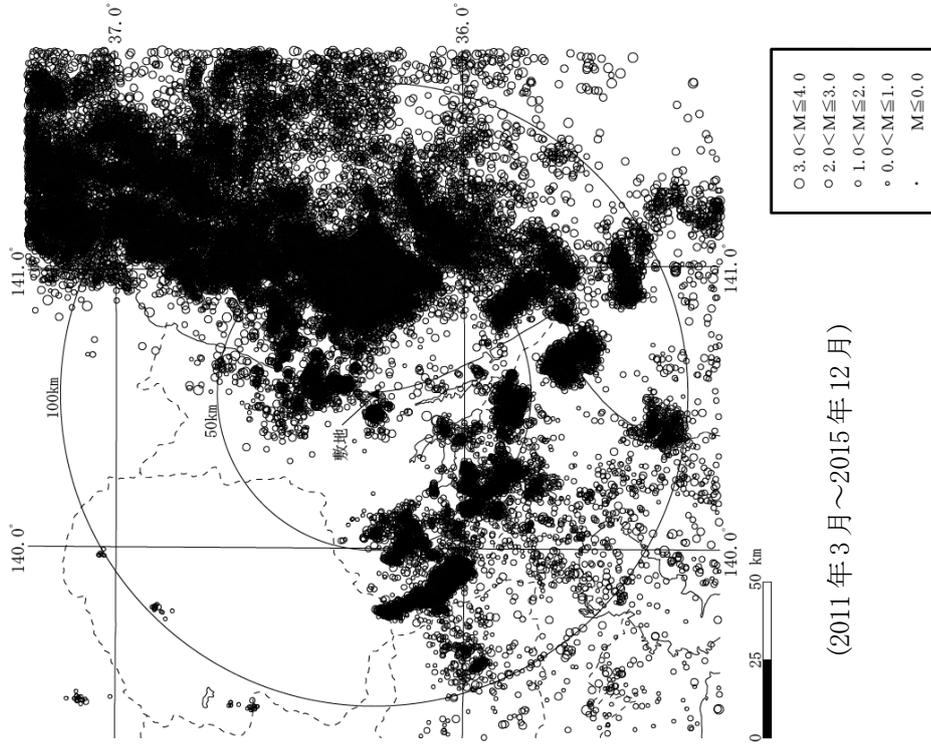


(2011年3月～2015年12月)

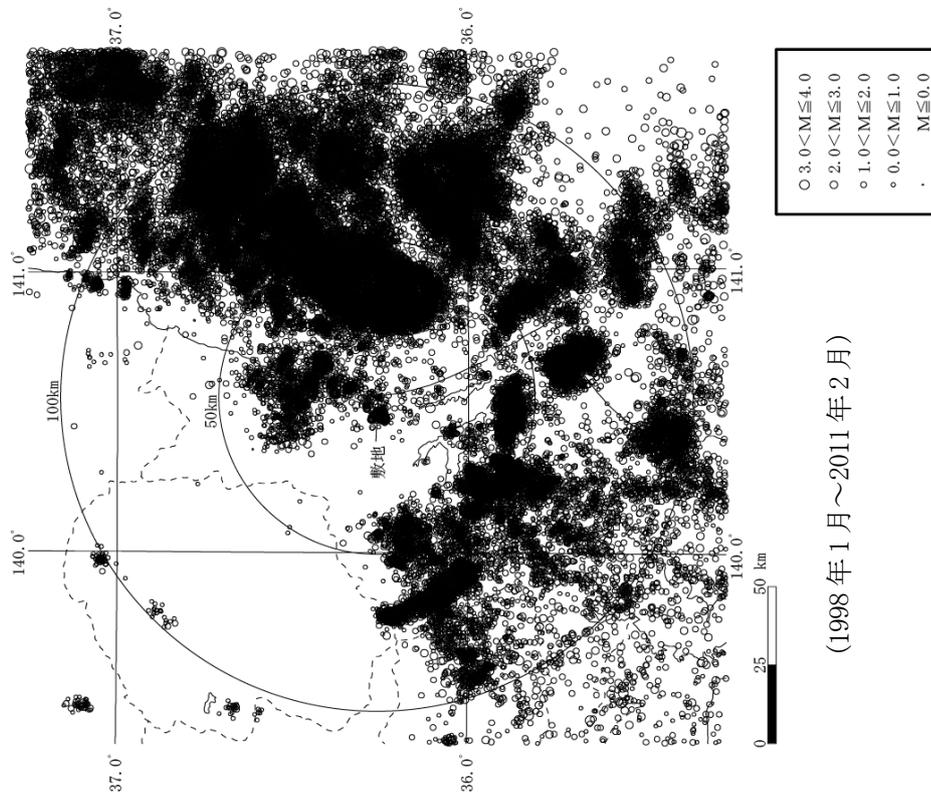


(1998年1月～2011年2月)

第5.2.4図(1) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震央分布(深さ30km以下)

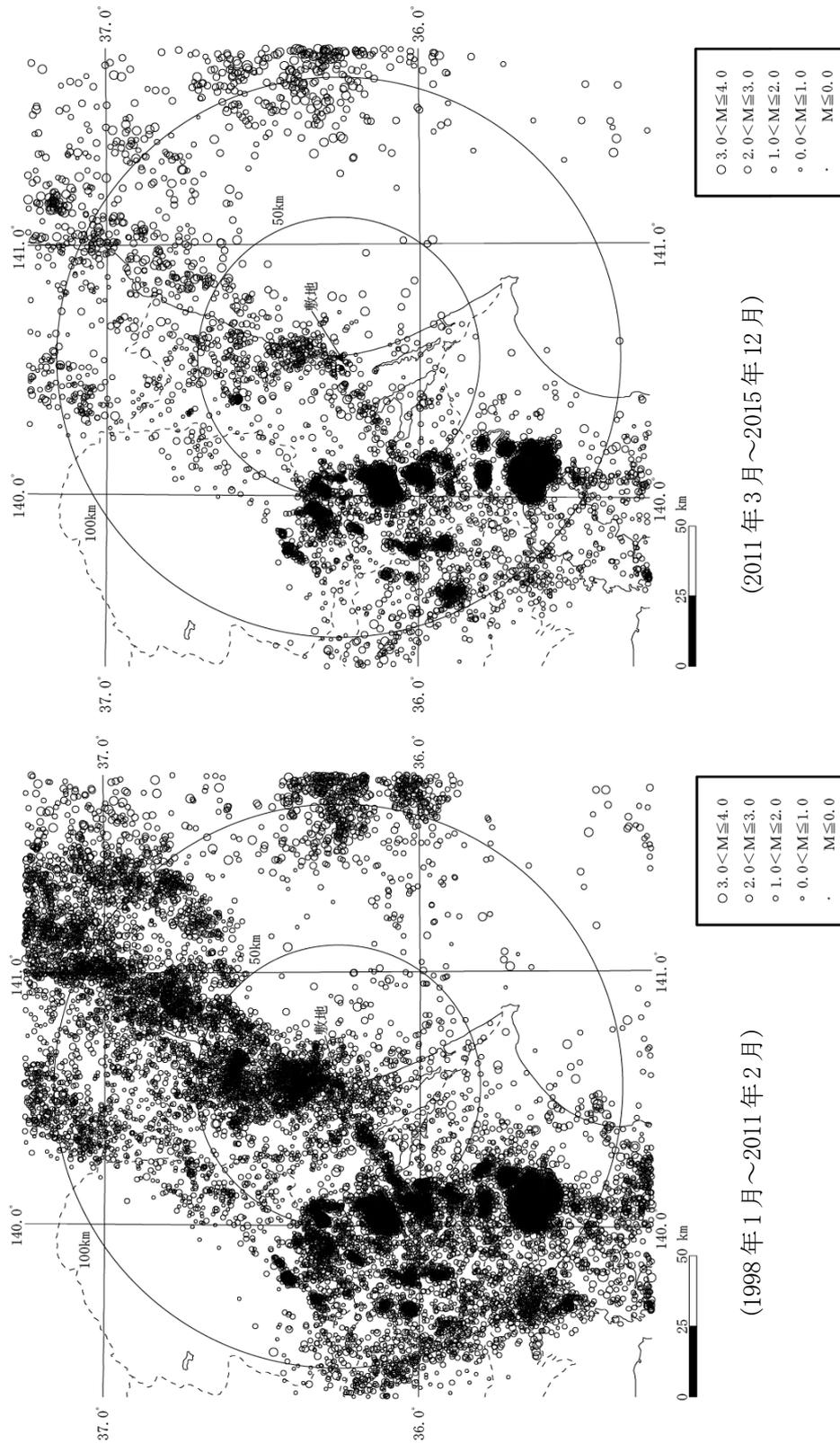


(2011年3月～2015年12月)

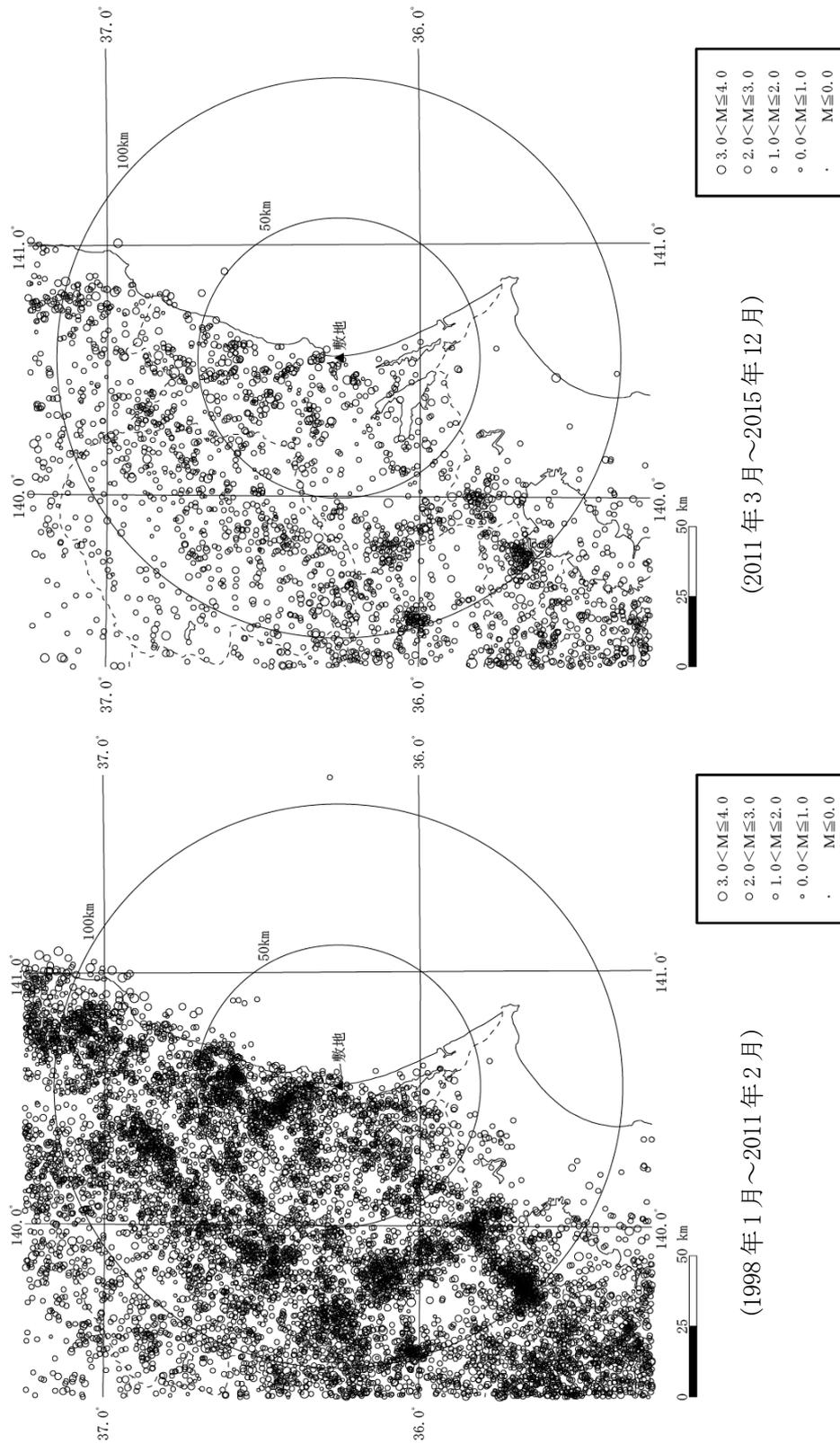


(1998年1月～2011年2月)

第5.2.4図(2) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震央分布(深さ30km～60km)



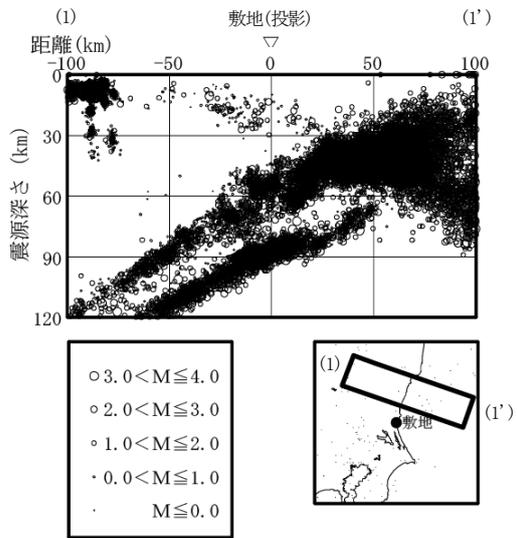
第5.2.4図(3) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震央分布(深さ60km～90km)



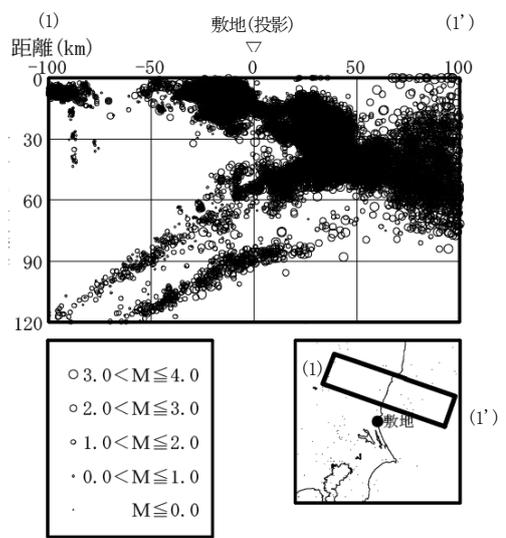
(2011年3月~2015年12月)

(1998年1月~2011年2月)

第5.2.4図(4) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震央分布(深さ90km以深)



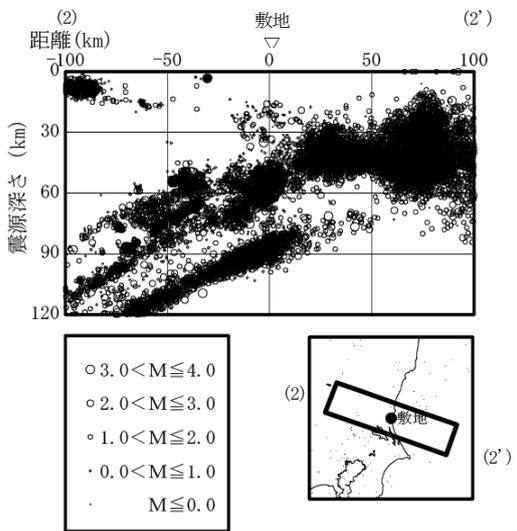
(1998年1月～2011年2月)



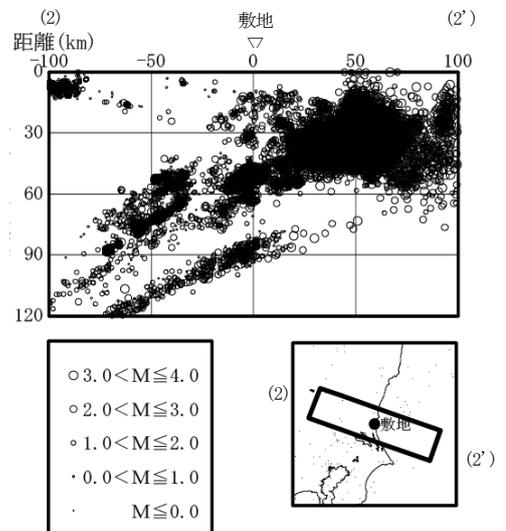
(2011年3月～2015年12月)

第5.2.5図(1) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震源鉛直分布

((1)～(1')断面)



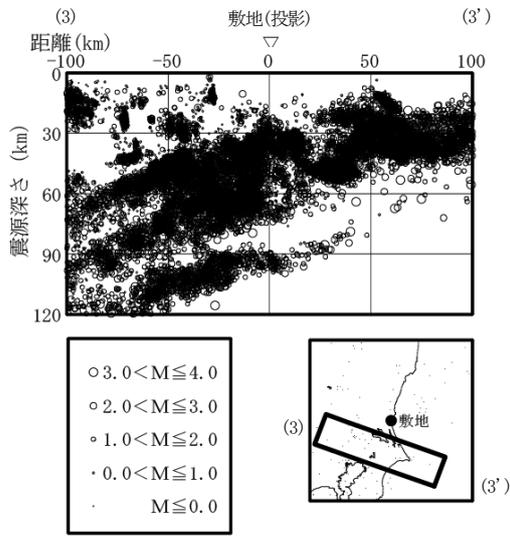
(1998年1月～2011年2月)



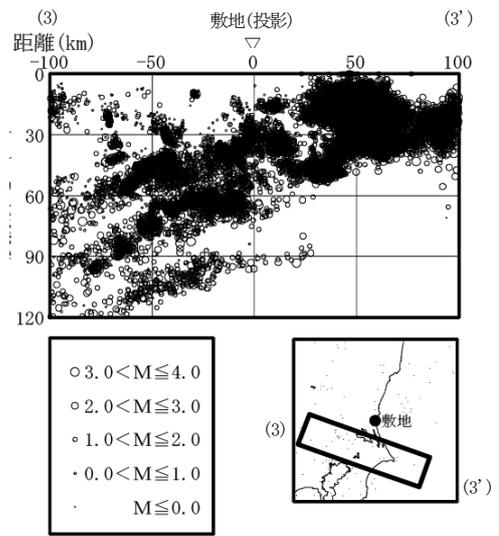
(2011年3月～2015年12月)

第5.2.5図(2) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震源鉛直分布

((2)～(2')断面)

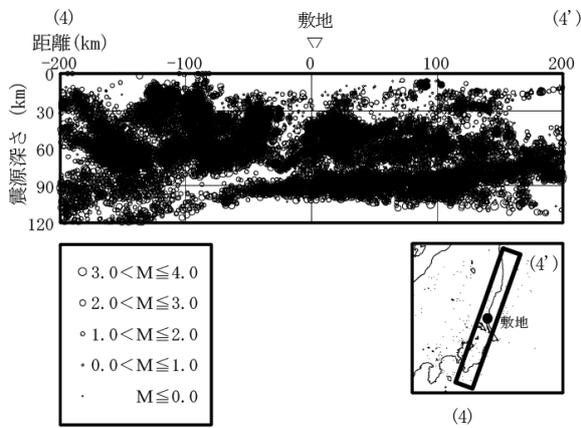


(1998年1月～2011年2月)

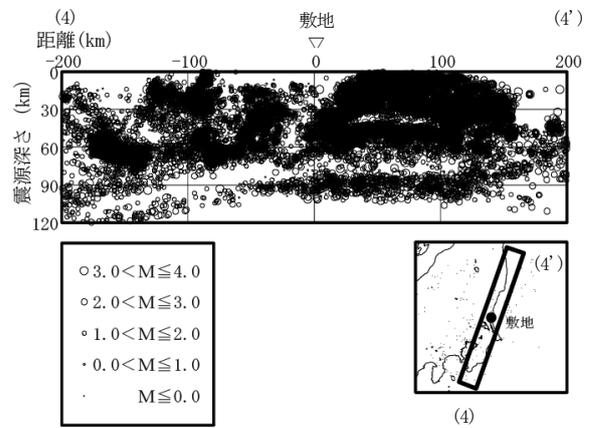


(2011年3月～2015年12月)

第5.2.5図(3) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震源鉛直分布
((3)～(3')断面)

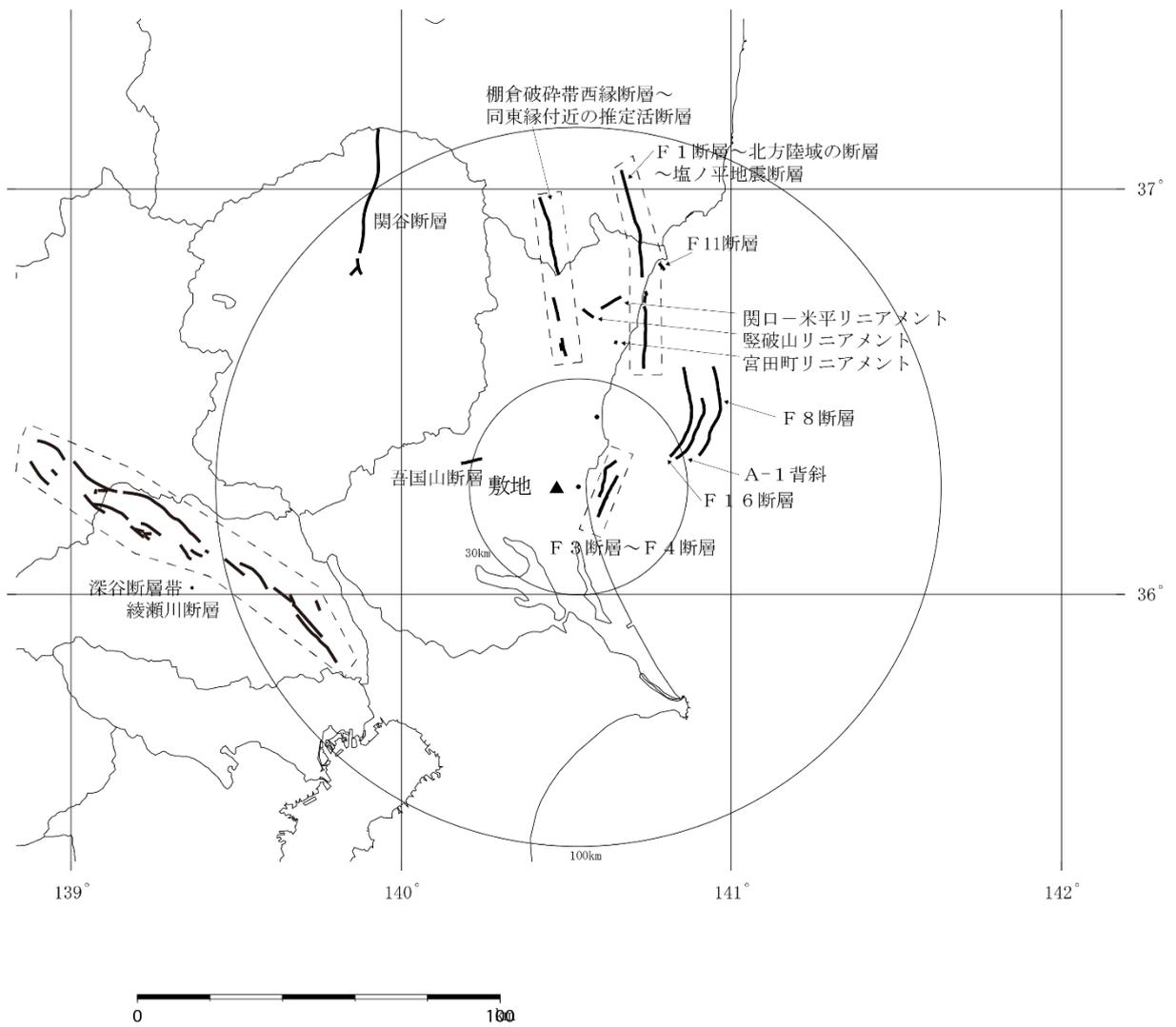


(1998年1月～2011年2月)

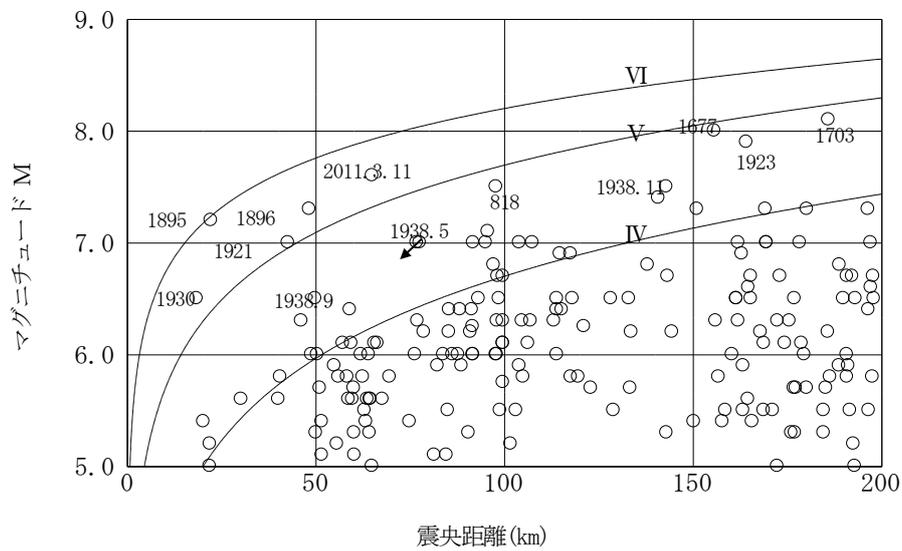


(2011年3月～2015年12月)

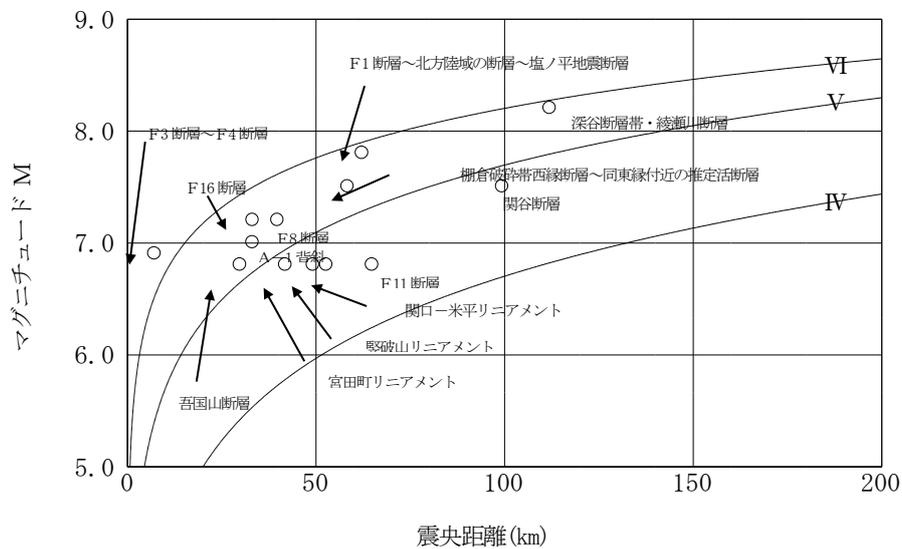
第5.2.5図(4) 敷地周辺におけるM4.0以下の地震の震源鉛直分布
((4)～(4')断面)



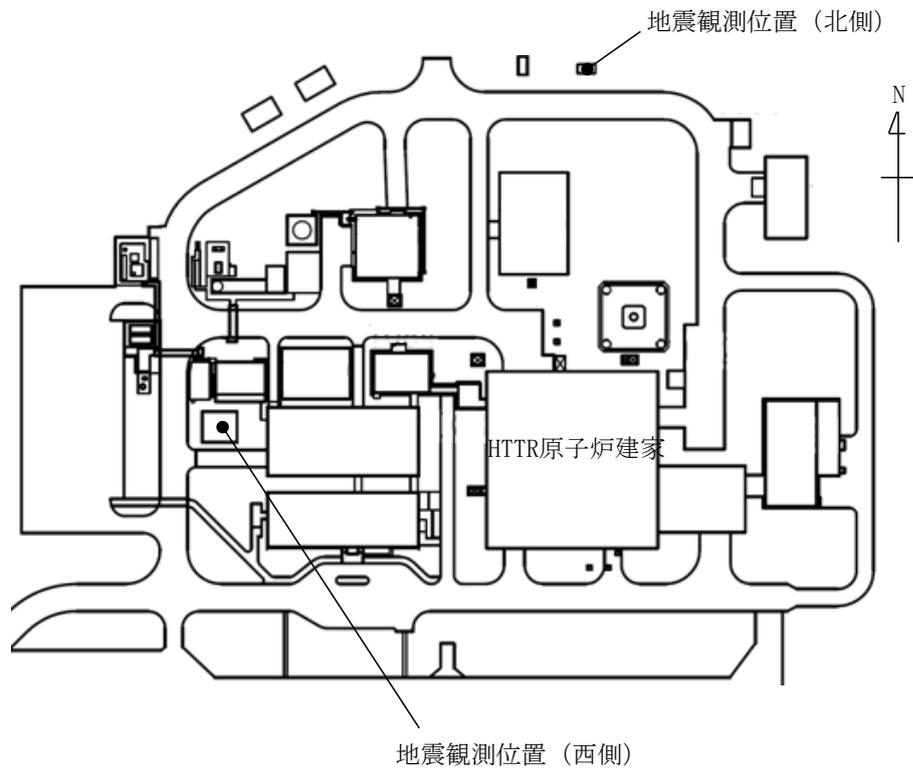
第5.3.1図 地質調査結果に基づく敷地周辺の活断層等の分布



第 5. 4. 1 図 敷地周辺の被害地震のマグニチュードー震央距離

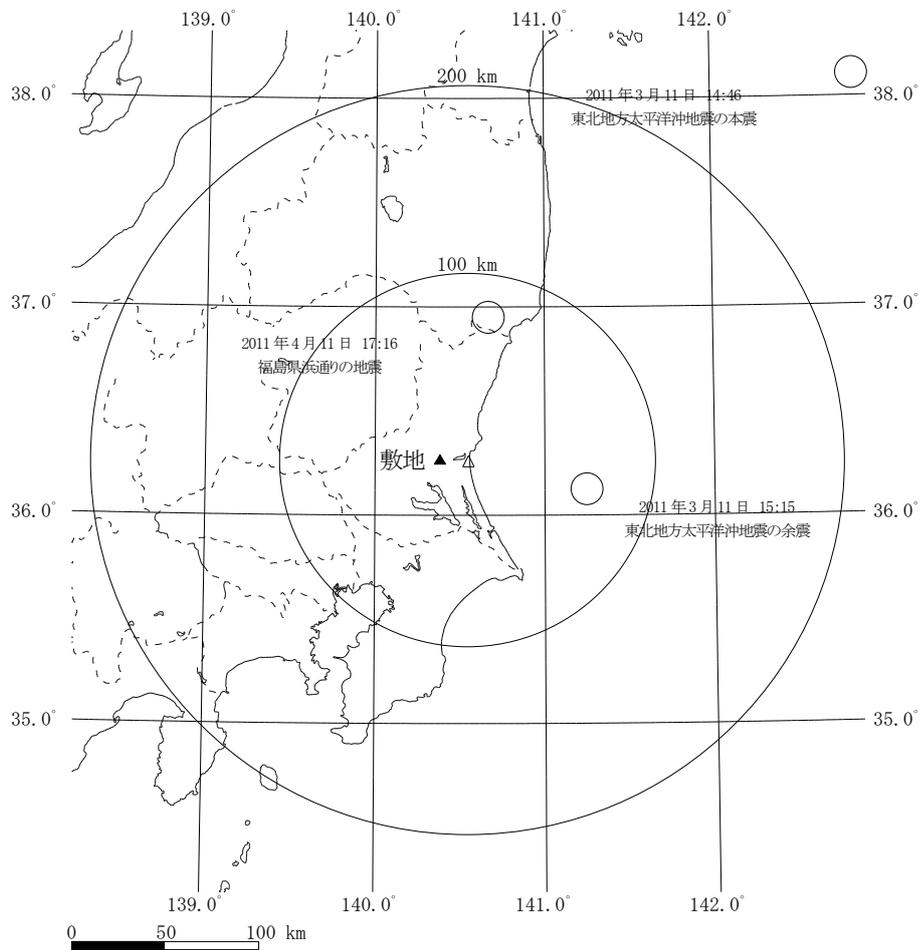


第 5. 4. 2 図 地質調査結果に基づく敷地周辺の
活断層等から想定されるマグニチュードー震央距離

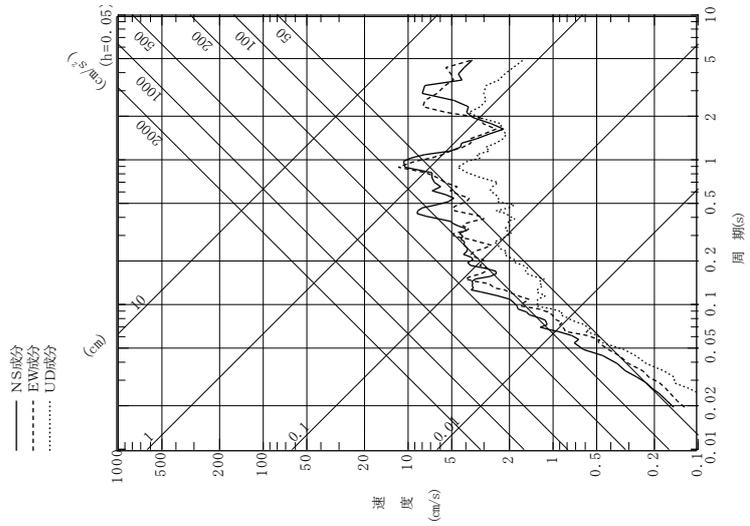


G. L.	地震観測位置		
	西側	北側	
0m			地表面
-1m	○		
-30m		○	
-32m	○		
-95m	○		
-172.5m			解放基盤表面
-174m	○		
-250m		○	

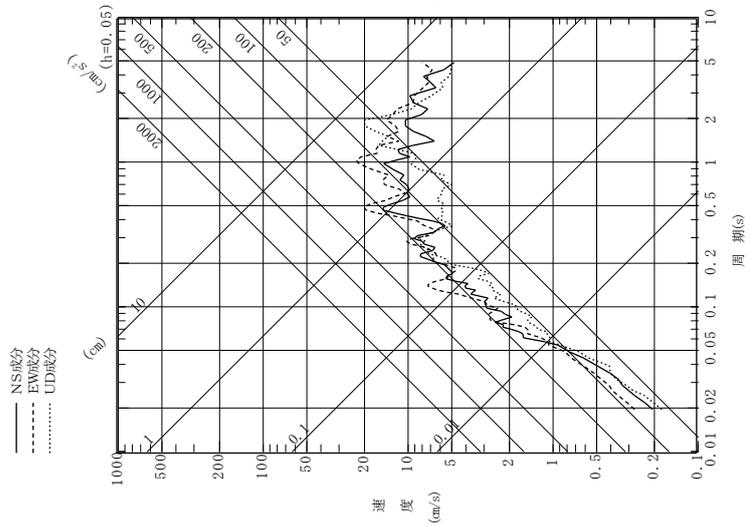
第 5.5.1 図 敷地における地震観測位置



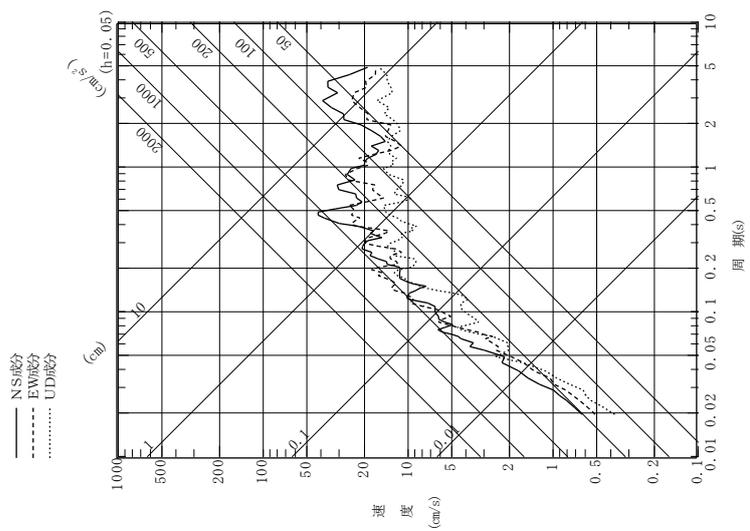
第 5. 5. 2 図 敷地地盤で観測された主な地震の震央分布



(2011年4月11日福島県浜通の地震)

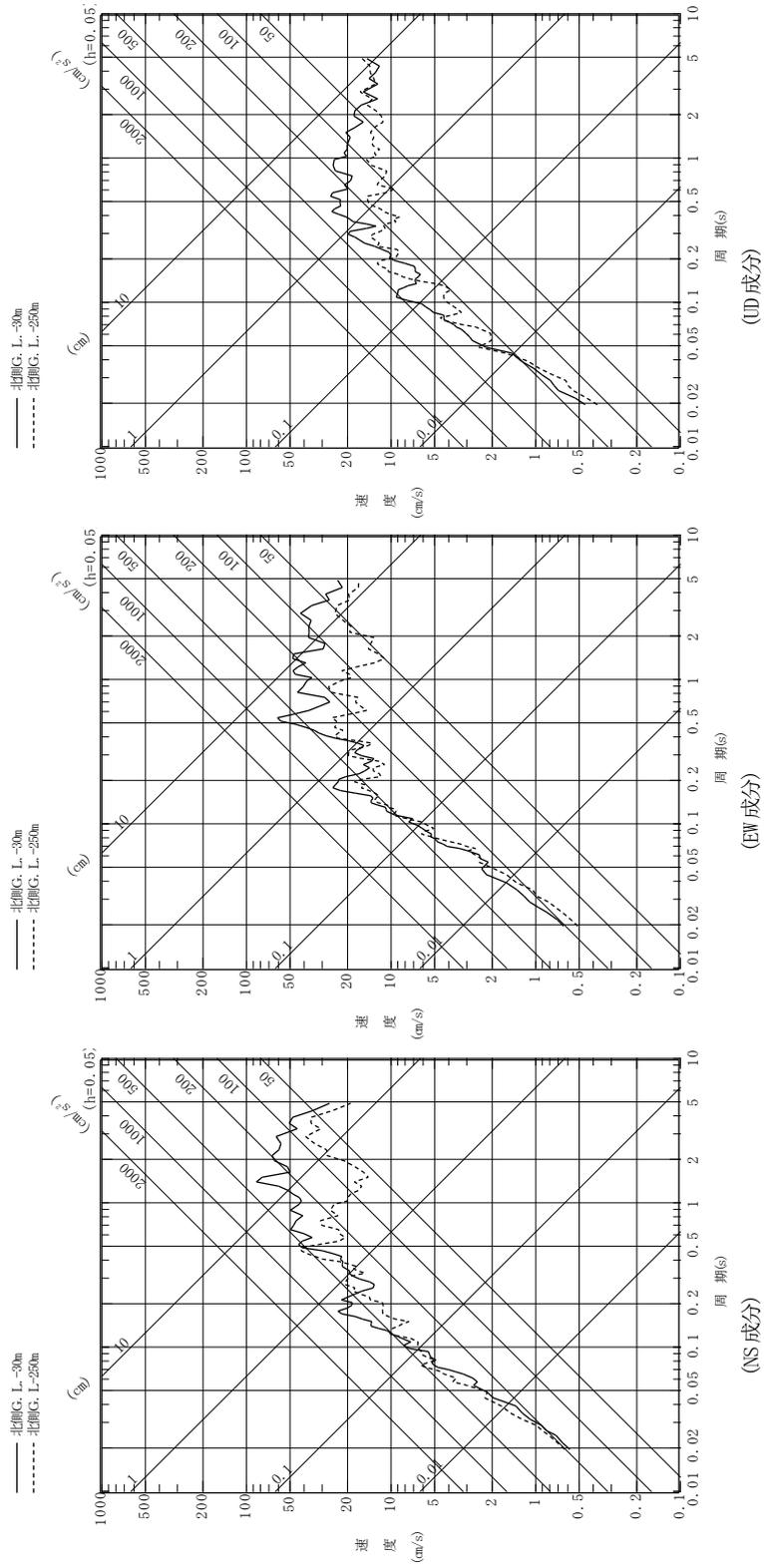


(2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の余震)

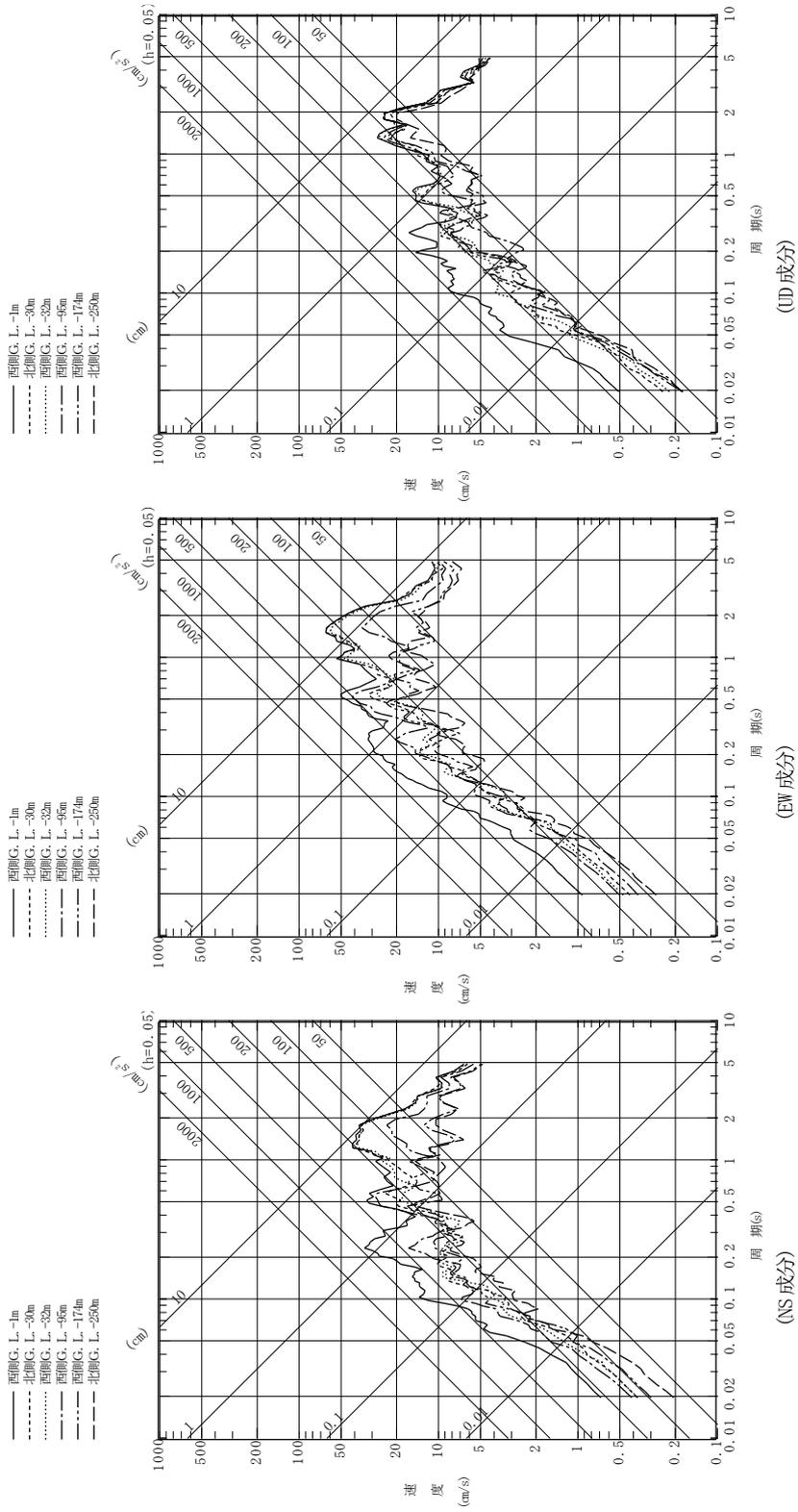


(2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の本震)

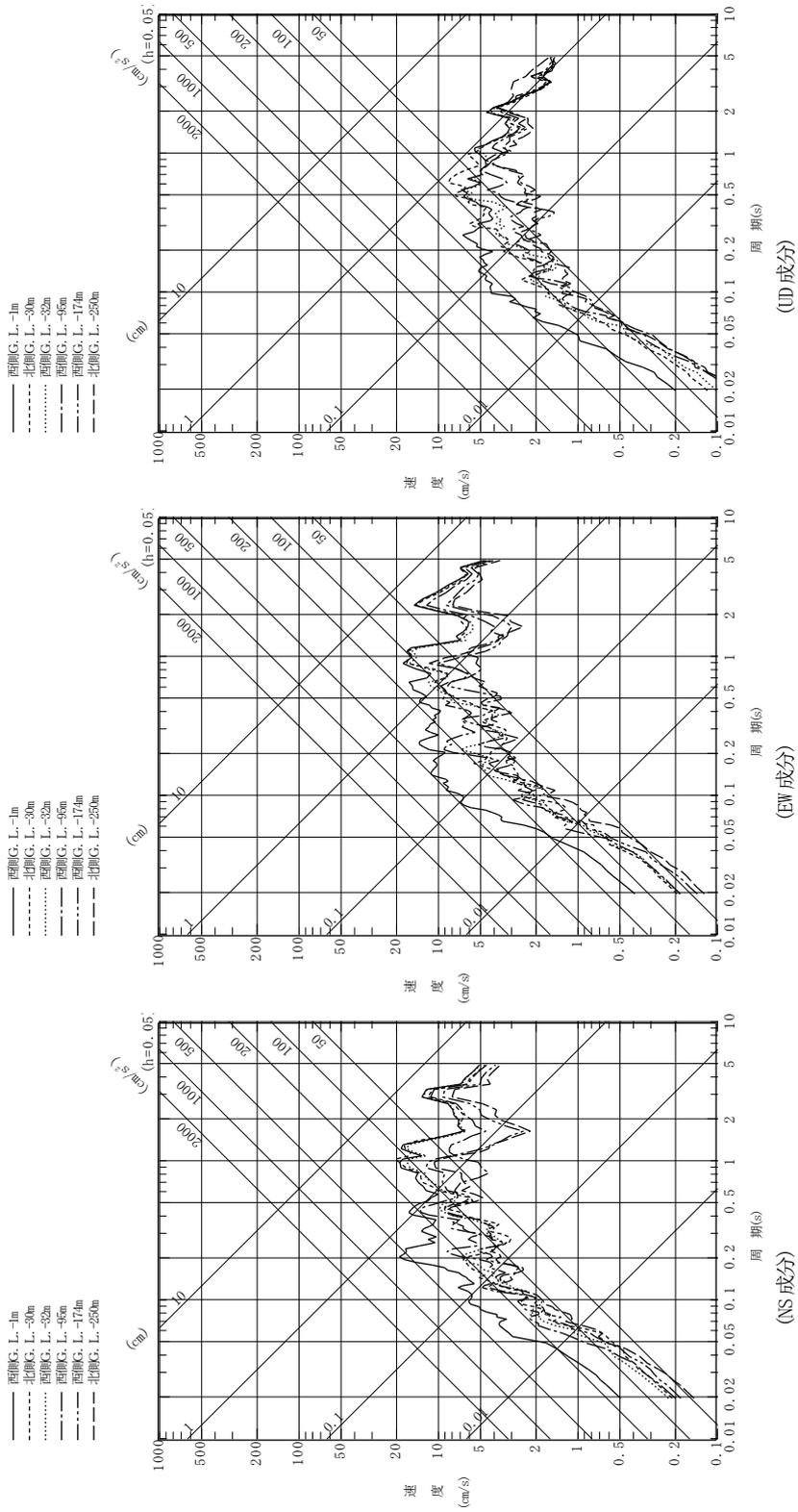
第5.5.3 観測記録の応答スペクトル
(地中最深部(G.L. -250m))



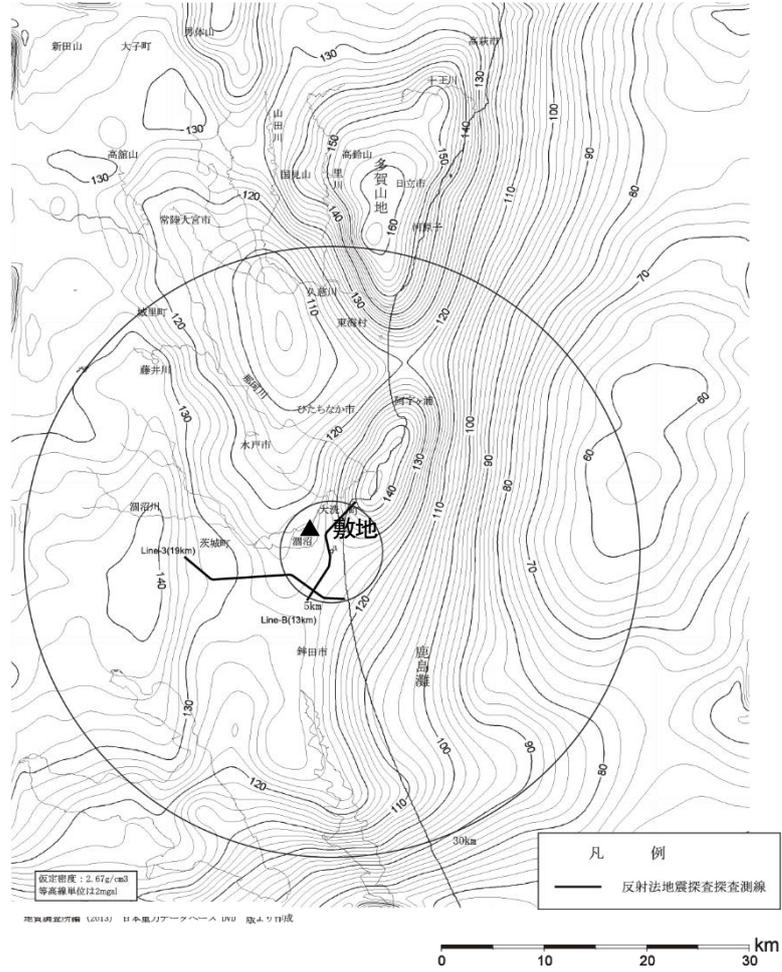
第 5.5.4 図(1) 観測記録の応答スペクトル
(各深度、2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の本震)



第 5.5.4 図(2) 観測記録の応答スペクトル
(各深度、2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の余震)

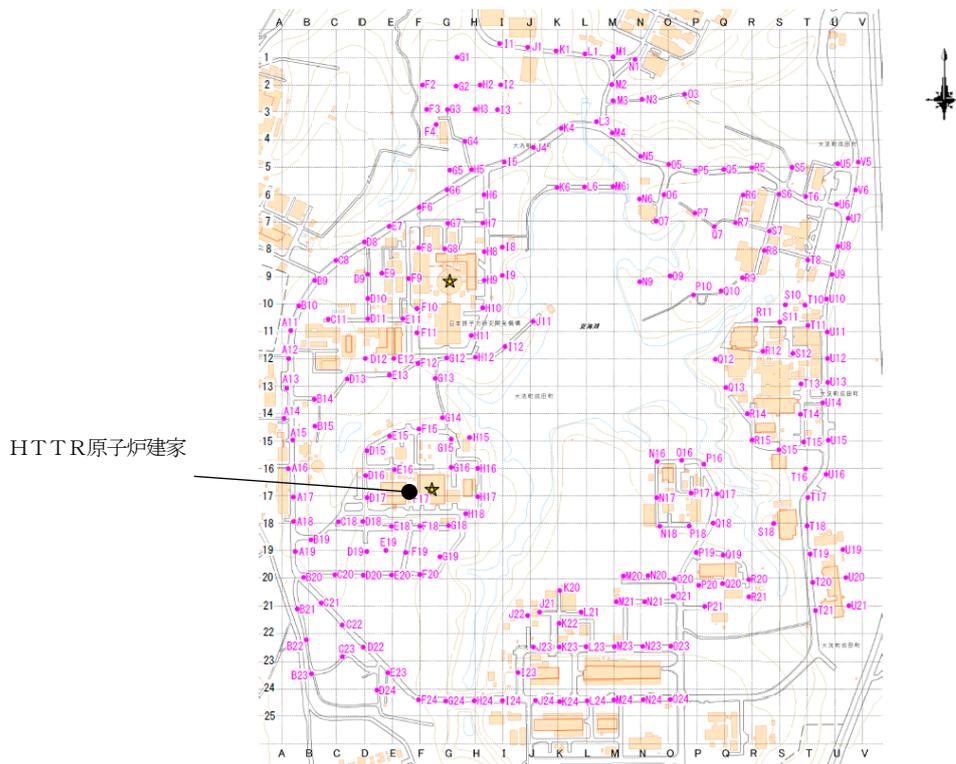


第 5.5.4 図(3) 観測記録の応答スペクトル
(各深度、2011 年 4 月 11 日福島県浜通りの地震)



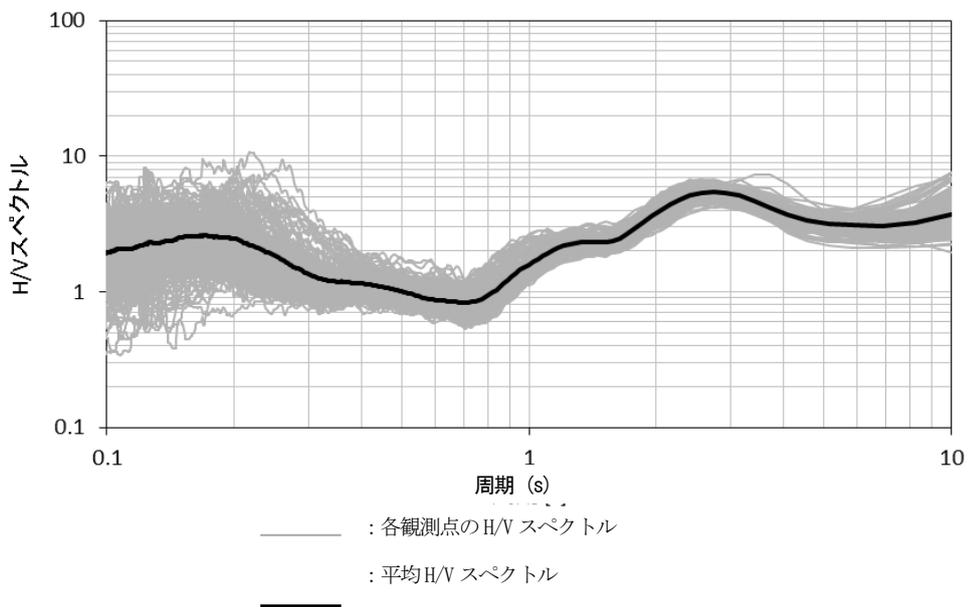
地質調査総合センター編(2013)に加筆

第 5.5.5 図 敷地周辺の重力異常分布

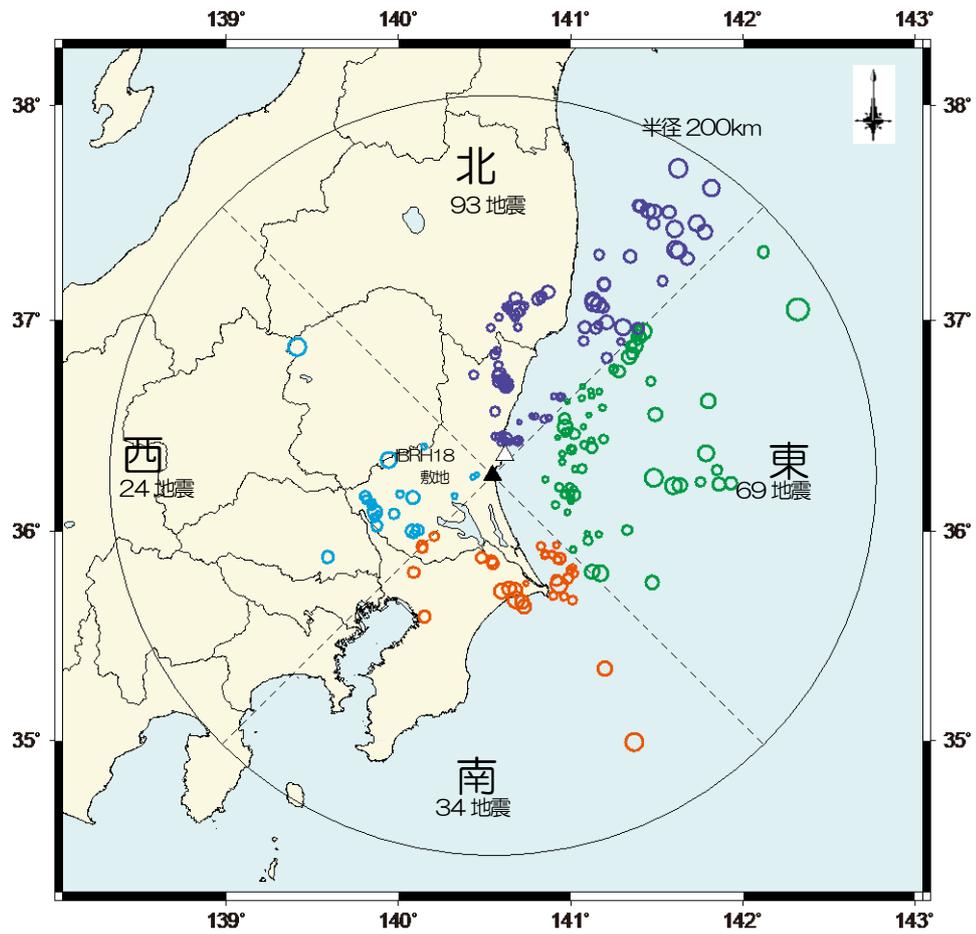


HTTR原子炉建家

- ※ ● : 単点微動観測の測定位置
- ※ 約 50m 格子間隔を目安に単点微動観測を実施

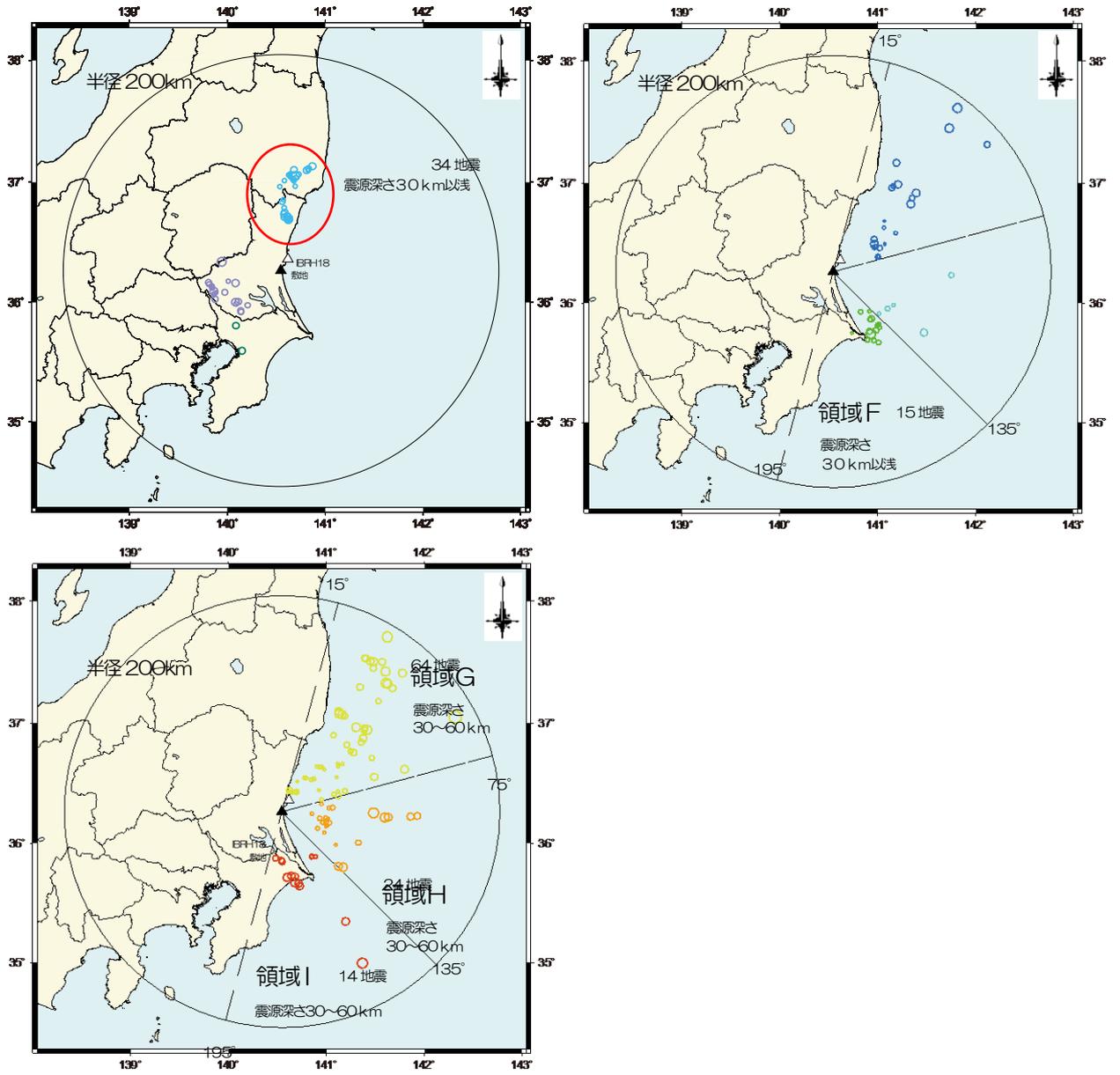


第 5. 5. 6 図 敷地における単点微動観測記録による検討結果



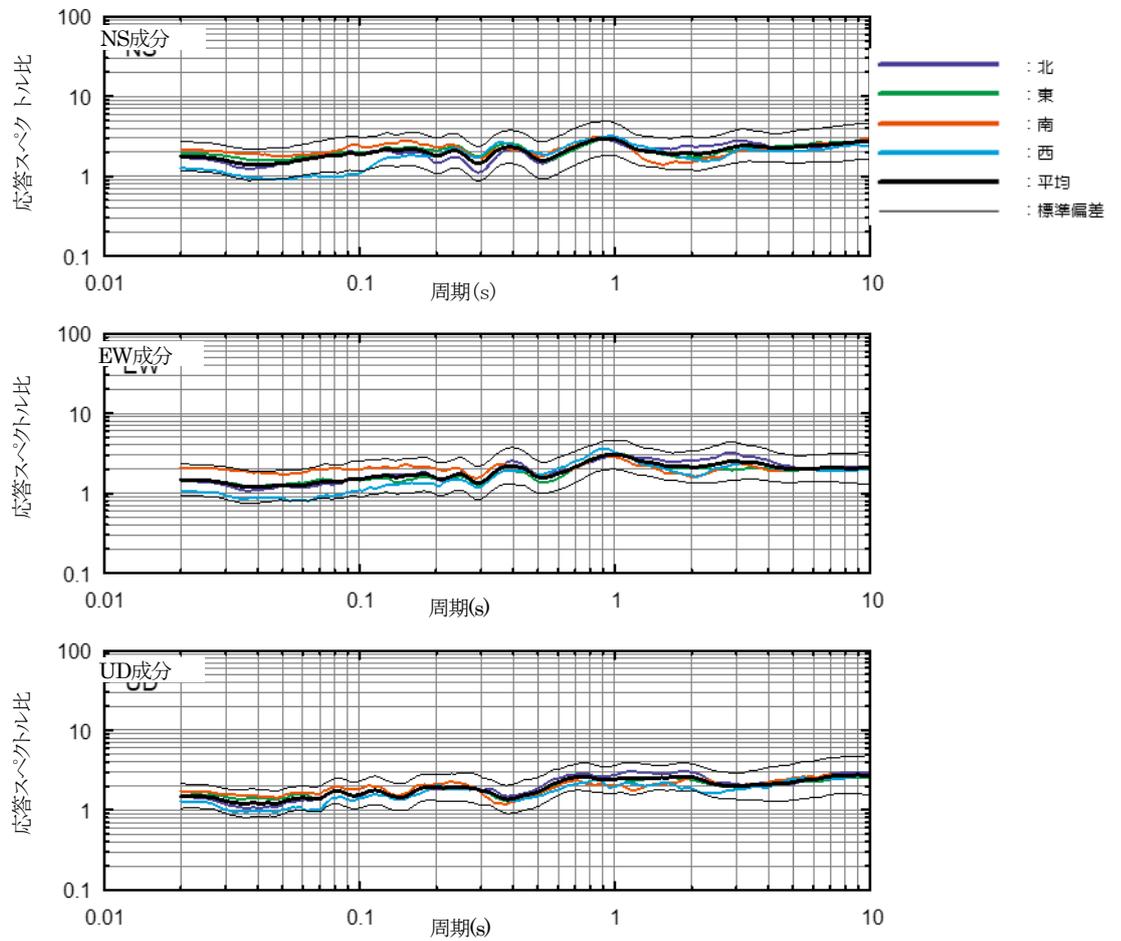
※ IBRH18 : KiK-net ひたちなか観測点

第 5. 5. 7 図(1) 敷地における地震動の到来方向の検討に用いた地震の震央位置
(4 領域)



※ IBRH18 : KiK-net ひたちなか観測点

第 5. 5. 7 図(2) 敷地における地震動の到来方向の検討に用いた地震の震央位置
(9 領域)



$$RI_{A/B} = \frac{S_A \times X_A}{S_B \times X_B}$$

$RI_{A/B}$: 応答スペクトル比

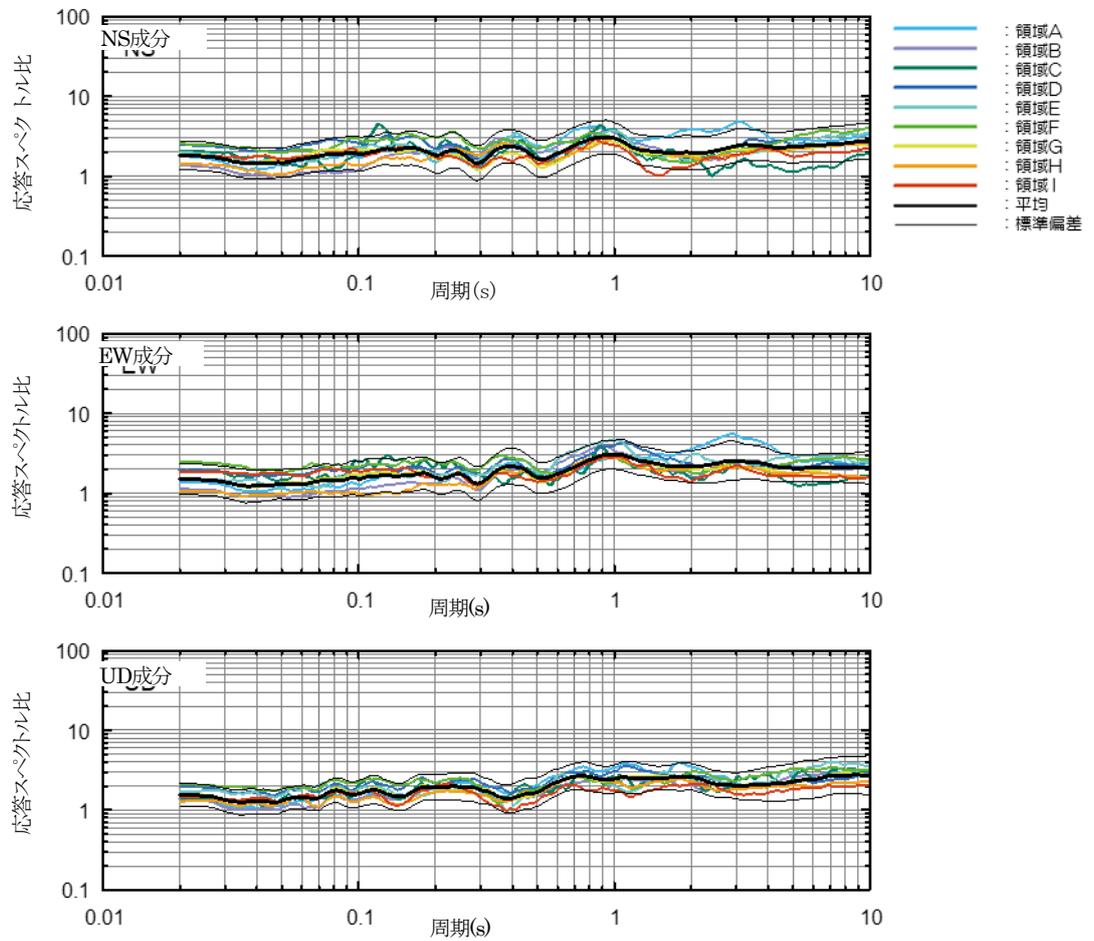
S_A : 敷地観測記録の加速度応答スペクトル

S_B : KiK-netひたちなか観測記録の加速度応答スペクトル

X_A : 敷地までの震源距離

X_B : KiK-netひたちなかまでの震源距離

第 5.5.8 図(1) 敷地における地震動の到来方向による検討結果(4 領域)



$$RI_{A/B} = \frac{S_A \times X_A}{S_B \times X_B}$$

$RI_{A/B}$: 応答スペクトル比

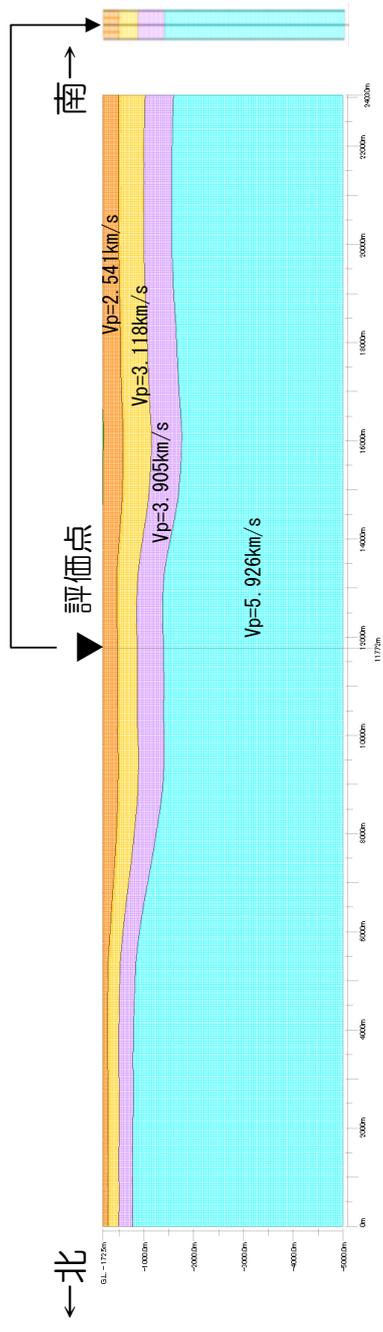
S_A : 敷地観測記録の加速度応答スペクトル

S_B : KiK-netひたちなか観測記録の加速度応答スペクトル

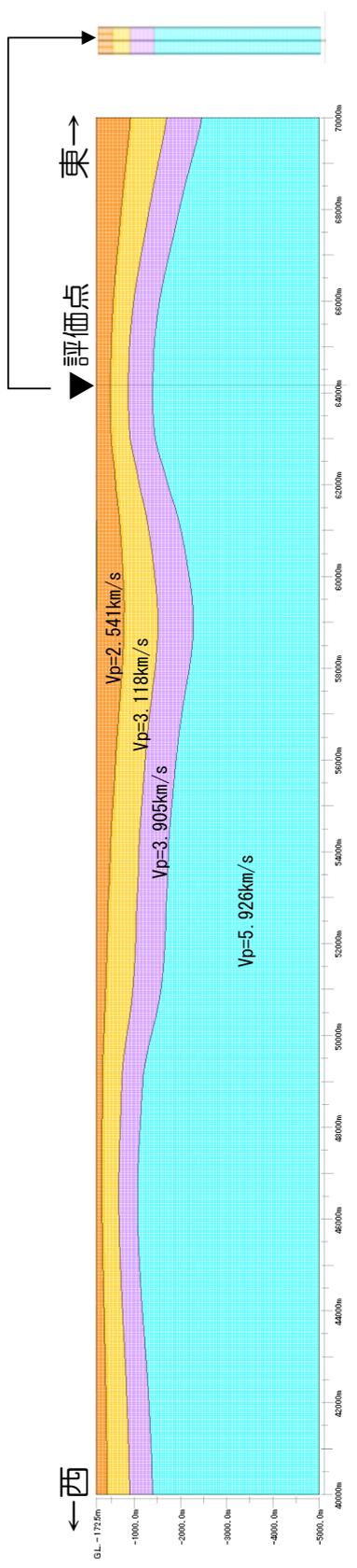
X_A : 敷地までの震源距離

X_B : KiK-netひたちなかまでの震源距離

第 5. 5. 8 図(2) 敷地における地震動の到来方向による検討結果(9 領域)

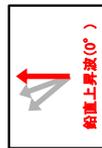


二次元地盤モデル (NS断面) 成層モデル

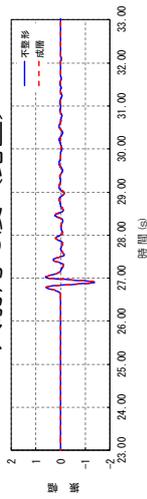


二次元地盤モデル (EW断面) 成層モデル

第 5.5.9 図 敷地及び敷地周辺で実施した各種探査結果等を基に作成した二次元地盤モデル



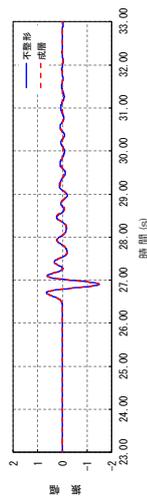
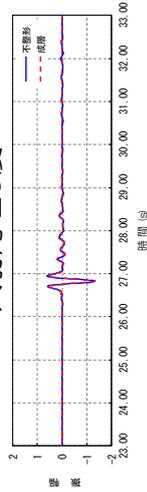
入射角 0度 (鉛直)



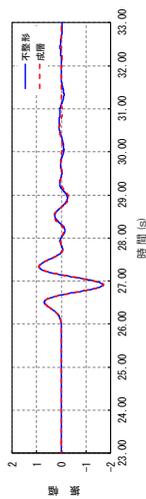
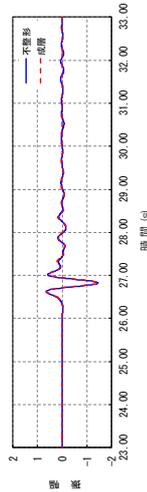
周期0.3秒



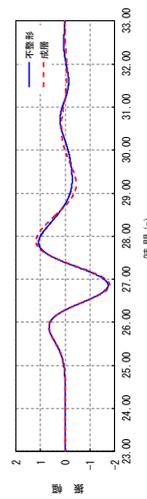
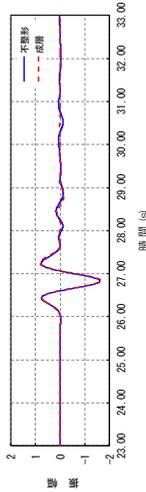
入射角 20度



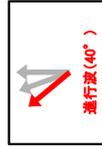
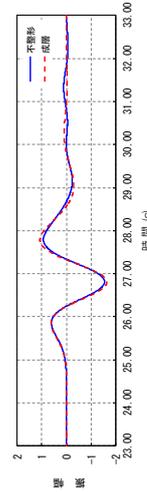
周期0.5秒



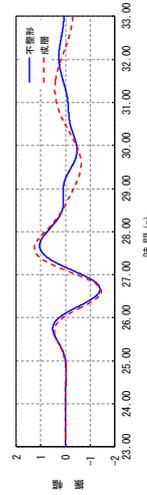
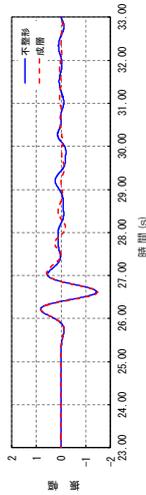
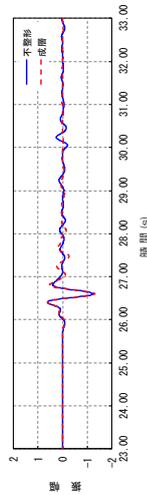
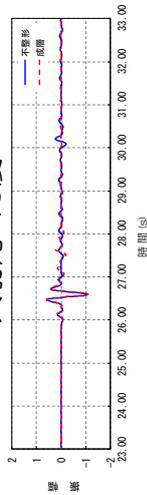
周期1.0秒



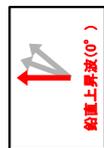
周期2.5秒



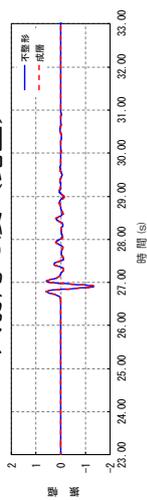
入射角 40度



第5.5.10図(1) 敷地における応答波形の比較(NS成分)



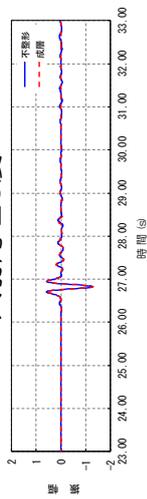
入射角 0度 (鉛直)



周期0.3秒



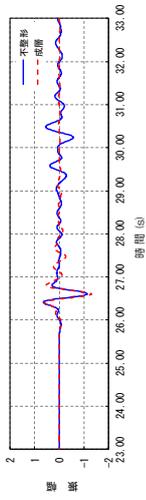
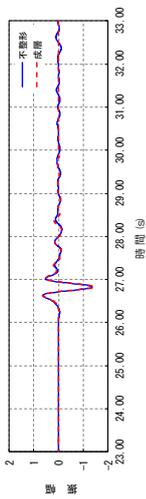
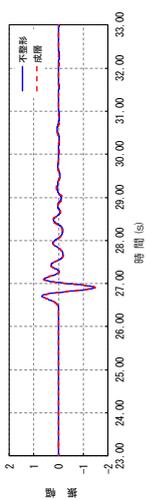
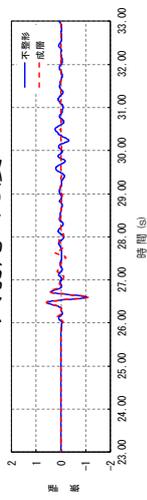
入射角 20度



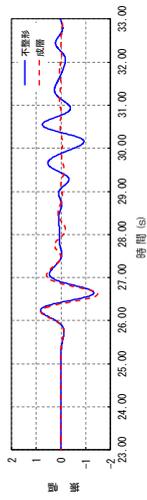
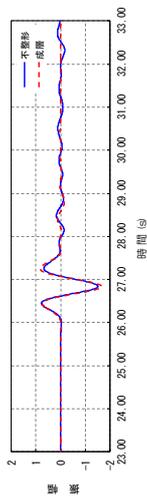
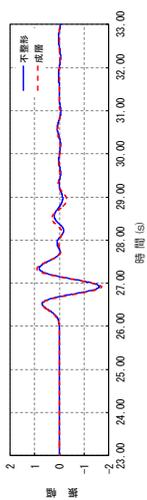
周期0.5秒



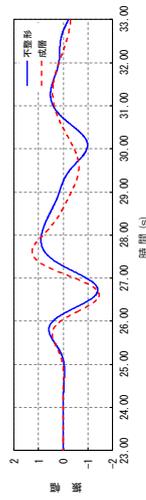
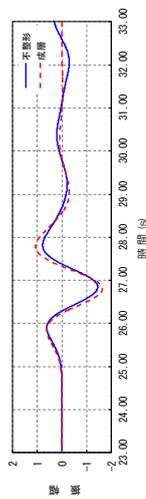
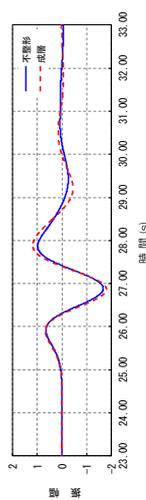
入射角 40度



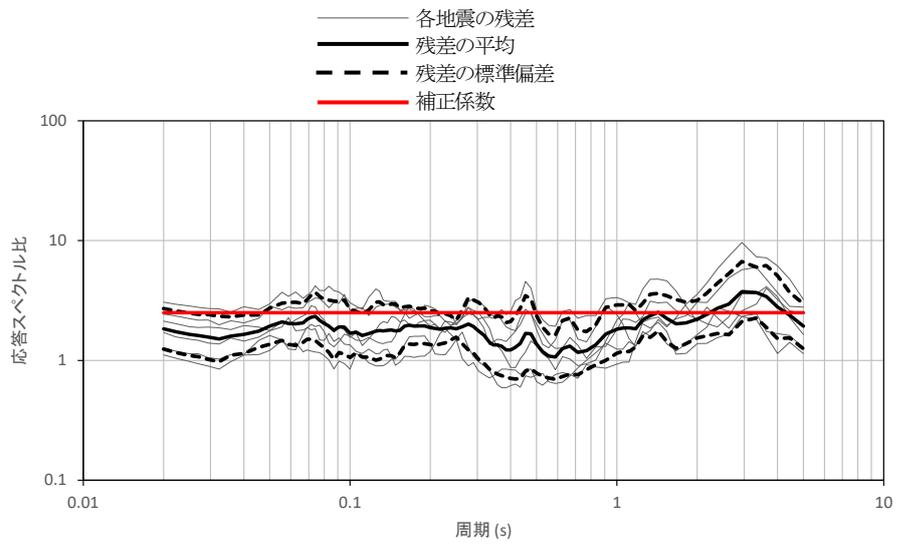
周期1.0秒



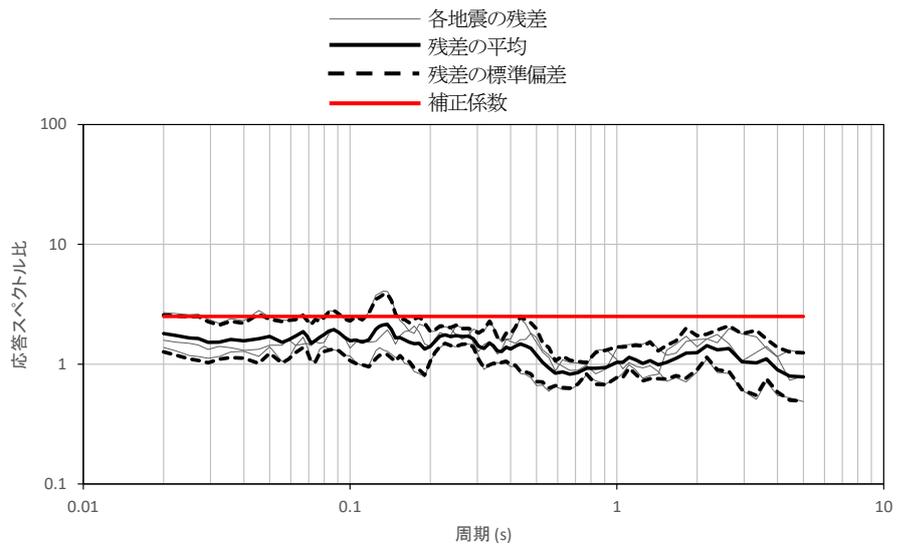
周期2.5秒



第 5. 5. 10 図 (2) 敷地における応答波形の比較 (EW 成分)

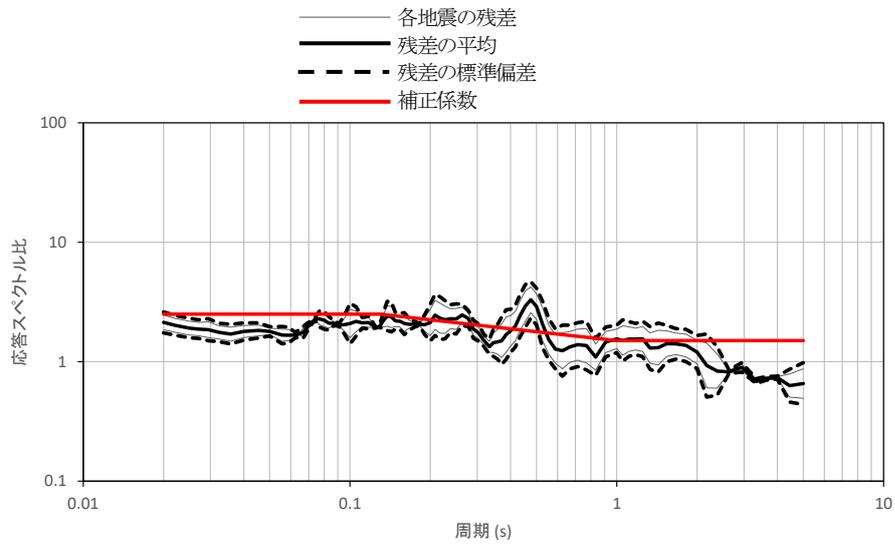


(水平成分)

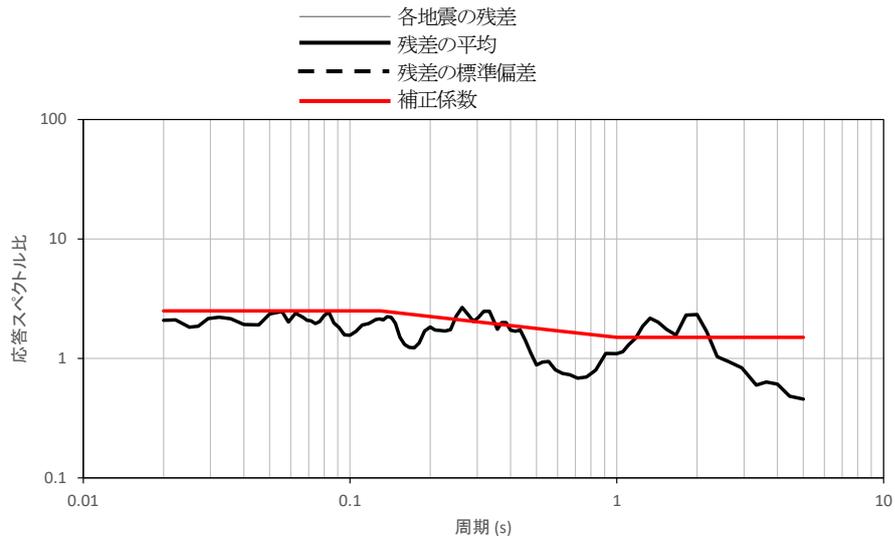


(鉛直成分)

第 5. 6. 1 図(1) 解放基盤波とNoda et al. (2002)の方法による応答スペクトルの比
(福島県と茨城県の県境付近で発生した内陸地殻内地震)

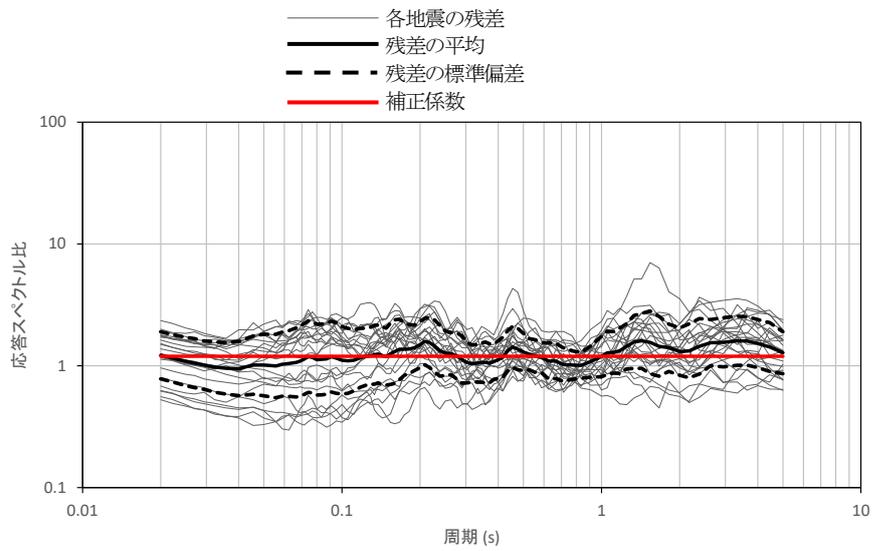


(水平成分)

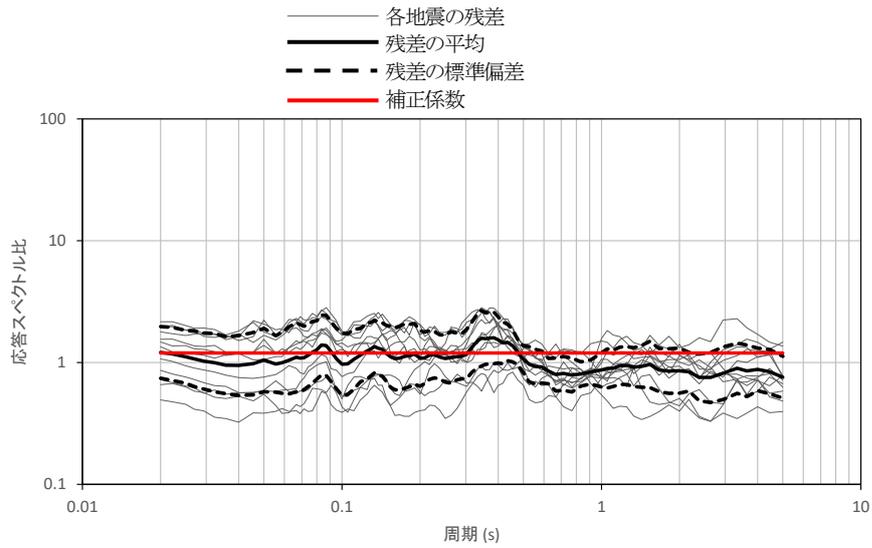


(鉛直成分)

第 5.6.1 図(2) 解放基盤波と Noda et al. (2002) の方法による応答スペクトルの比
(鹿島灘付近で発生した太平洋プレート間地震)

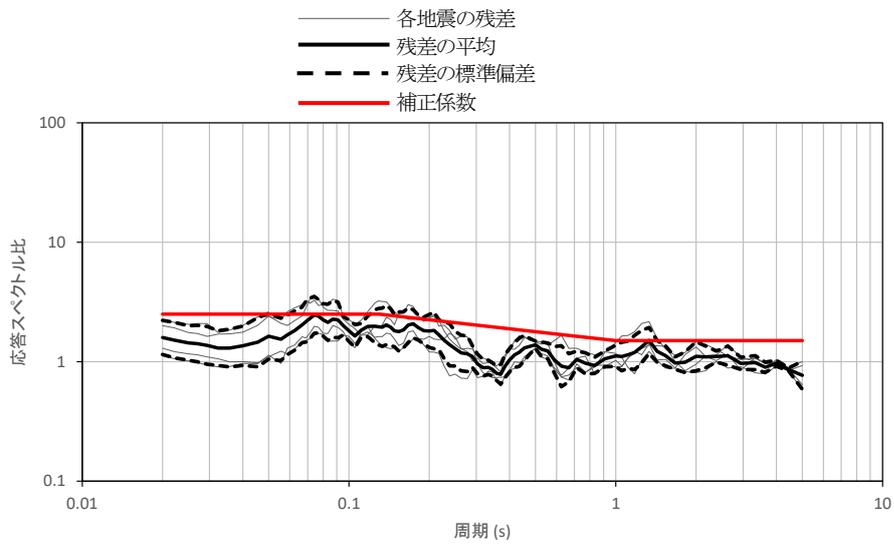


(水平成分)

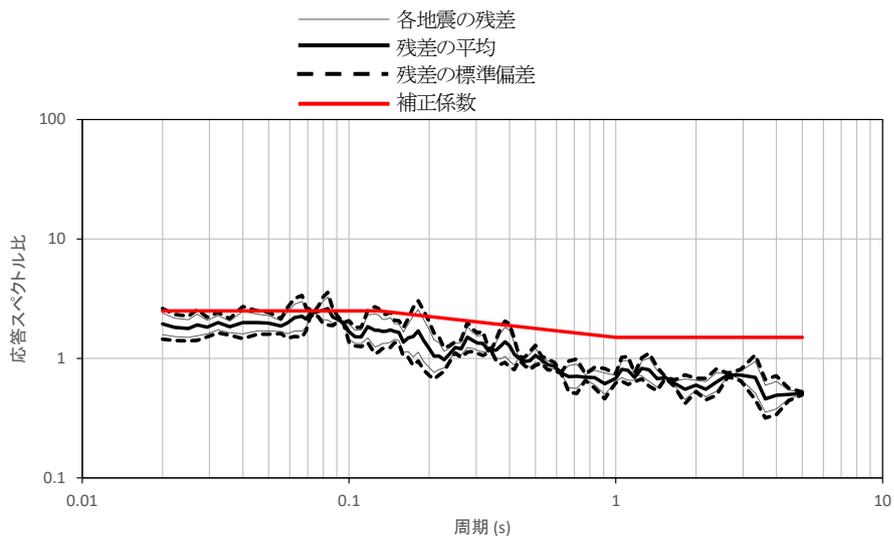


(鉛直成分)

第 5. 6. 1 図(3) 解放基盤波とNoda et al. (2002)の方法による応答スペクトルの比
(鹿島灘付近で発生した地震を除く太平洋プレート間地震)



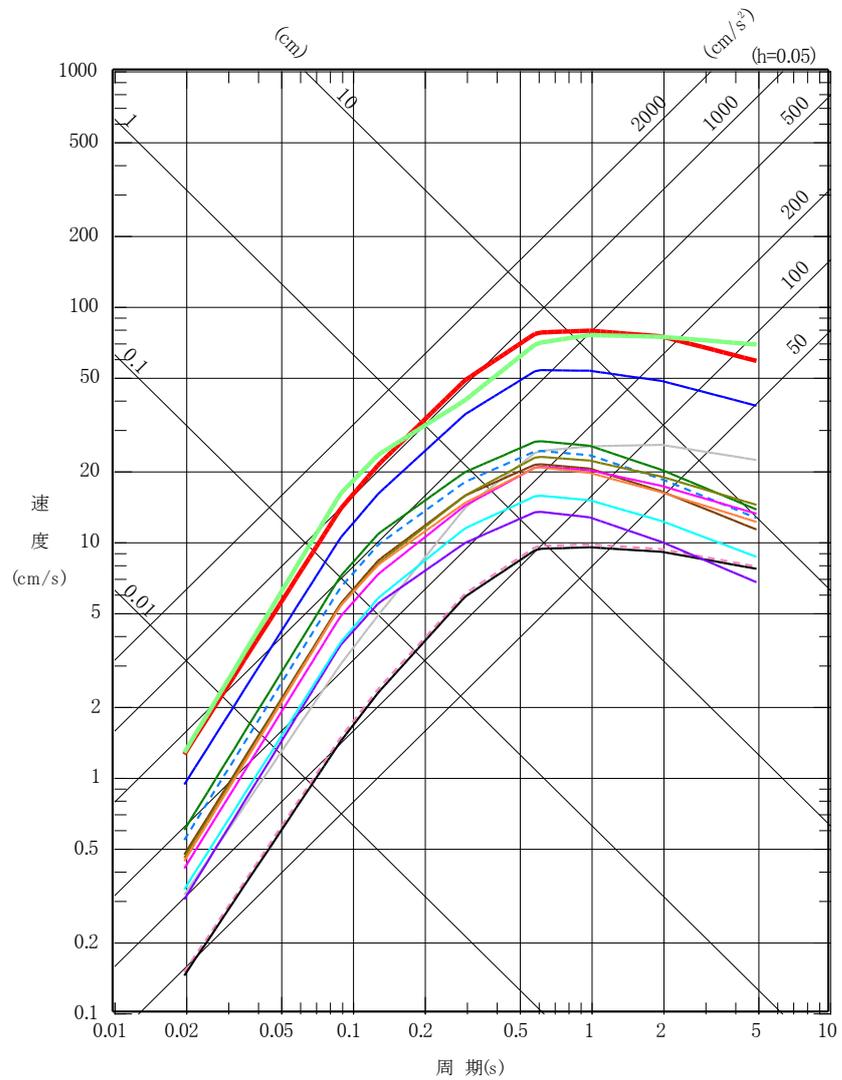
(水平成分)



(鉛直成分)

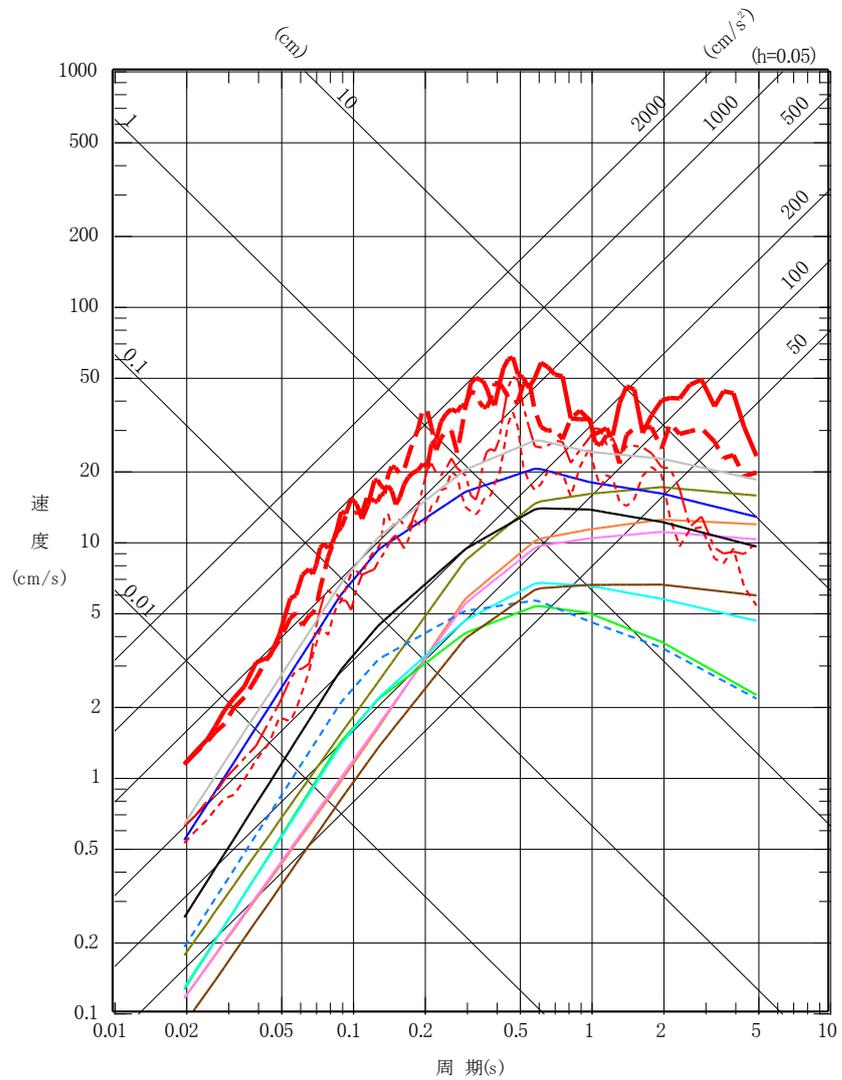
第 5.6.1 図(4) 解放基盤波とNoda et al. (2002)の方法による応答スペクトルの比
(陸域寄りで発生した海洋プレート内地震)

- 818年関東諸国の地震
- 関谷断層
- 深谷断層帯・綾瀬川断層
- 関口-米平リニアメント
- 堅破山リニアメント
- 宮田町リニアメント
- 吾国山断層
- F 8断層
- F 11断層
- F 16断層
- A-1背斜
- 棚倉破砕帯西縁断層～同東縁付近の推定活断層
- F 1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層
- F 3断層～F 4断層

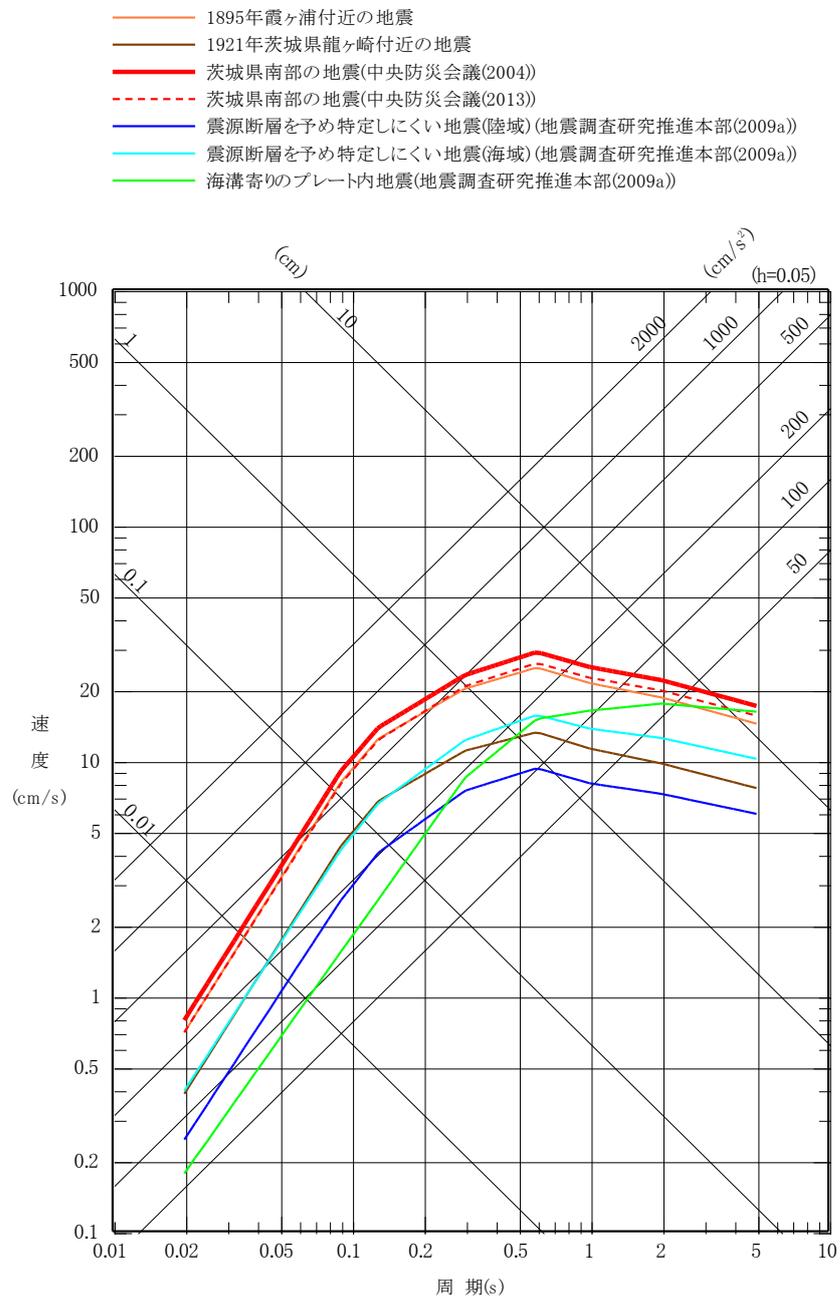


第 5. 6. 2 図 検討用地震の選定のための応答スペクトルの比較
(内陸地殻内地震、水平成分)

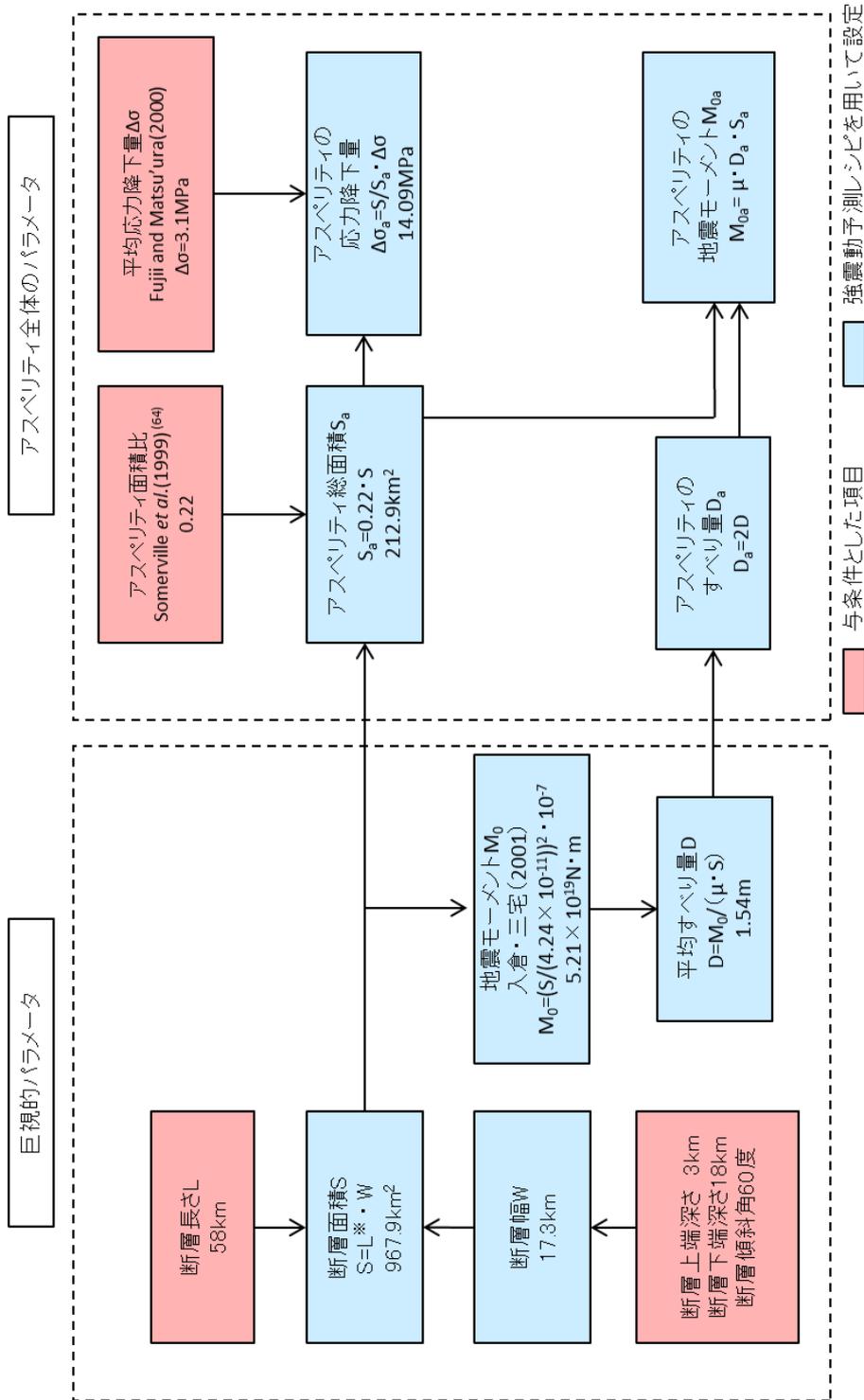
- 1677年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震
- 1703年元禄地震
- 1896年鹿島灘の地震
- 1923年関東大地震
- 1930年那珂川下流域の地震
- 1938年塩屋崎沖の地震
- - - 1938年鹿島灘の地震
- 1938年福島県東方沖の地震
- 2011年東北地方太平洋沖地震の本震、NS成分
- - - 2011年東北地方太平洋沖地震の本震、EW成分
- . - . 2011年東北地方太平洋沖地震の余震、NS成分
- . - . 2011年東北地方太平洋沖地震の余震、EW成分
- 茨城県南部の地震(中央防災会議(2013))
- 茨城県沖の地震(地震調査研究推進本部(2012a))



第 5. 6. 3 図 検討用地震の選定のための応答スペクトルの比較
(プレート間地震、水平成分)

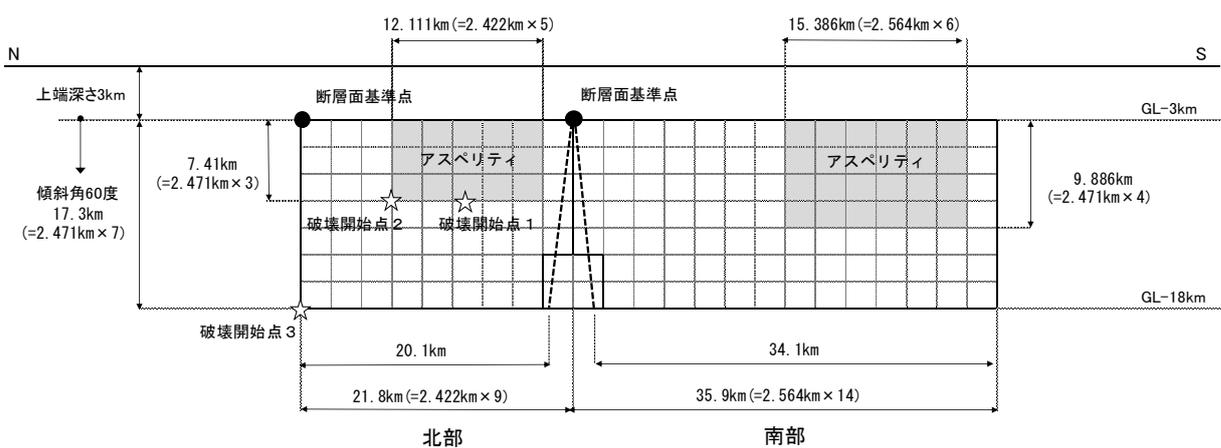
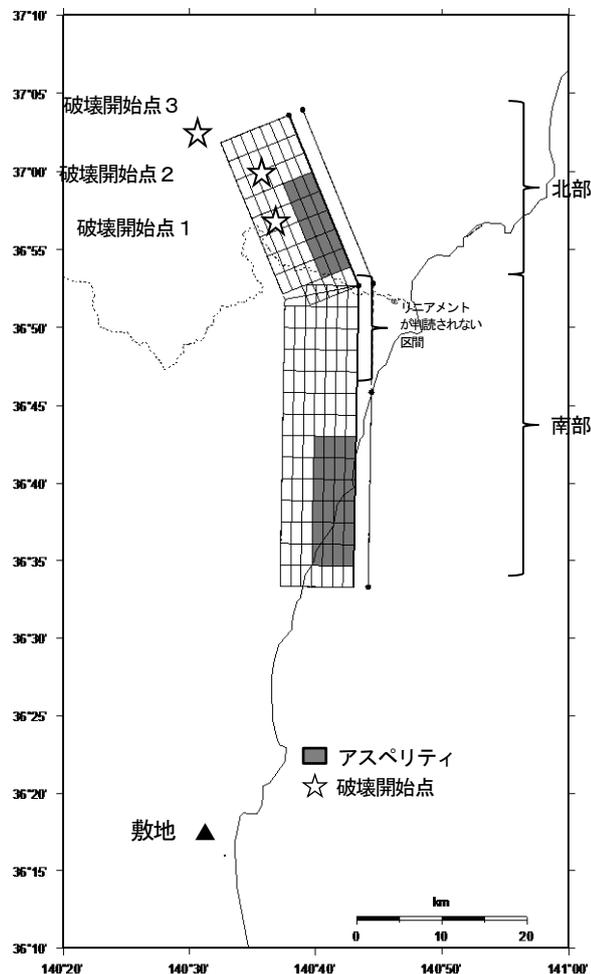


第 5. 6. 4 図 検討用地震の選定のための応答スペクトルの比較
(海洋プレート内地震、水平成分)

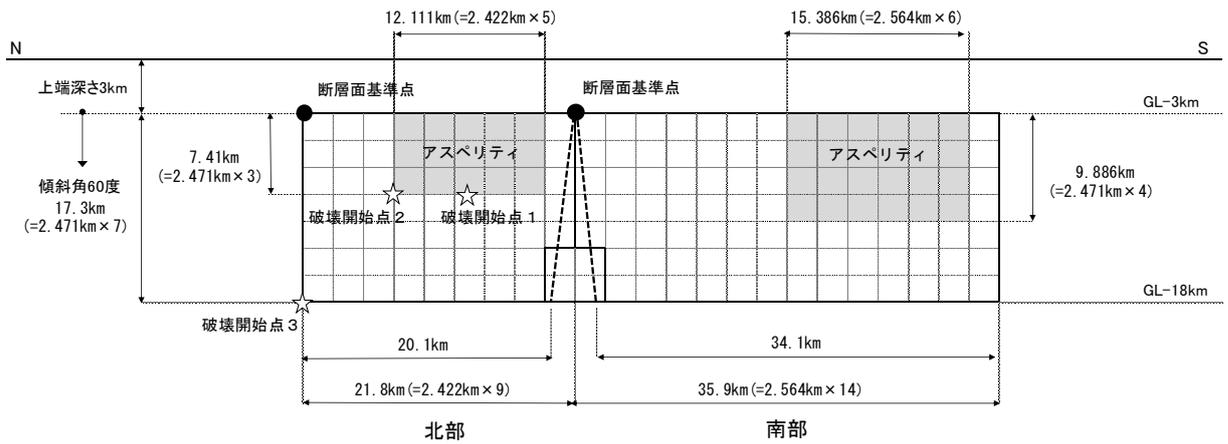
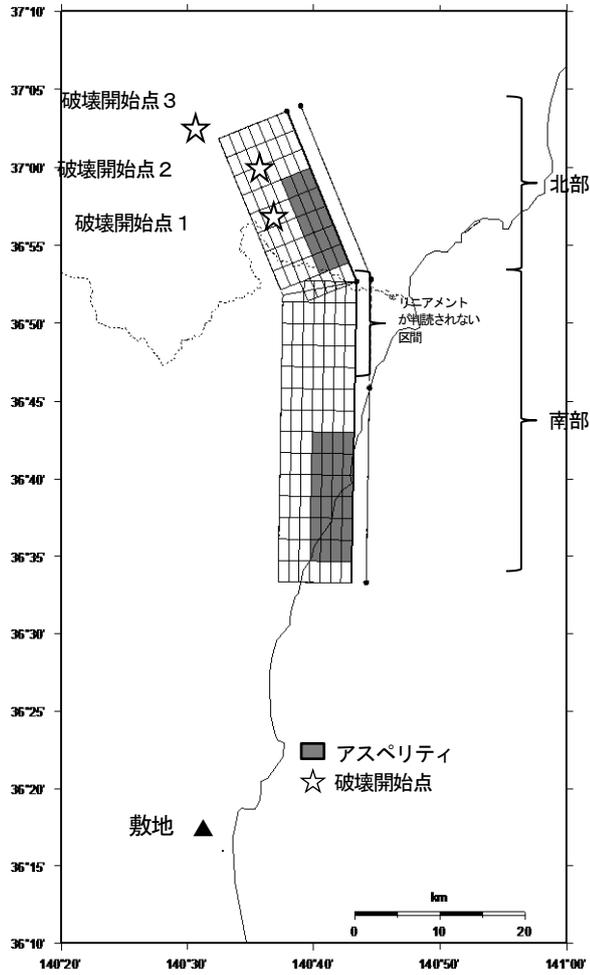


※ 断層形状を台形でモデル化しているため、断層面積を計算する際の断層長さは上辺と下辺の平均値である56.0kmとする。

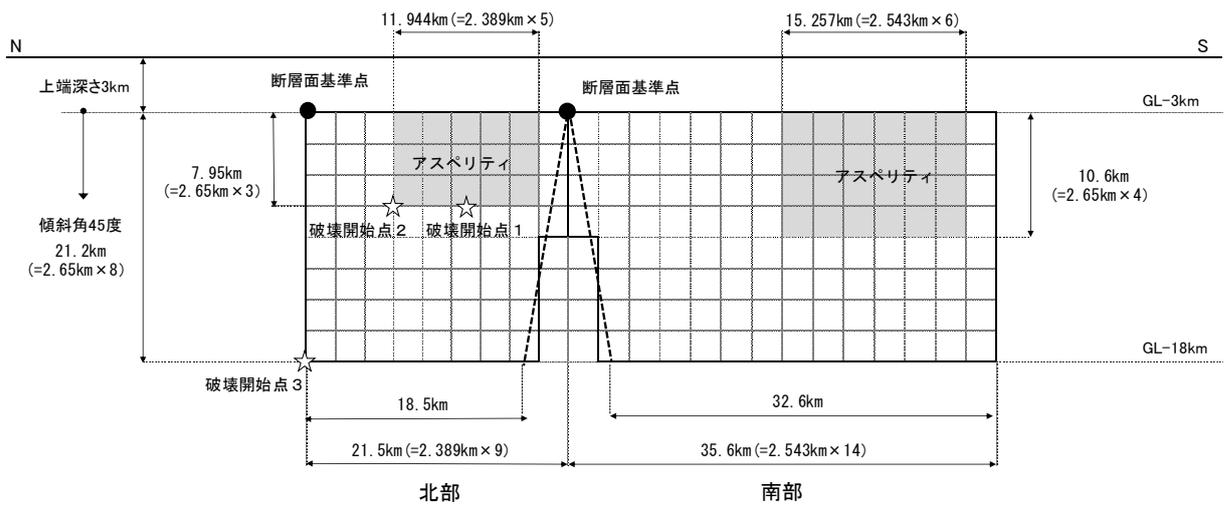
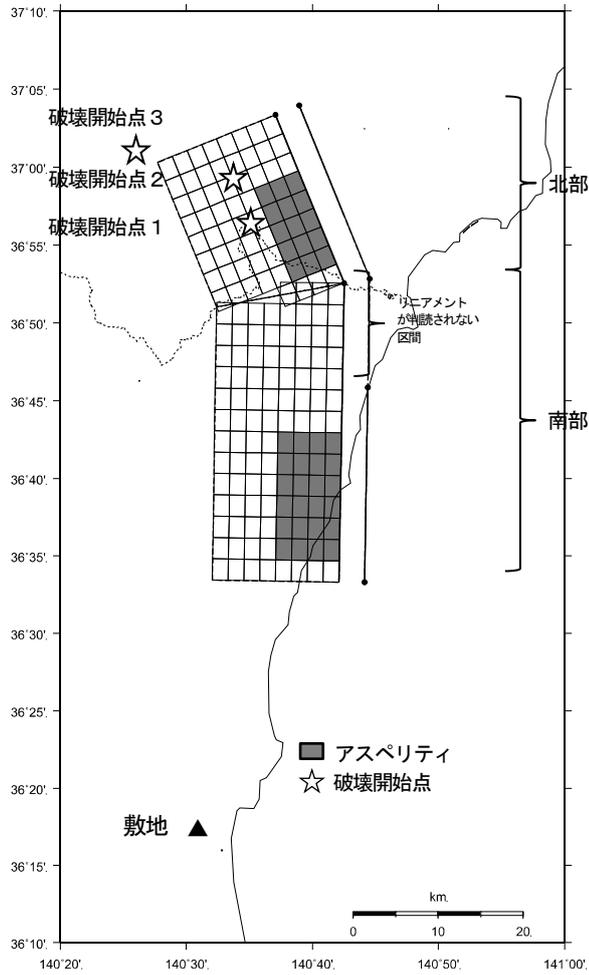
第 5.6.5 図 断層パラメータの設定フロー
(F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震、基本震源モデル)



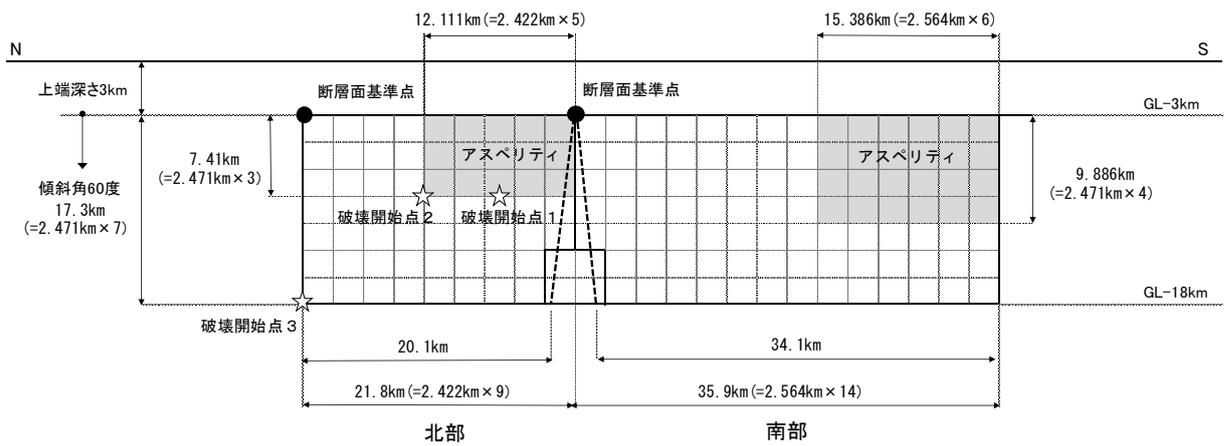
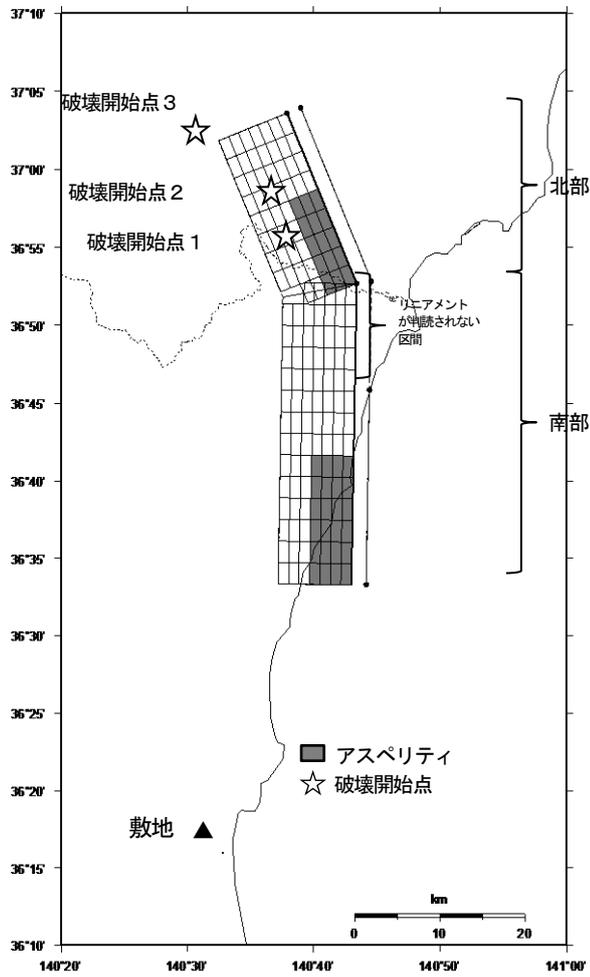
第 5.6.6 図 F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル(基本震源モデル)



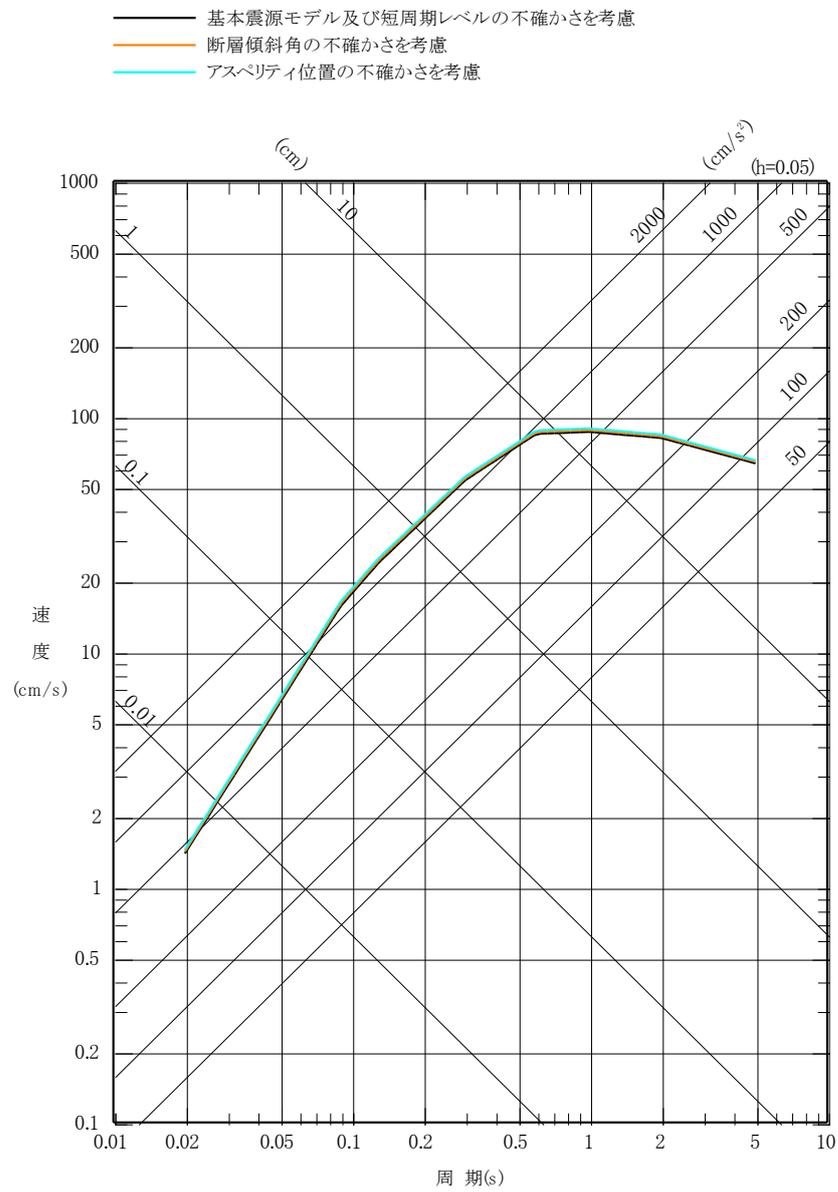
第 5. 6. 7 図(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル(不確かさを考慮したケース:短周期レベル)



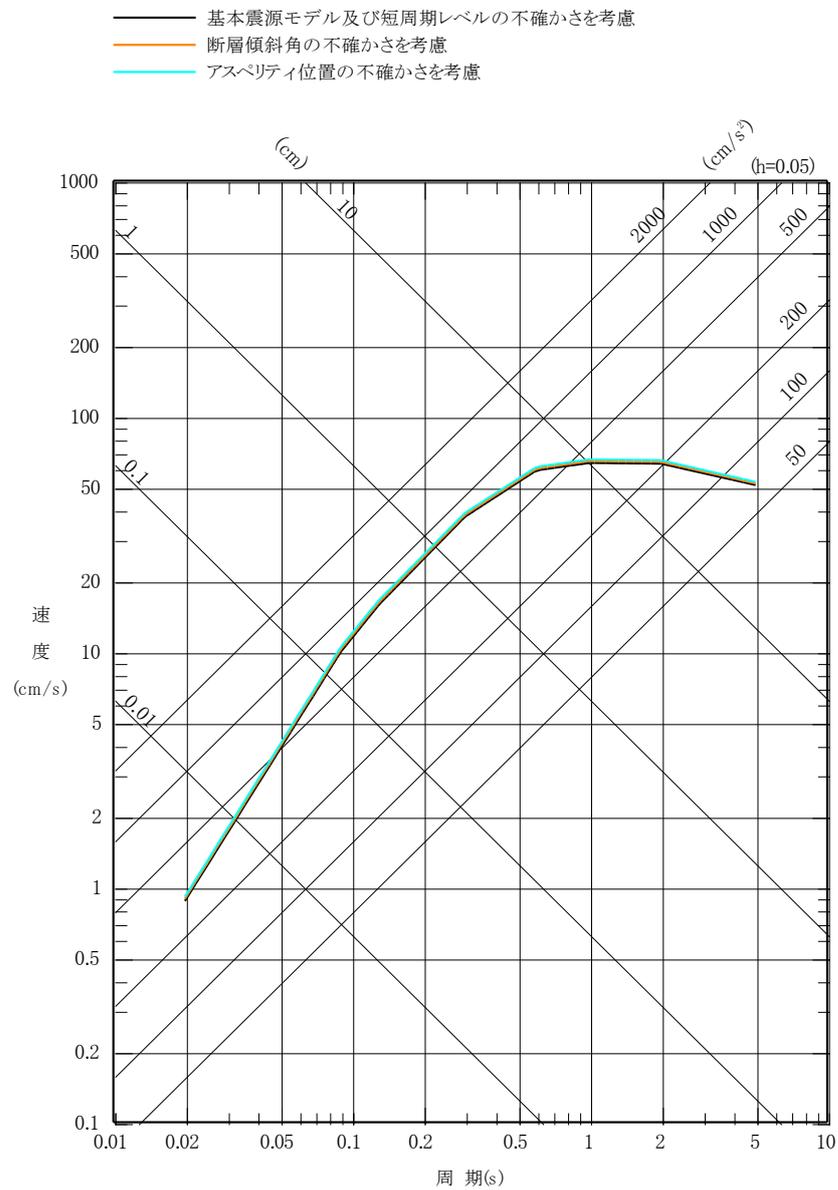
第5.6.7図(2) F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル(不確かさを考慮したケース:断層傾斜角)



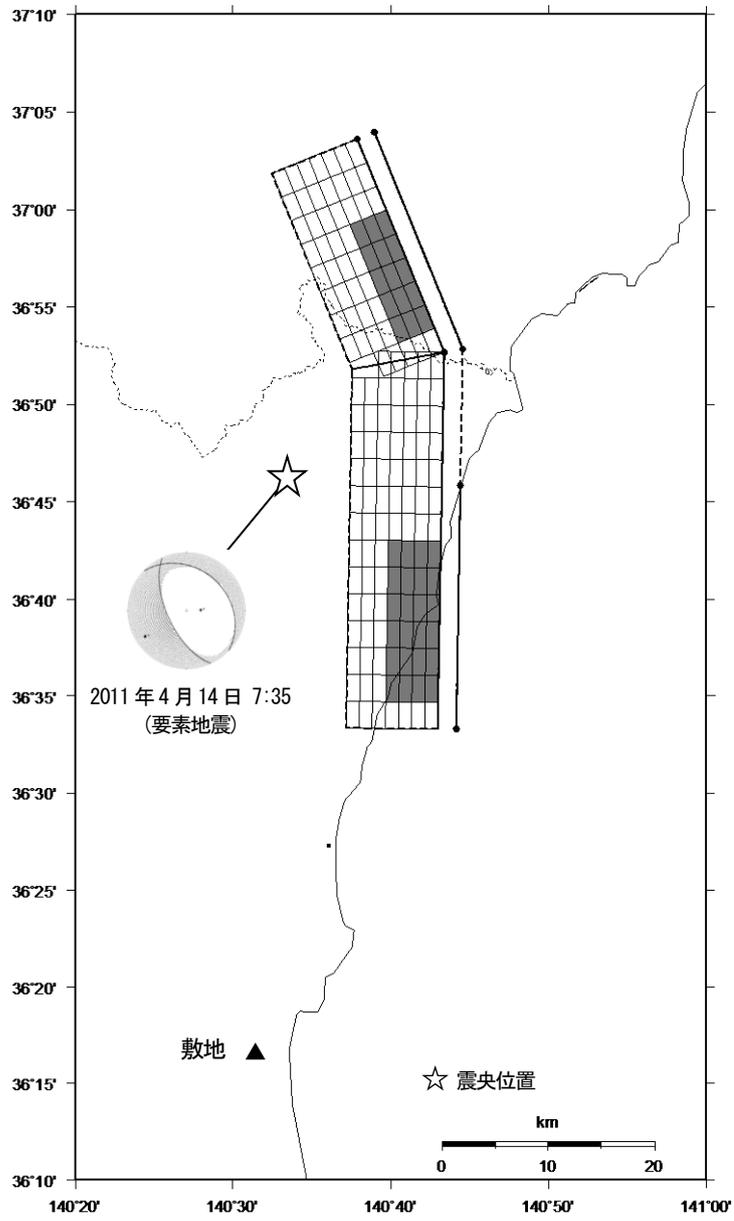
第 5. 6. 7 図(3) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデル(不確かさを考慮したケース:アスペリティ位置)



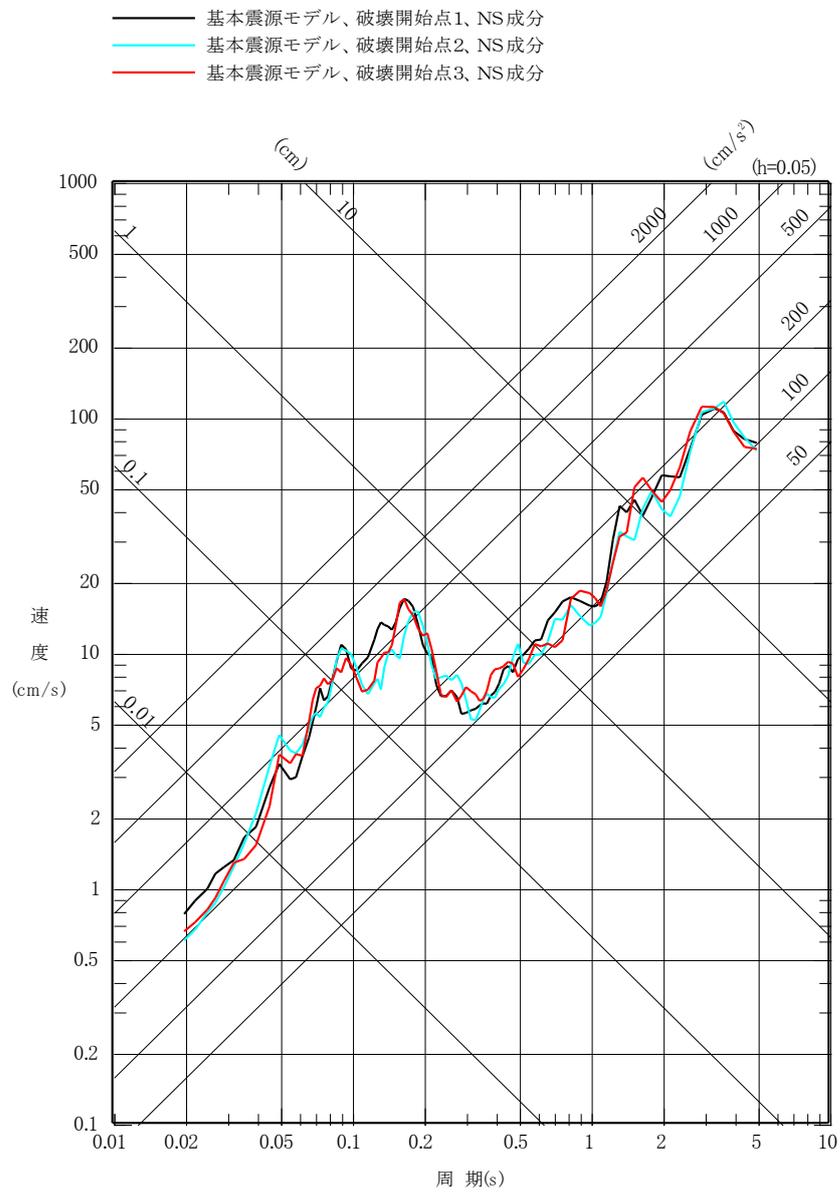
第 5. 6. 8 図(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果
 (水平成分)



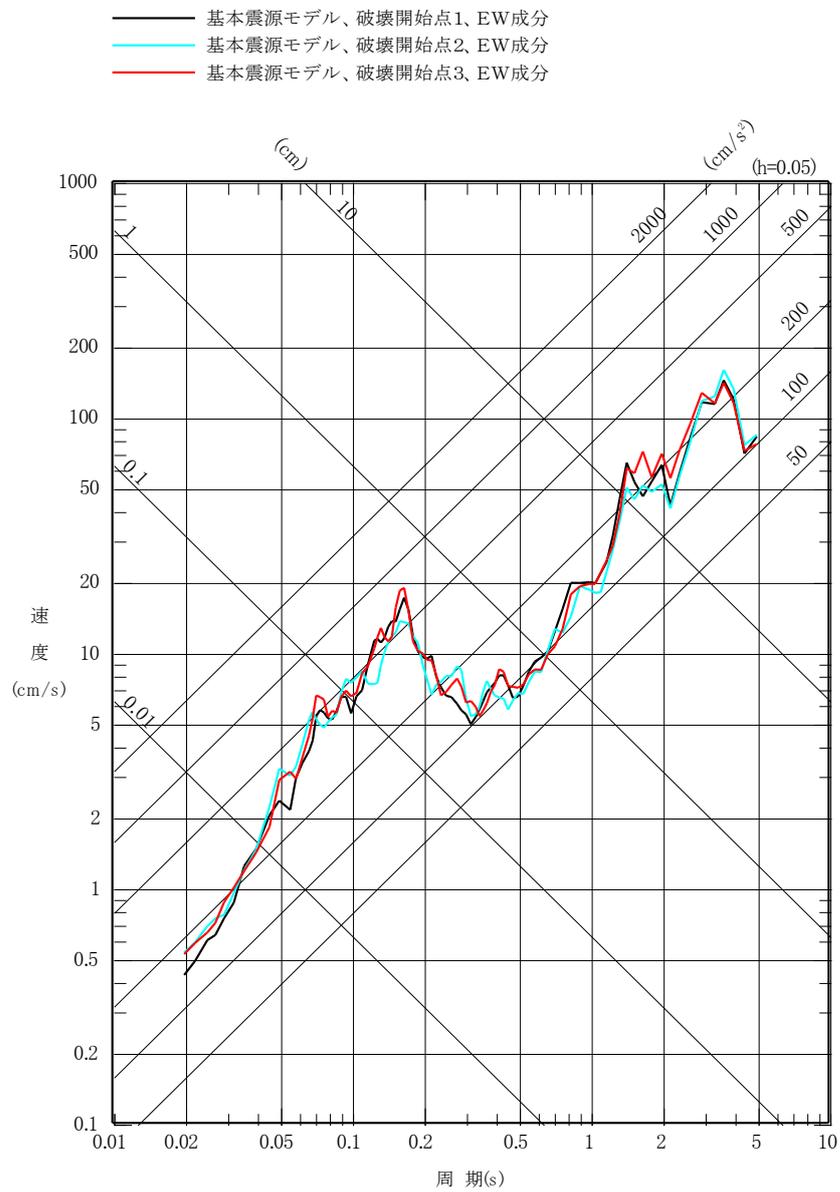
第 5. 6. 8 図(2) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果
 (鉛直成分)



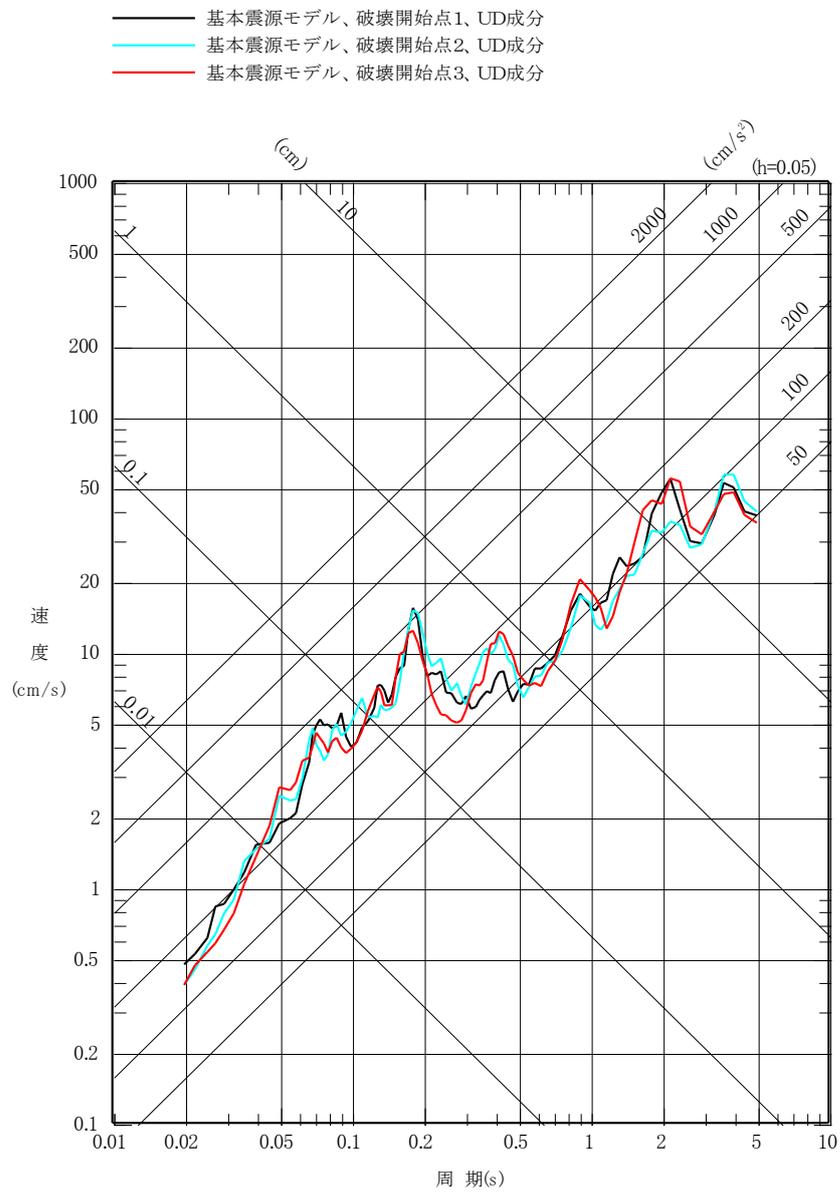
第5.6.9図 F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の地震動評価に用いる要素地震の震央位置



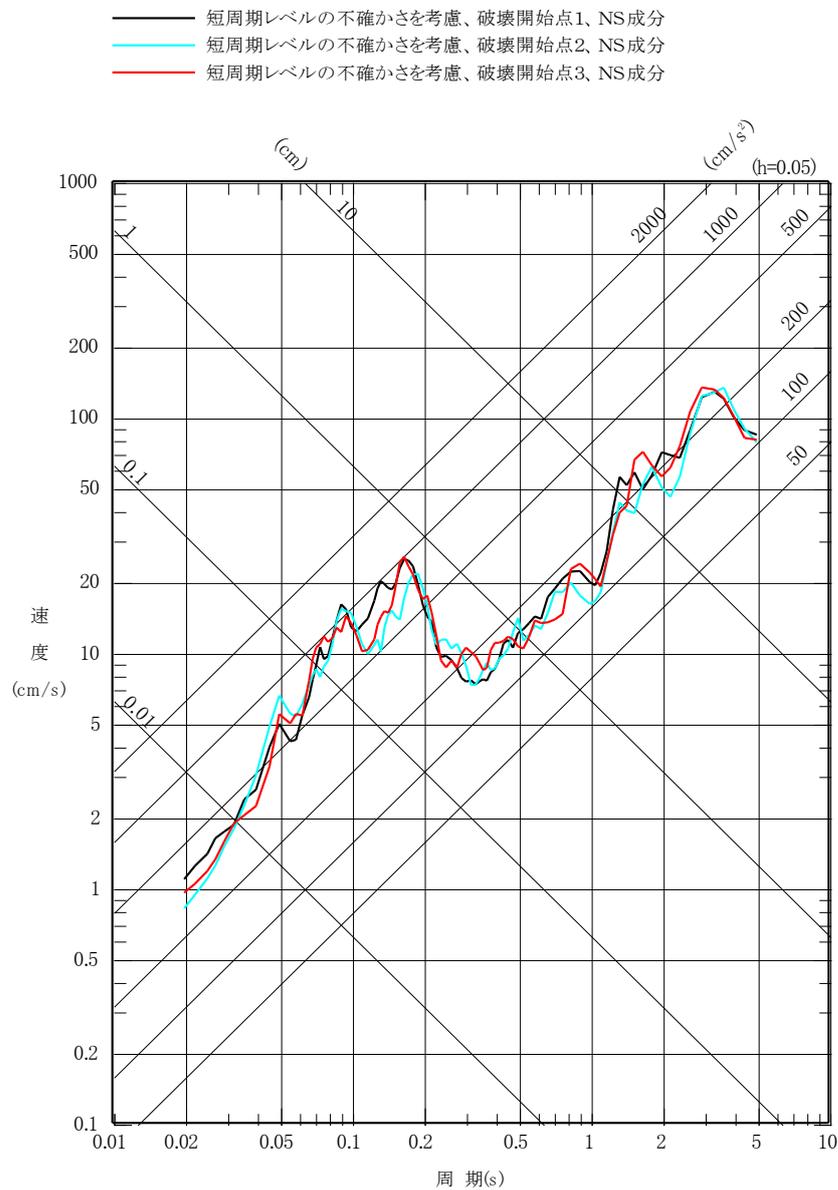
第 5. 6. 10 図(1) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (基本震源モデル、NS 成分)



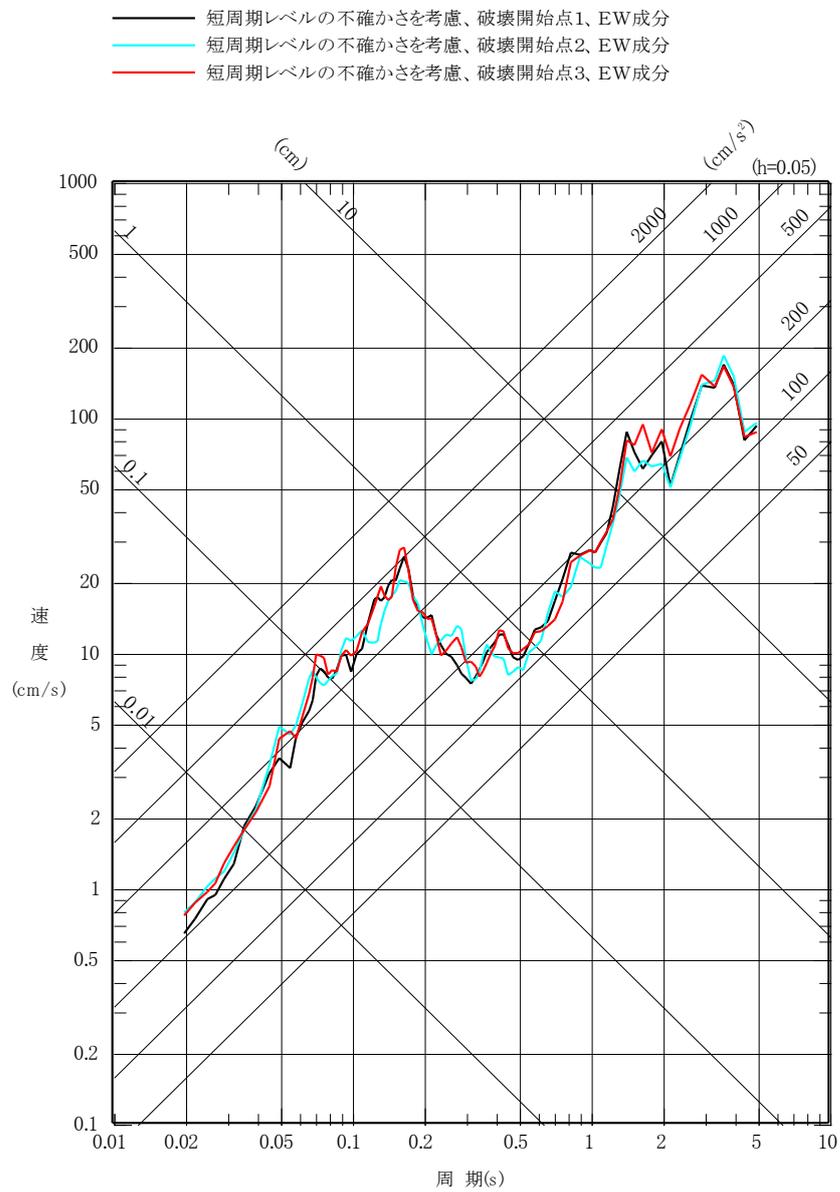
第 5. 6. 10 図(2) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (基本震源モデル、EW 成分)



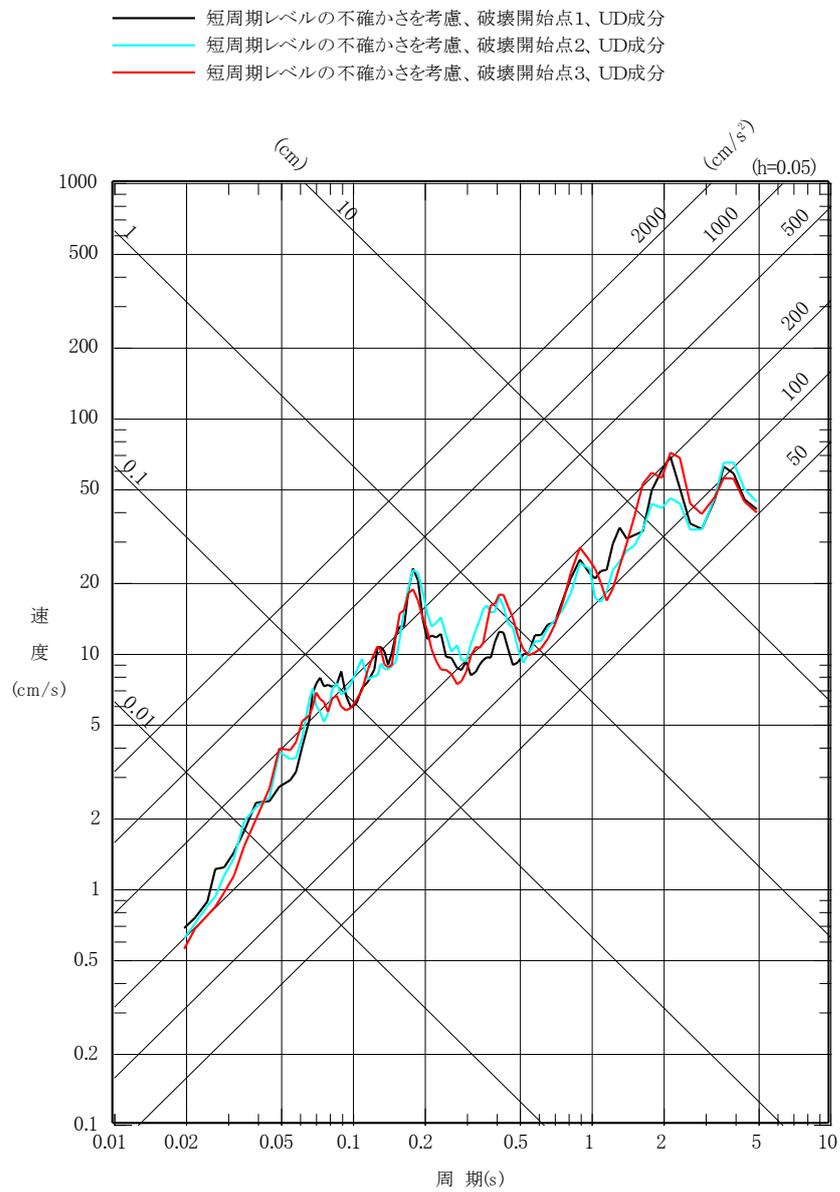
第 5. 6. 10 図(3) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (基本震源モデル、UD成分)



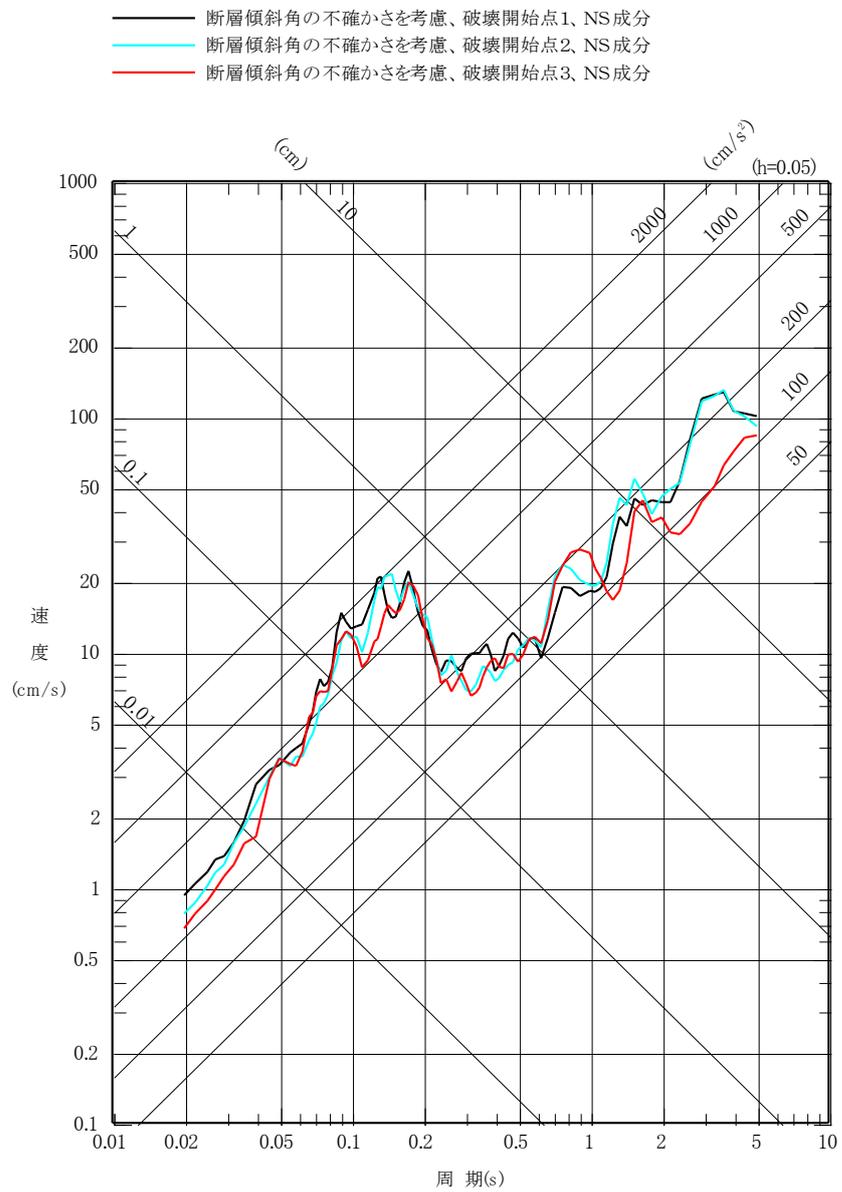
第 5. 6. 10 図(4) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:短周期レベル、NS成分)



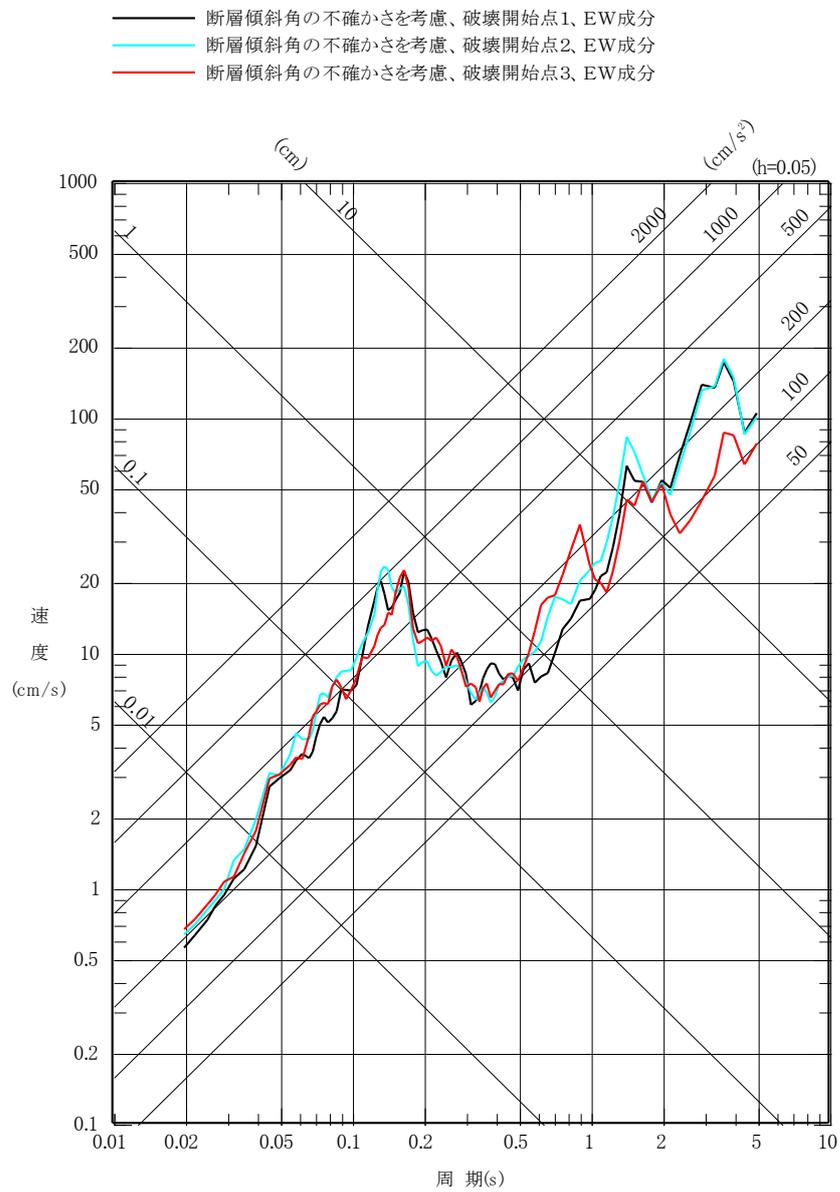
第 5. 6. 10 図(5) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:短周期レベル、EW 成分)



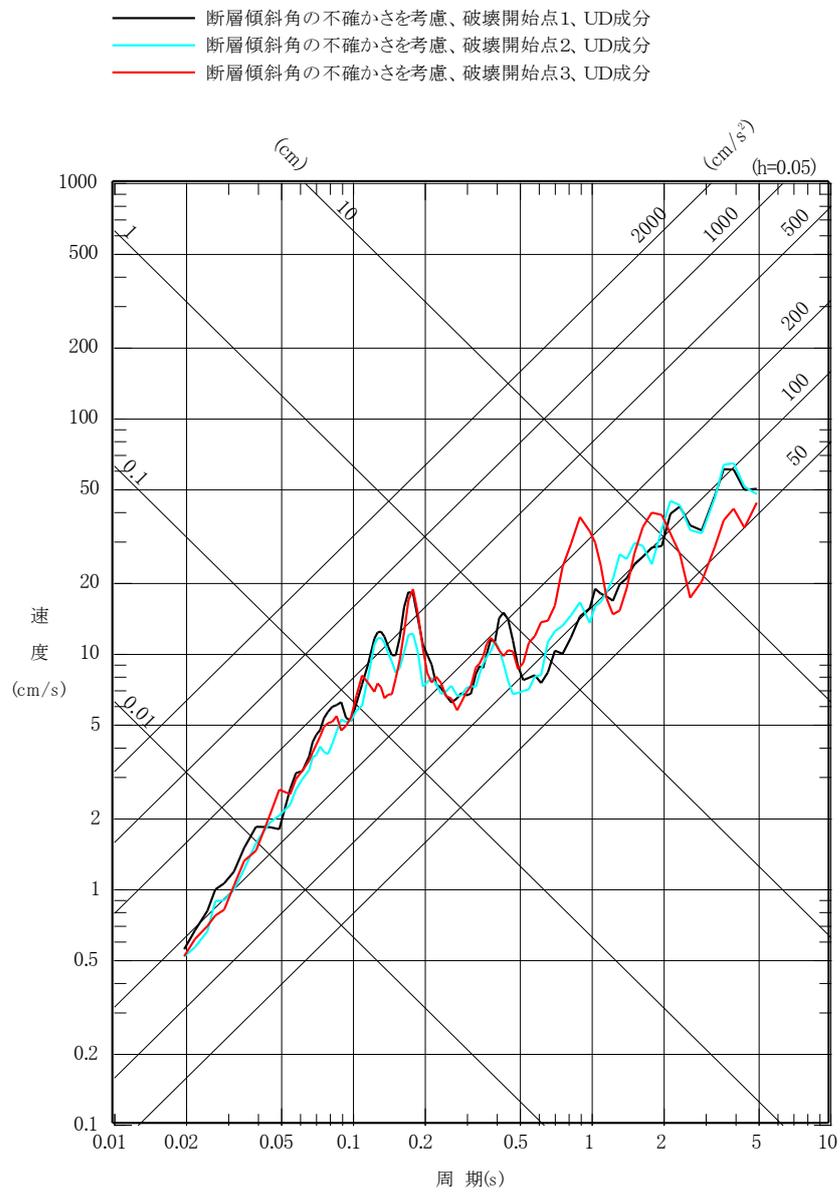
第 5. 6. 10 図(6) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:短周期レベル、UD成分)



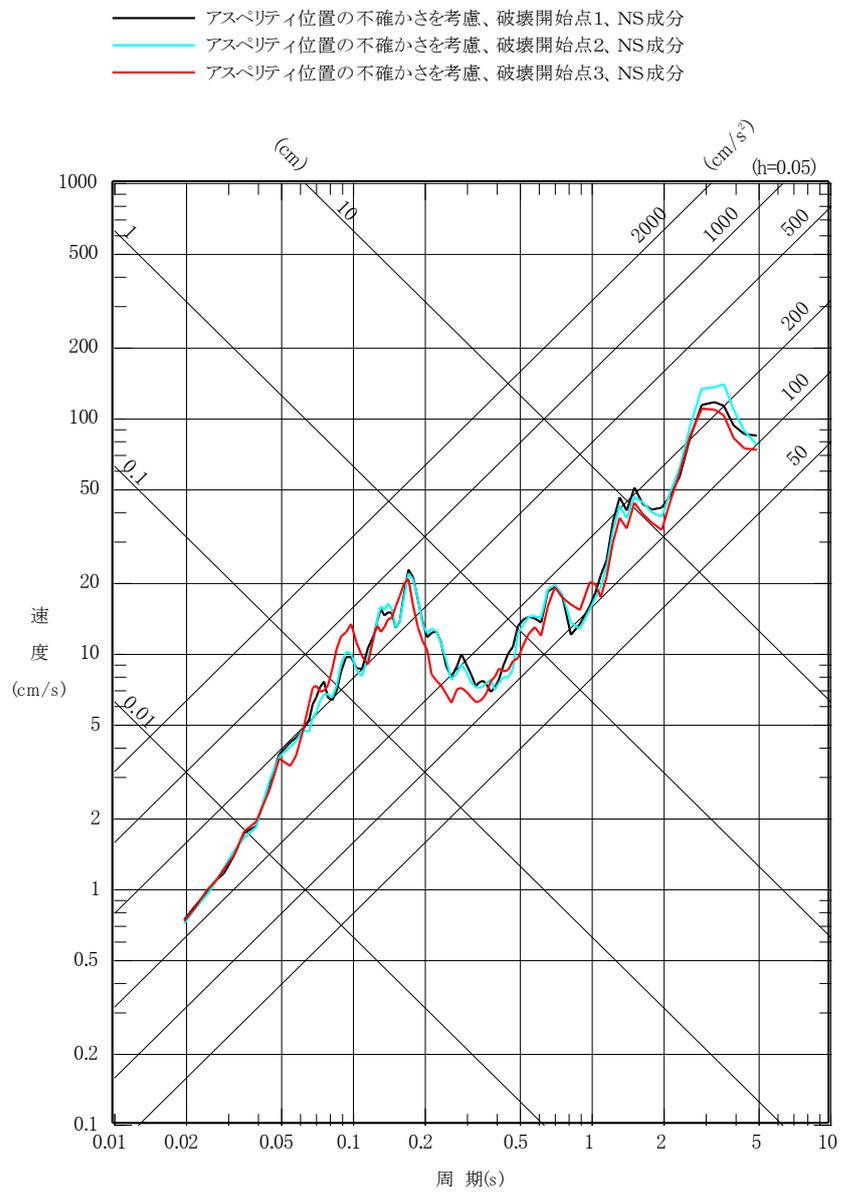
第 5. 6. 10 図(7) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、NS成分)



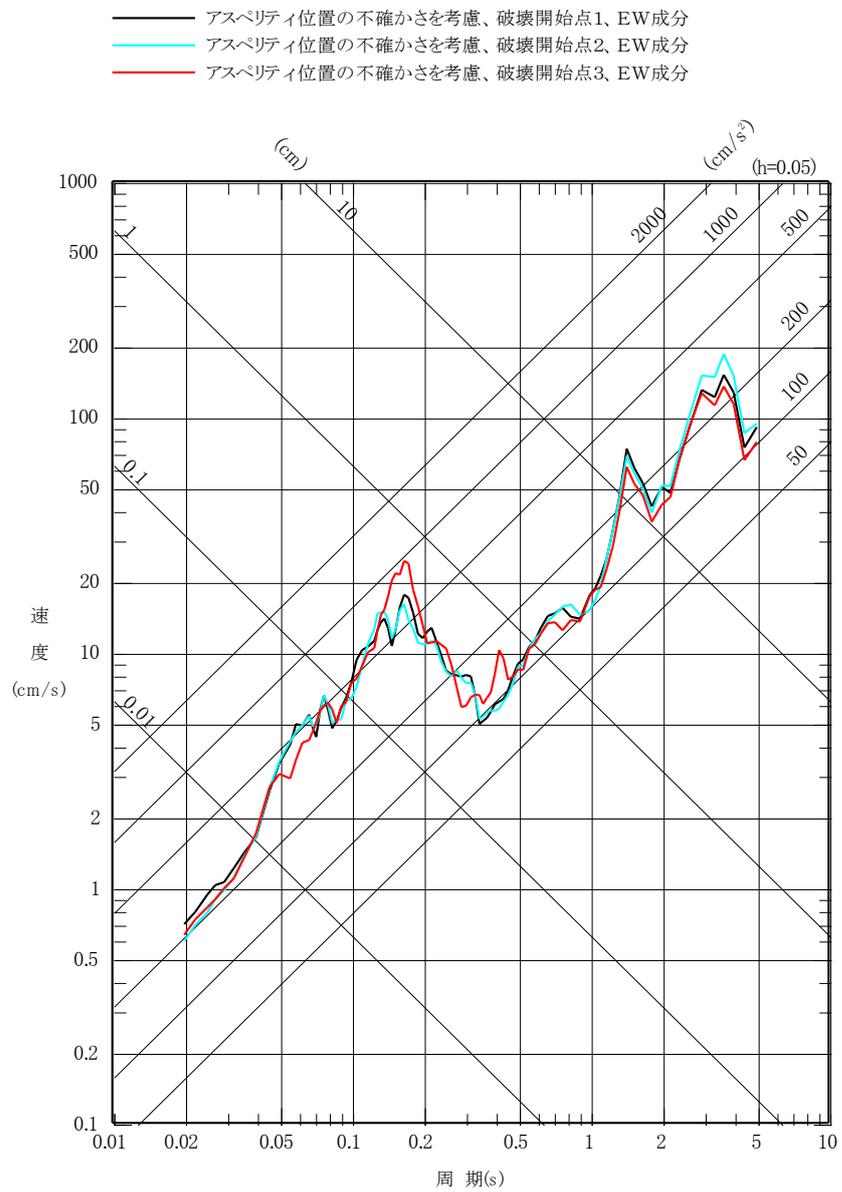
第 5. 6. 10 図(8) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、EW 成分)



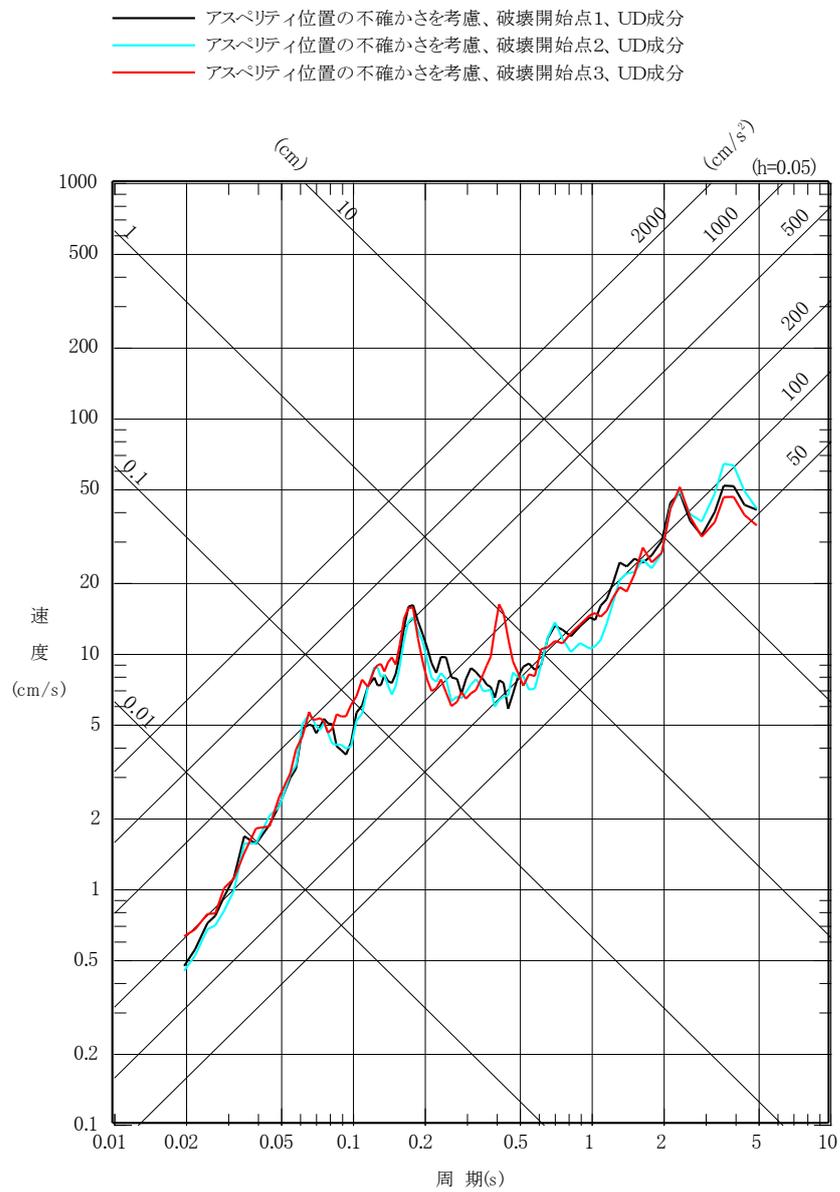
第 5. 6. 10 図(9) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、UD成分)



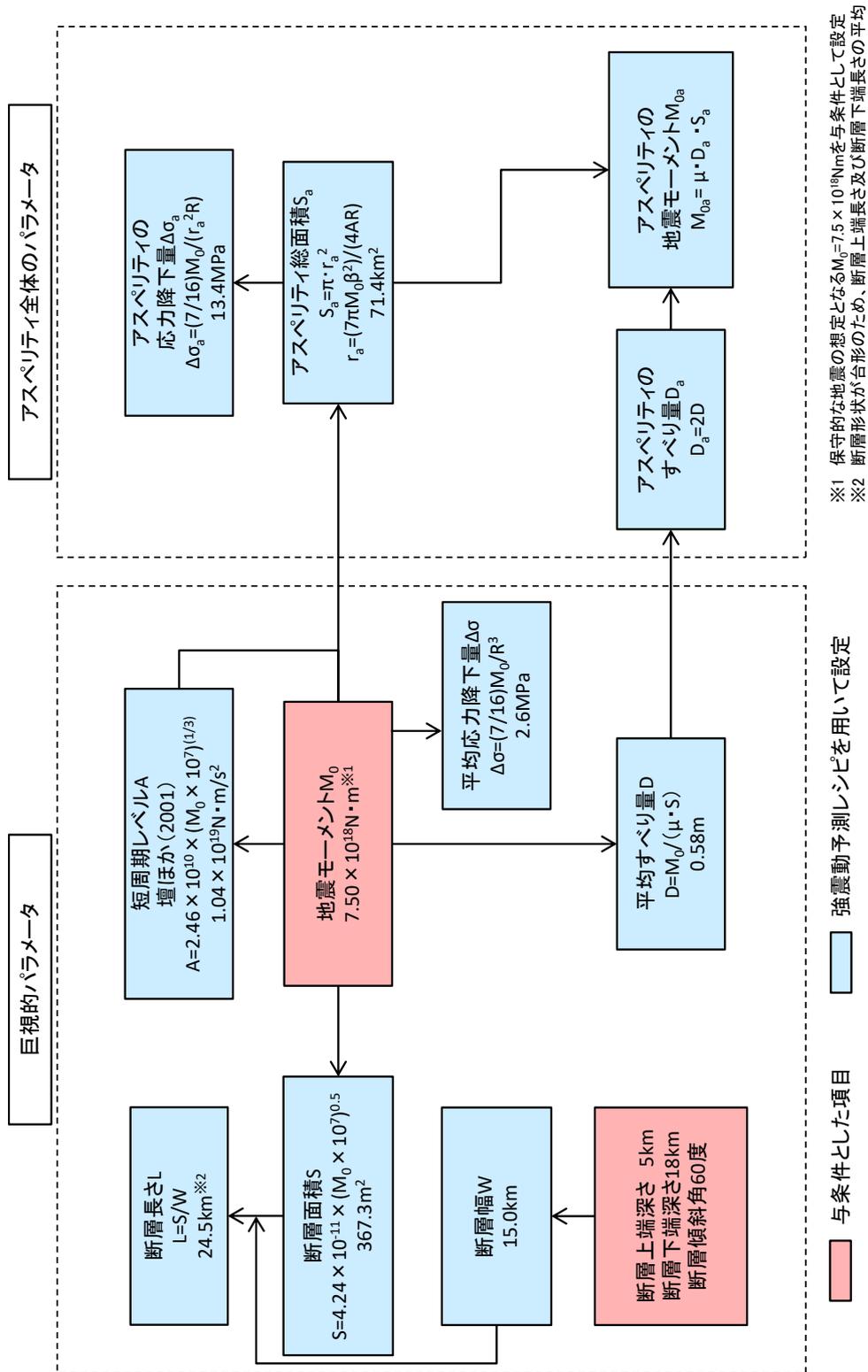
第 5. 6. 10 図(10) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、NS 成分)



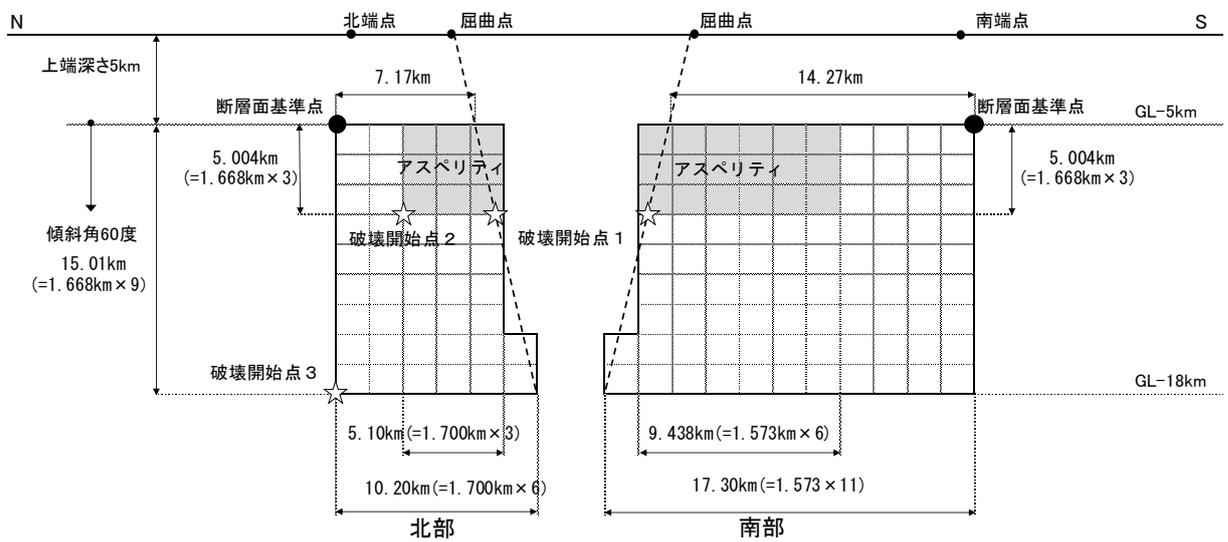
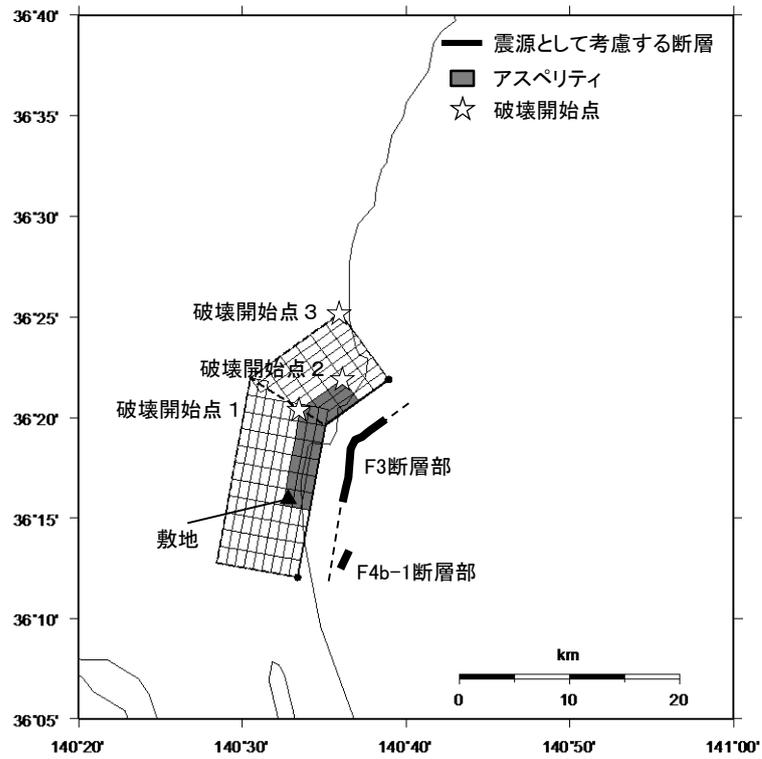
第 5. 6. 10 図(11) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、EW 成分)



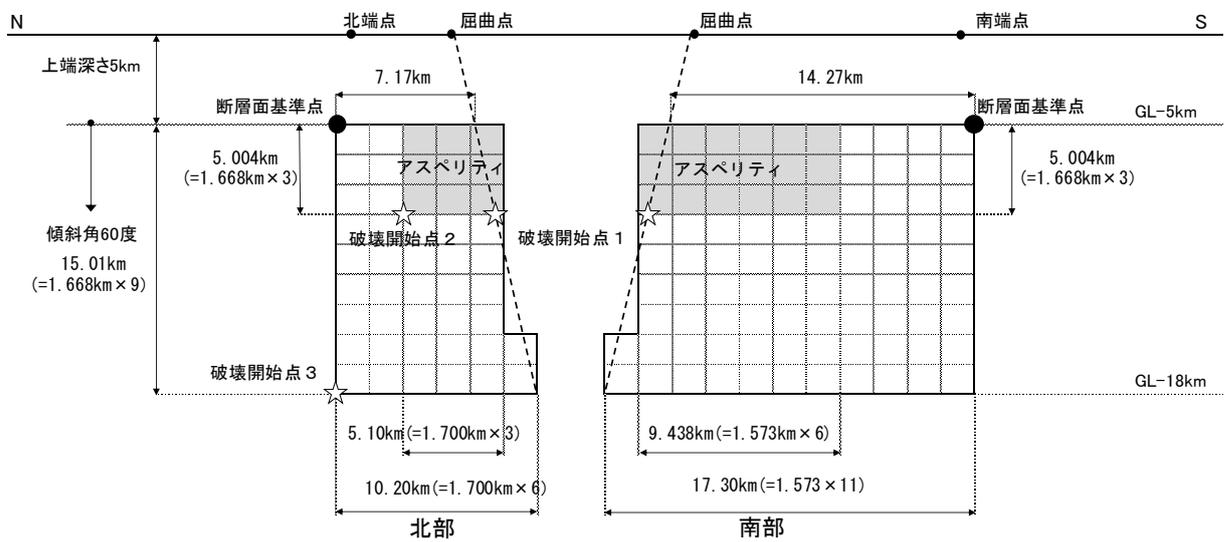
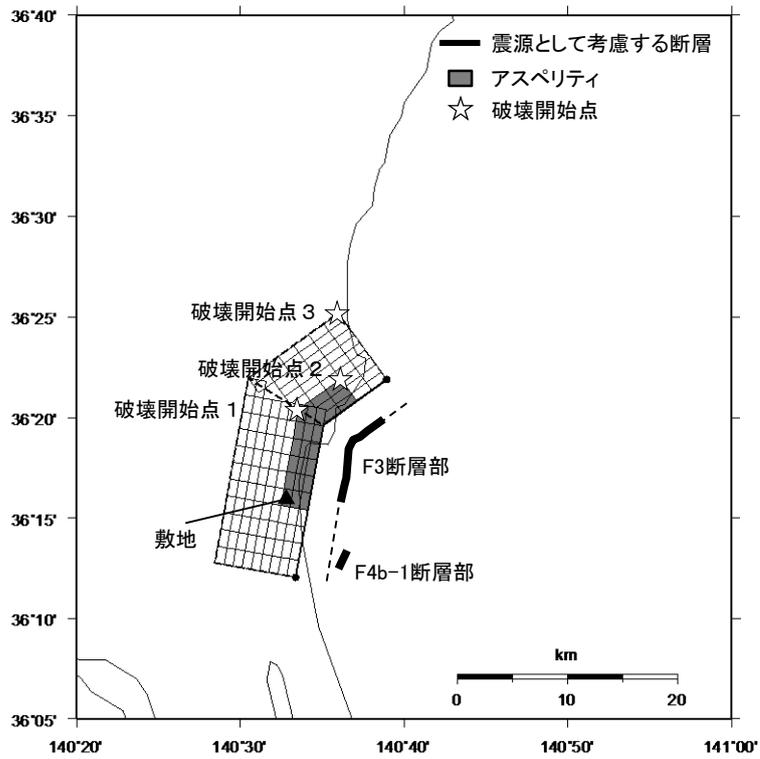
第 5. 6. 10 図(12) F1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、UD 成分)



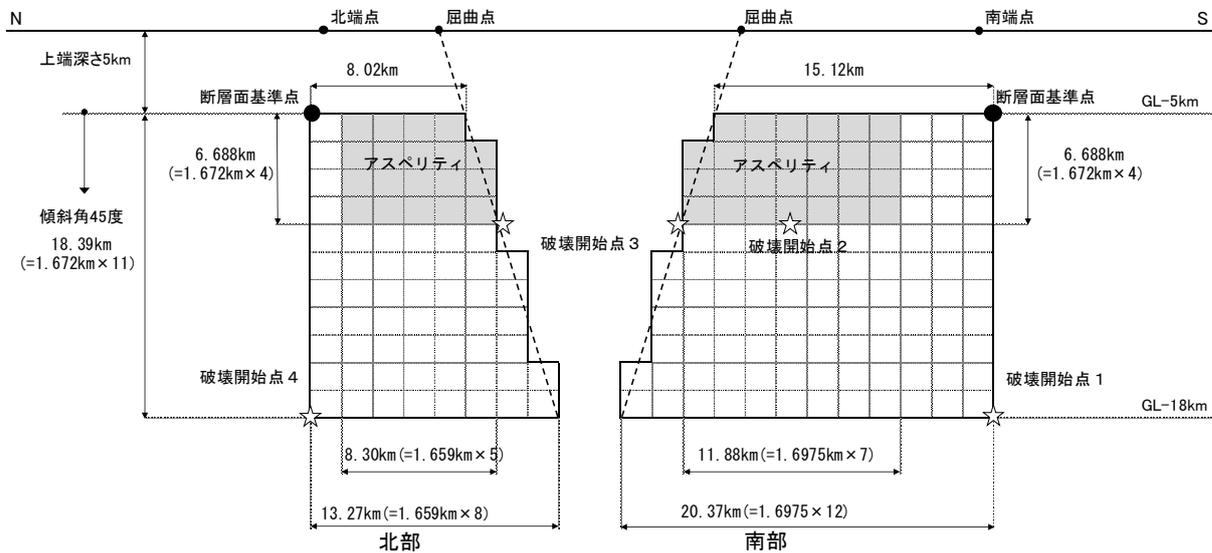
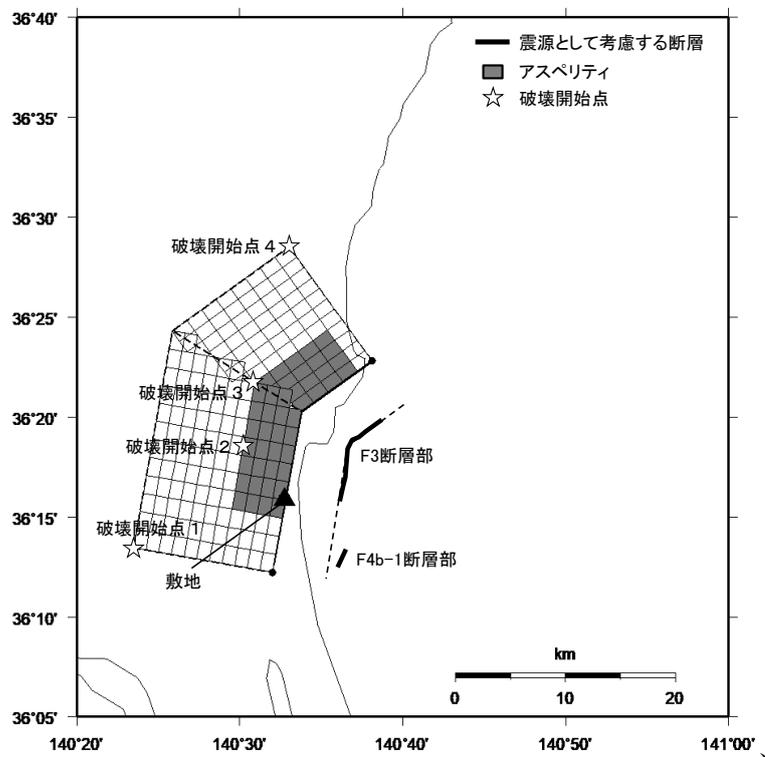
第5.6.11 図 断層パラメータの設定フロー
(F3断層～F4断層による地震、基本震源モデル)



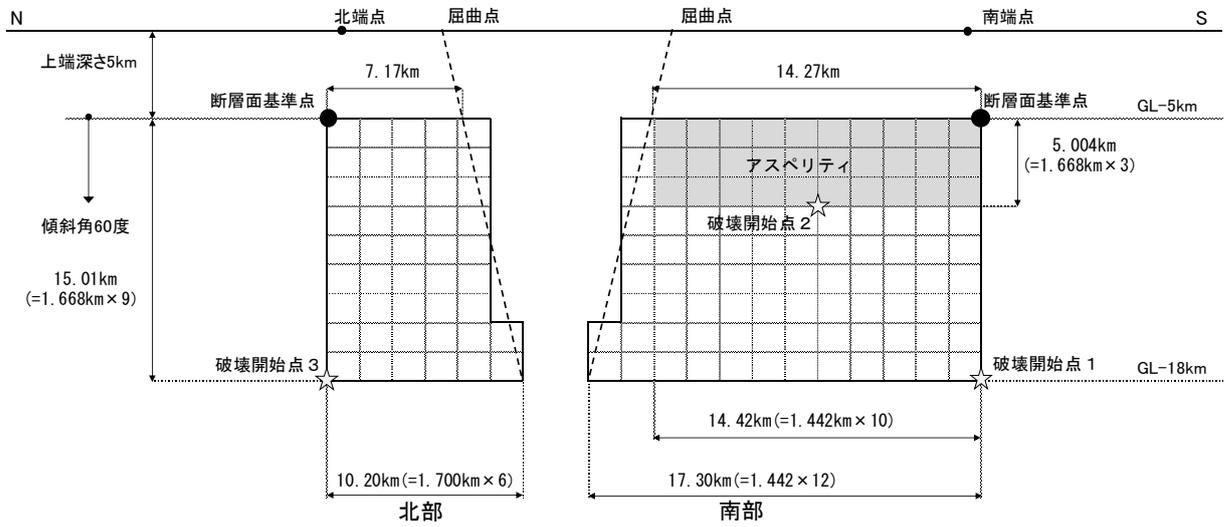
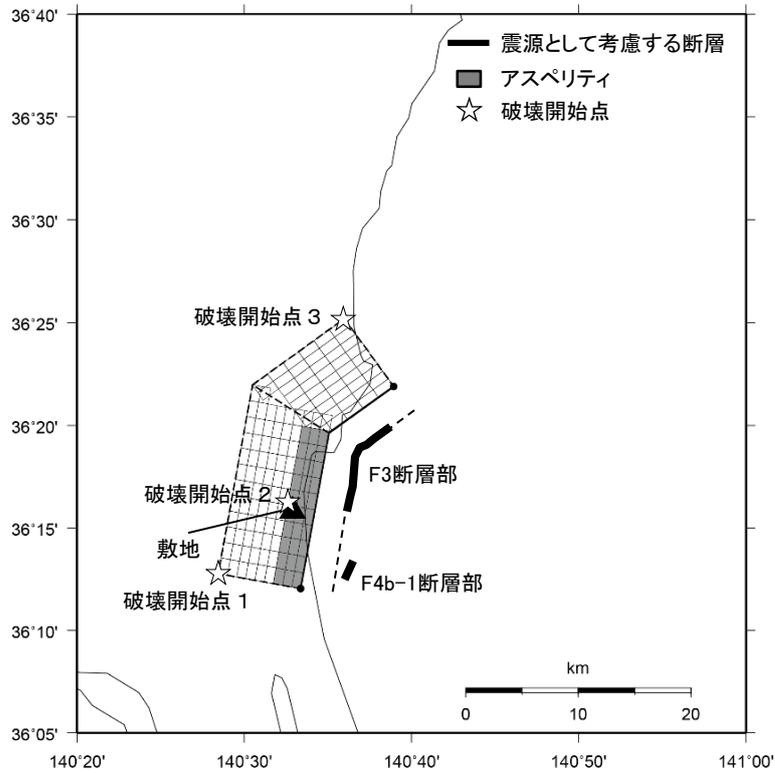
第 5. 6. 12 図 F3 断層～F4 断層による地震の断層モデル
(基本震源モデル)



第 5. 6. 13 図 (1) F3 断層～F4 断層による地震の断層モデル
(不確かさを考慮したケース: 短周期レベル)



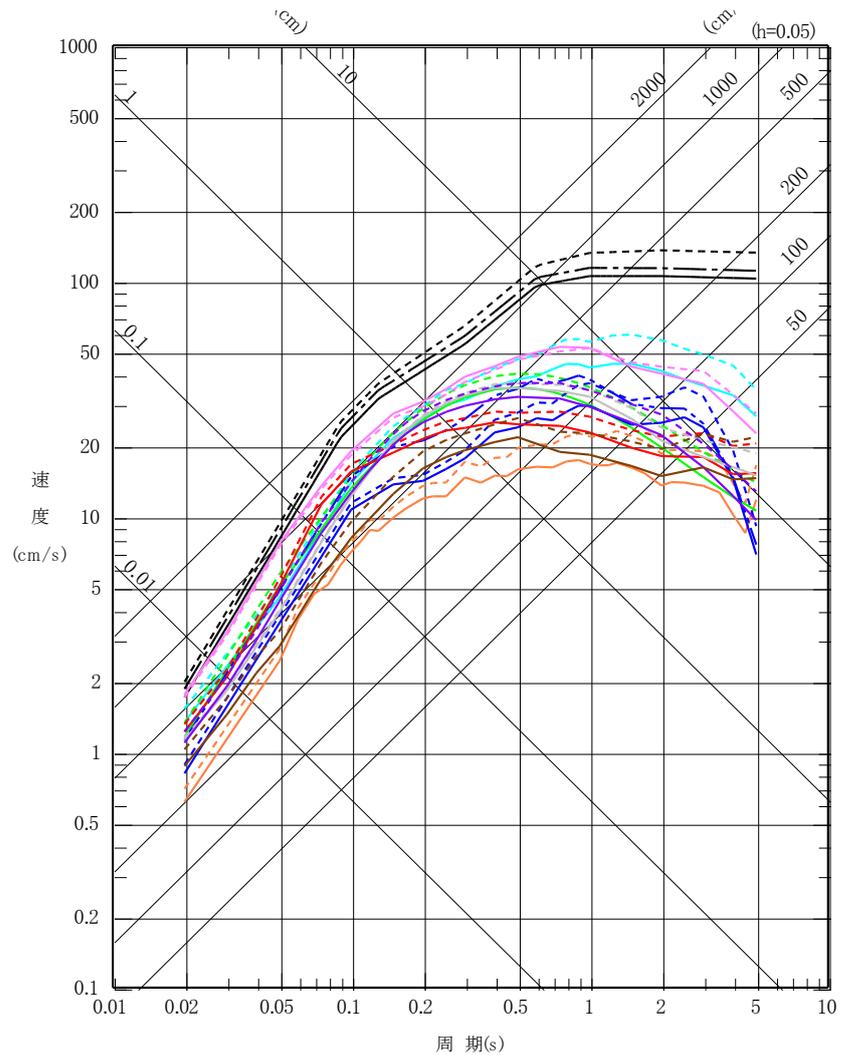
第 5. 6. 13 図 (2) F3 断層～F4 断層による地震の断層モデル
 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角)



第 5. 6. 13 図(3) F3 断層～F4 断層による地震の断層モデル
 (不確かさを考慮したケース:アスペリティ位置)

- | | |
|-------------------------------------|--|
| — Noda et al. (2002) ^{※1} | — Abrahamson et al. (2014) ^{※2} |
| — Kanno et al. (2006) ^{※2} | — Boore et al. (2014) ^{※2} |
| — Zhao et al. (2006) ^{※2} | — Campbell et al. (2014) ^{※2} |
| — 内山・翠川ほか(2006) ^{※2} | — Chiou et al. (2014) ^{※2} |
| — 片岡ほか(2006) ^{※3} | — Idriss(2014) ^{※2} |

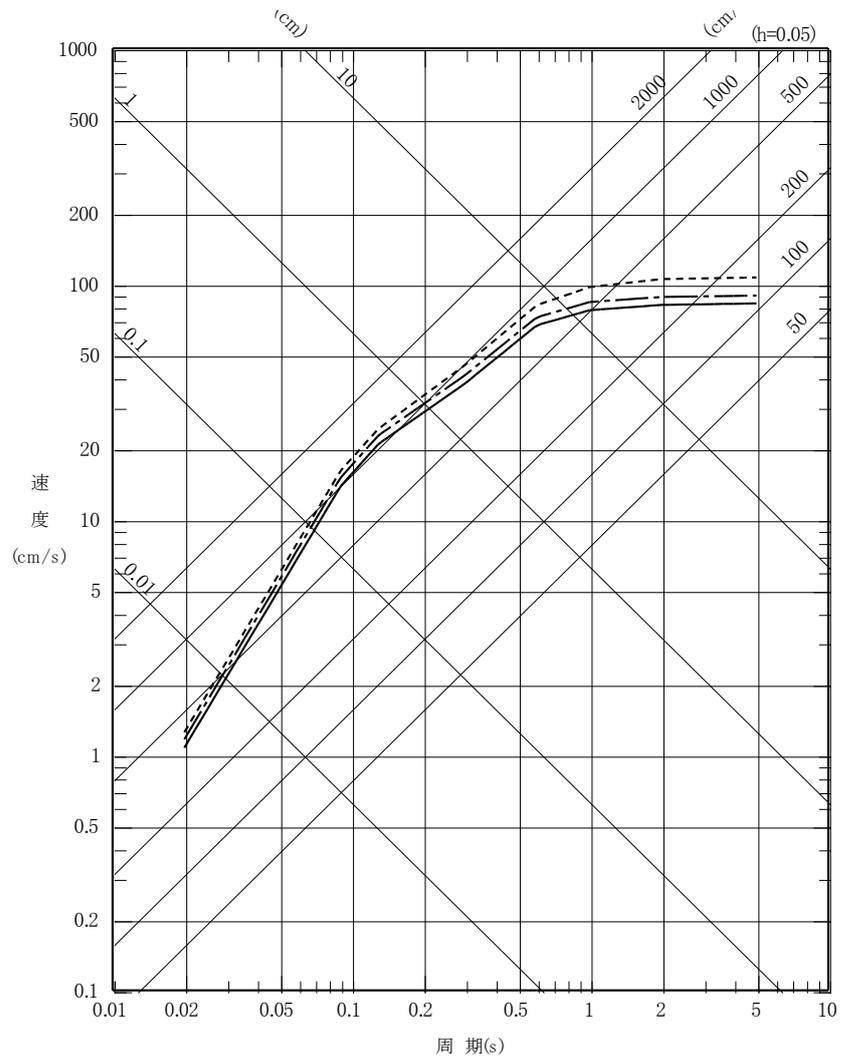
※1 実線は基本震源モデル及び短周期レベルの不確かさ、
破線は断層傾斜角の不確かさ、1点鎖線はアスペリティ位置の不確かさ
 ※2 実線は基本震源モデル、破線は断層傾斜角の不確かさ
 ※3 実線は基本震源モデル、破線は断層傾斜角の不確かさ、
2点鎖線は短周期レベルの不確かさ



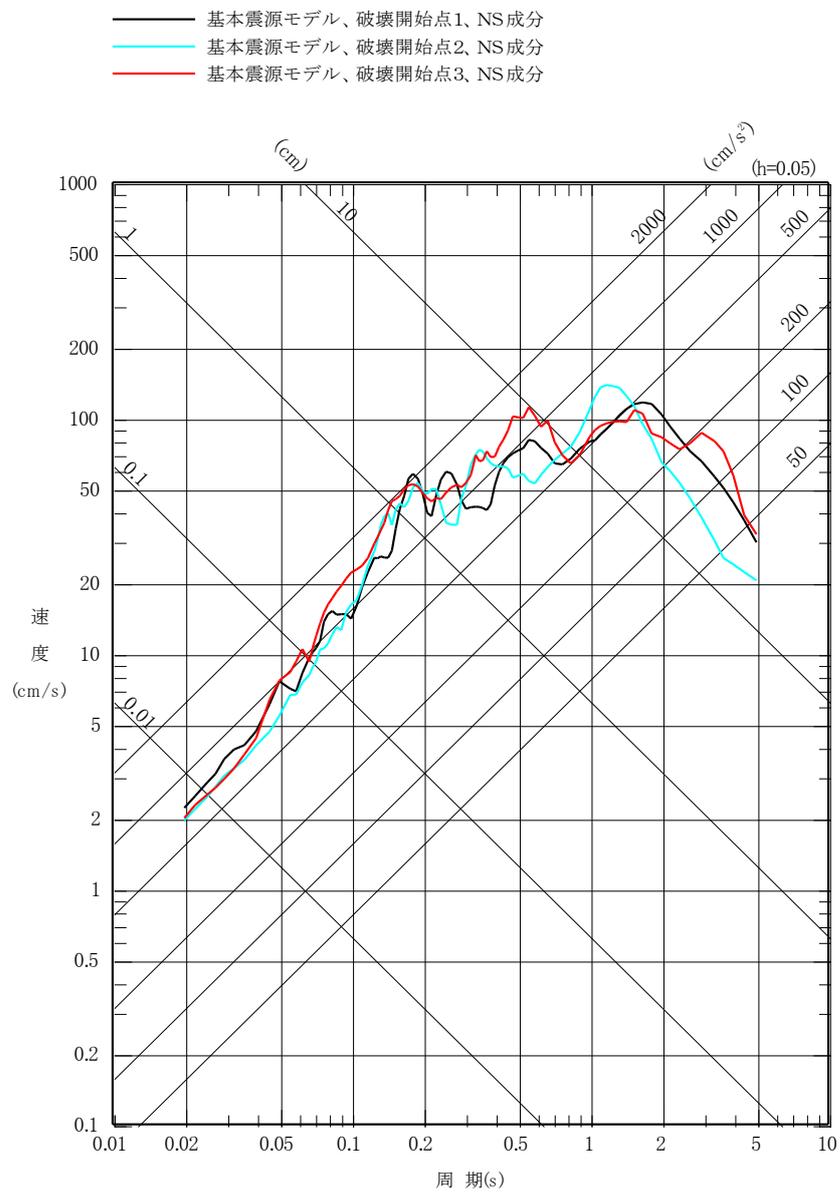
第 5. 6. 14 図(1) F3 断層～F4 断層による地震の
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果
 (水平成分)

————— Noda et al. (2002)^{※1}

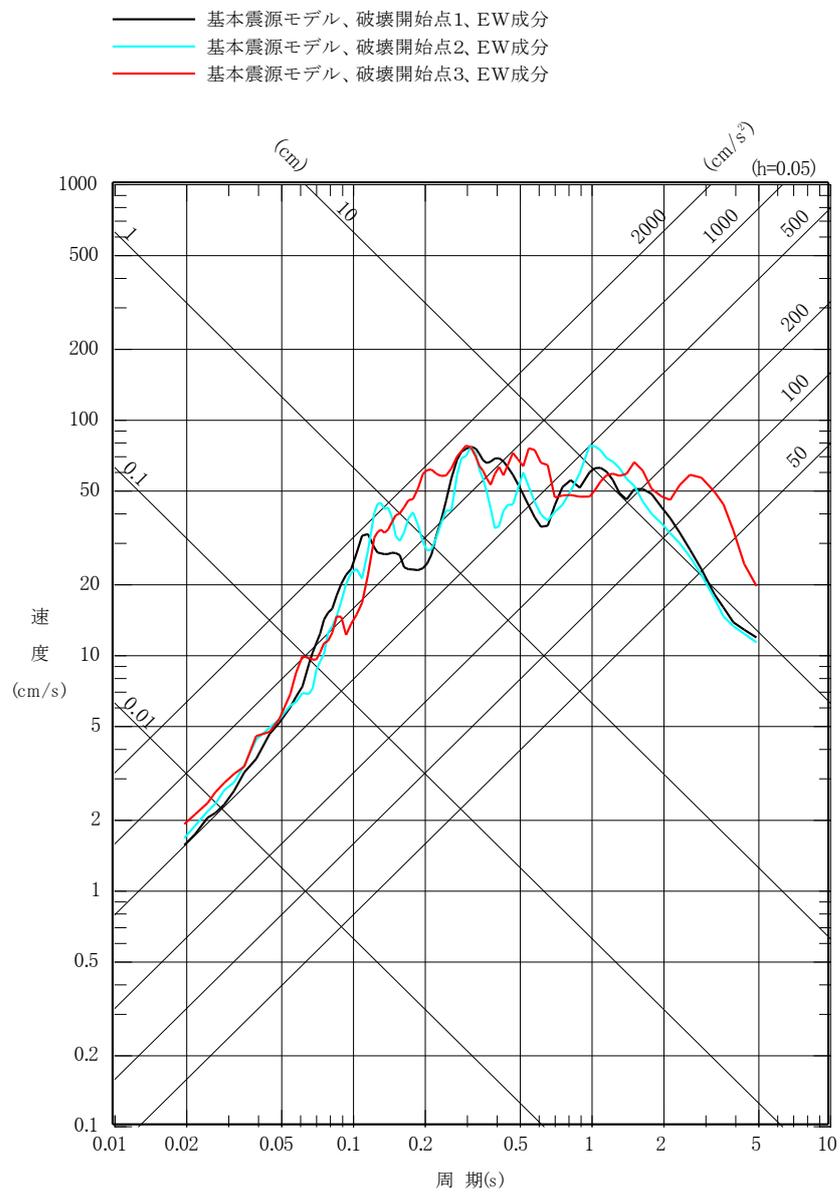
※1 実線は基本震源モデル及び短周期レベルの不確かさ、
破線は断層傾斜角の不確かさ、1点鎖線はアスペリティ位置の不確かさ



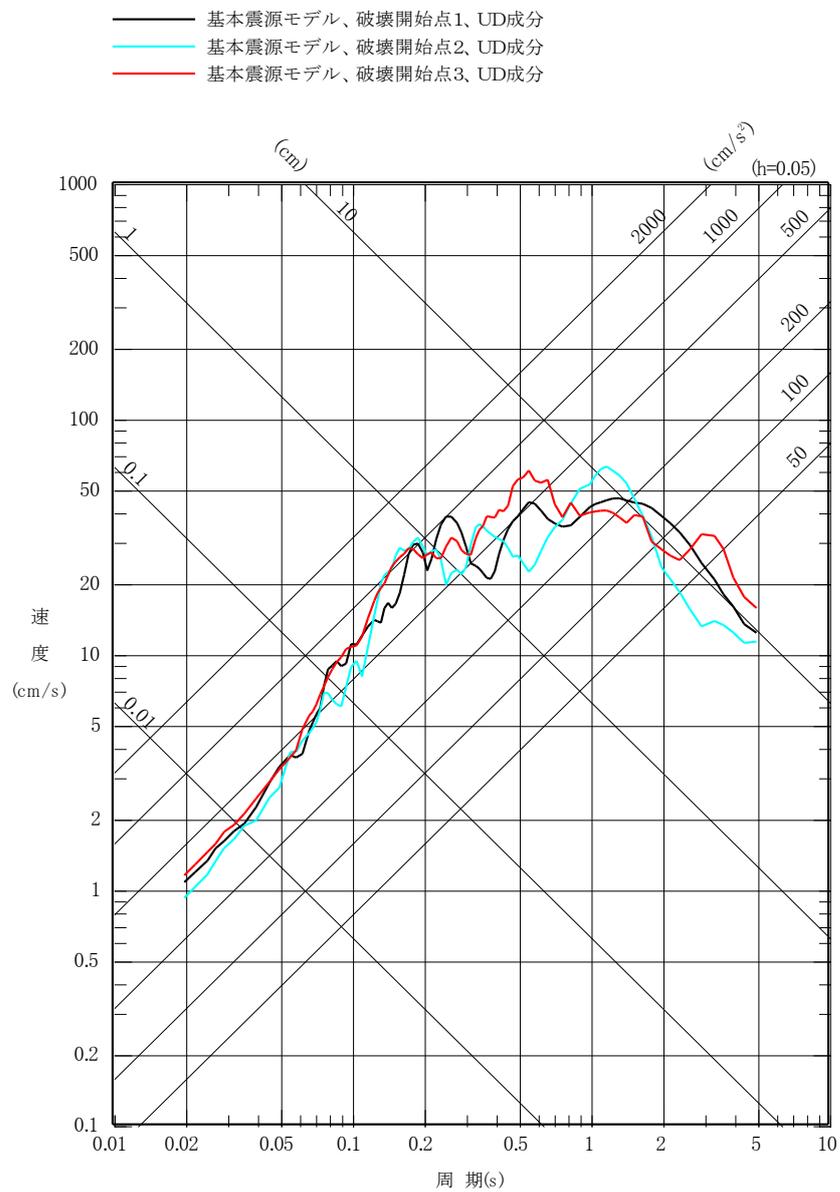
第 5. 6. 14 図(2) F3 断層～F4 断層による地震の
応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果
(鉛直成分)



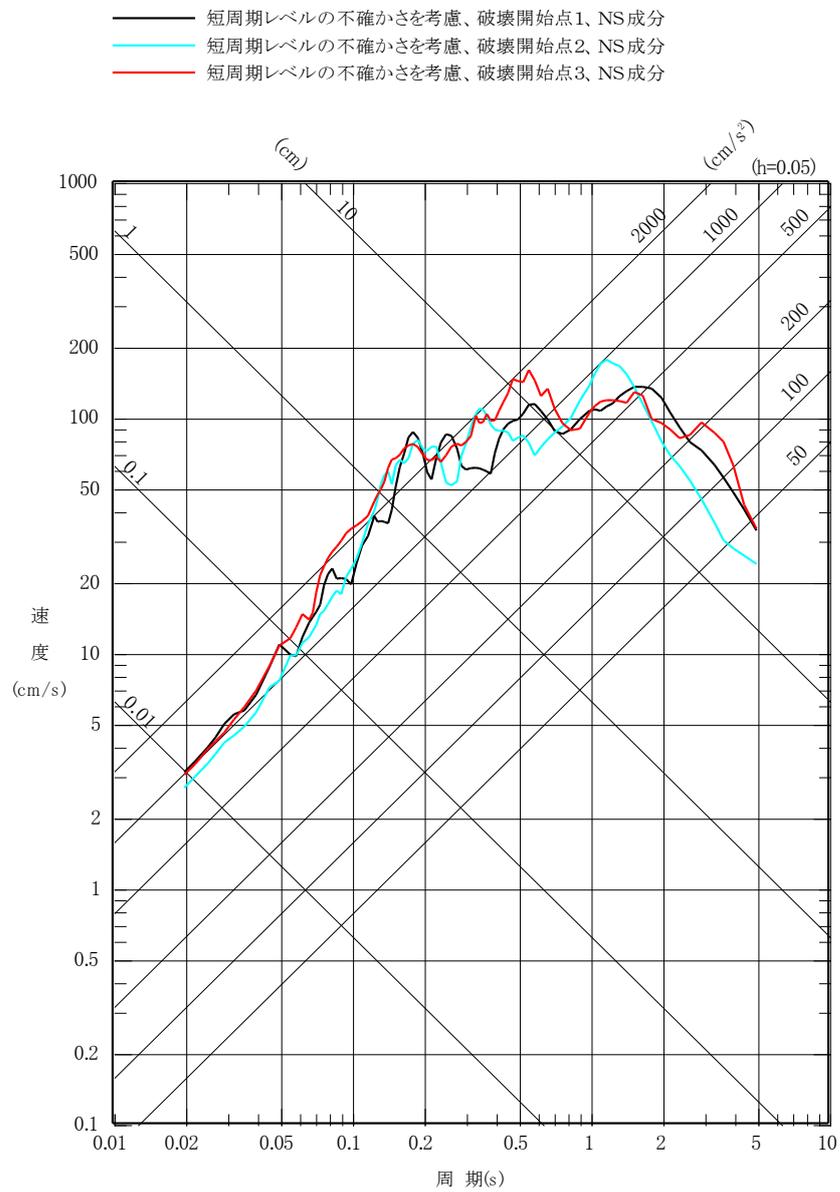
第 5. 6. 15 図(1) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (基本震源モデル、NS 成分)



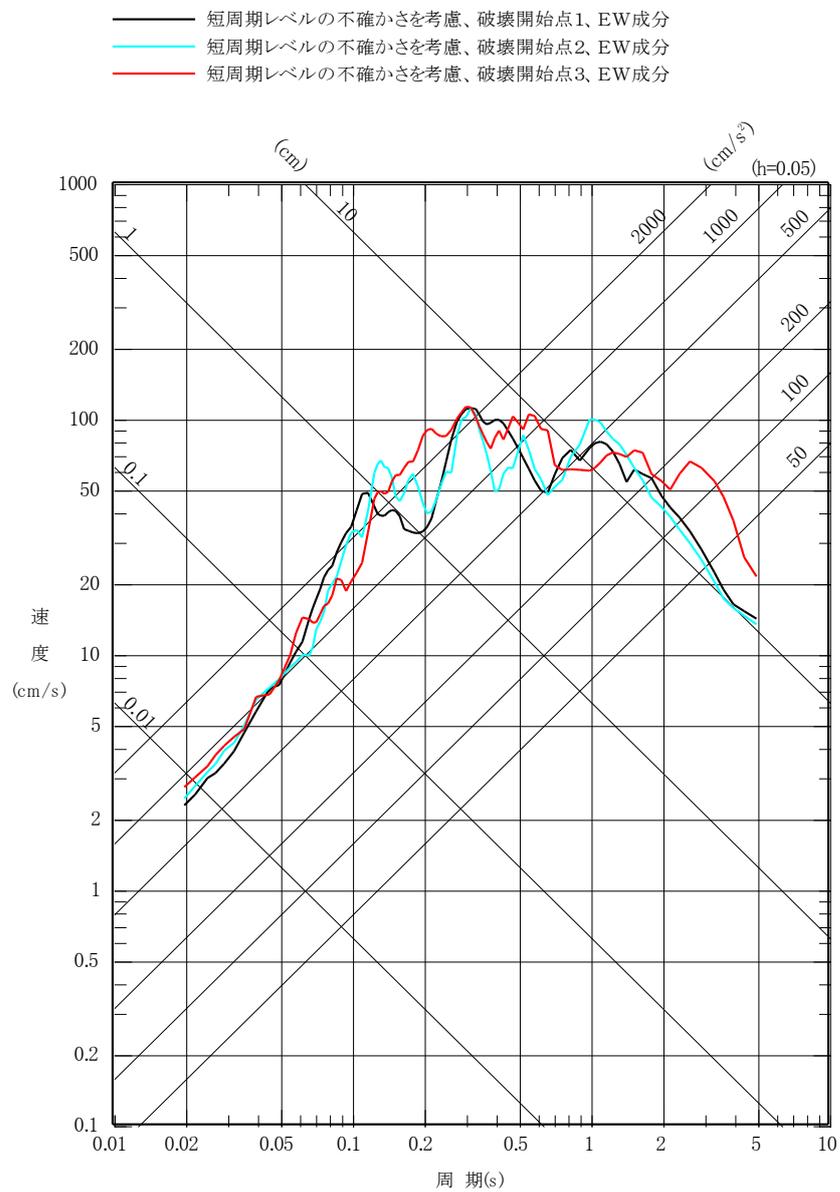
第 5. 6. 15 図(2) F3 断層～F4 断層による地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(基本震源モデル、EW 成分)



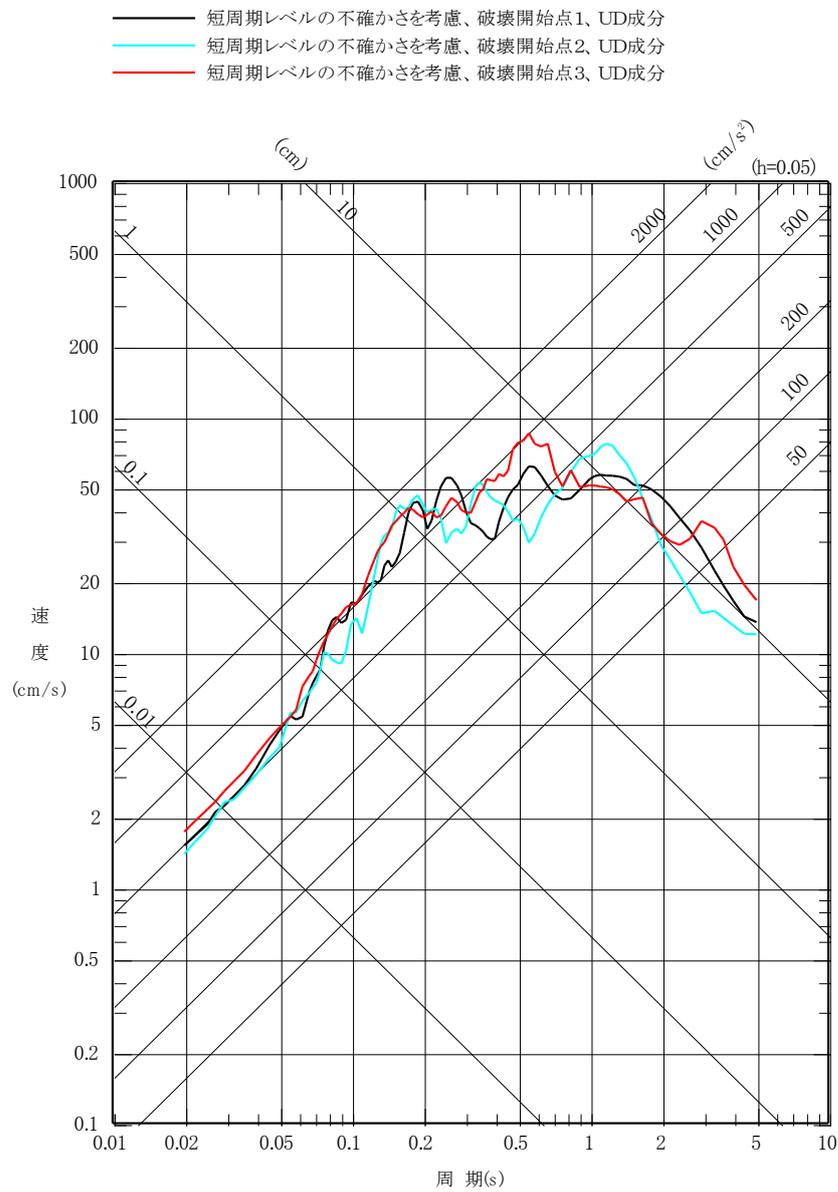
第 5. 6. 15 図(3) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (基本震源モデル、UD成分)



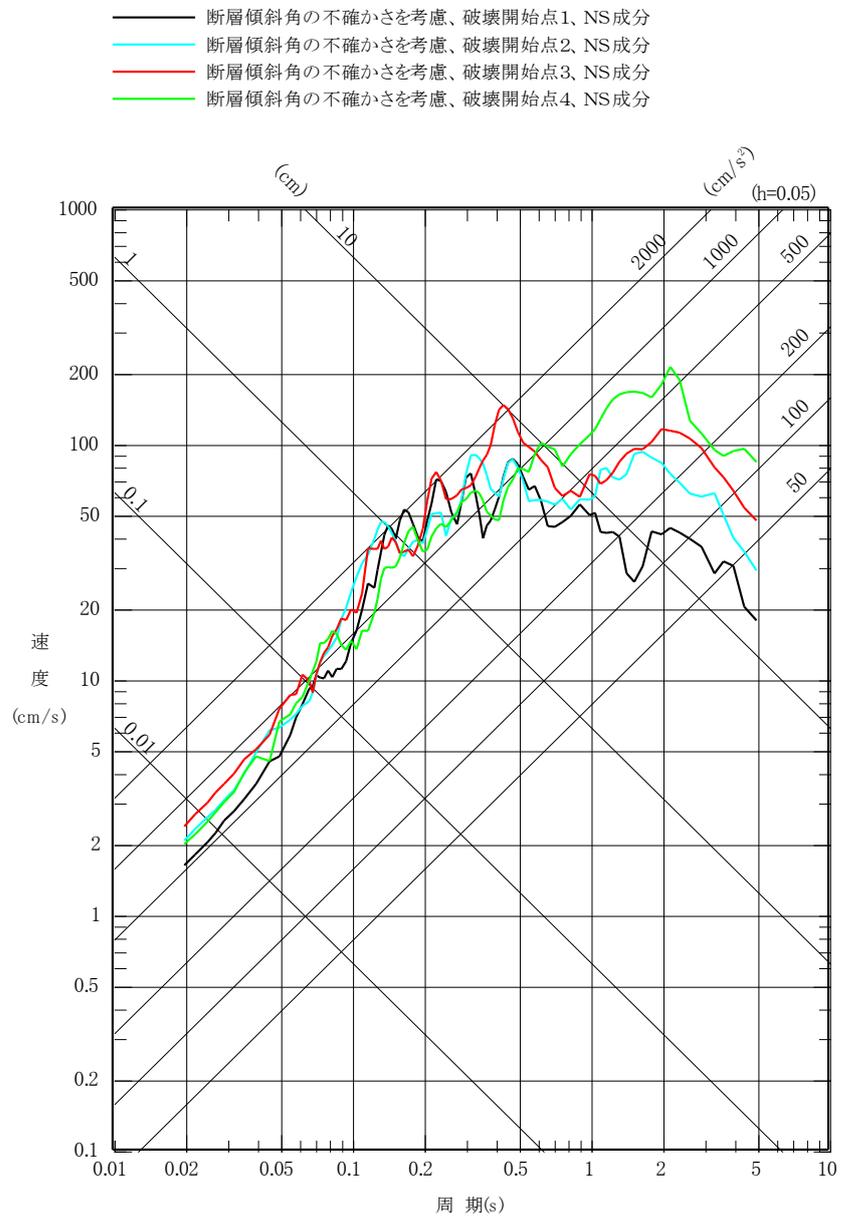
第 5. 6. 15 図(4) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:短周期レベル、NS成分)



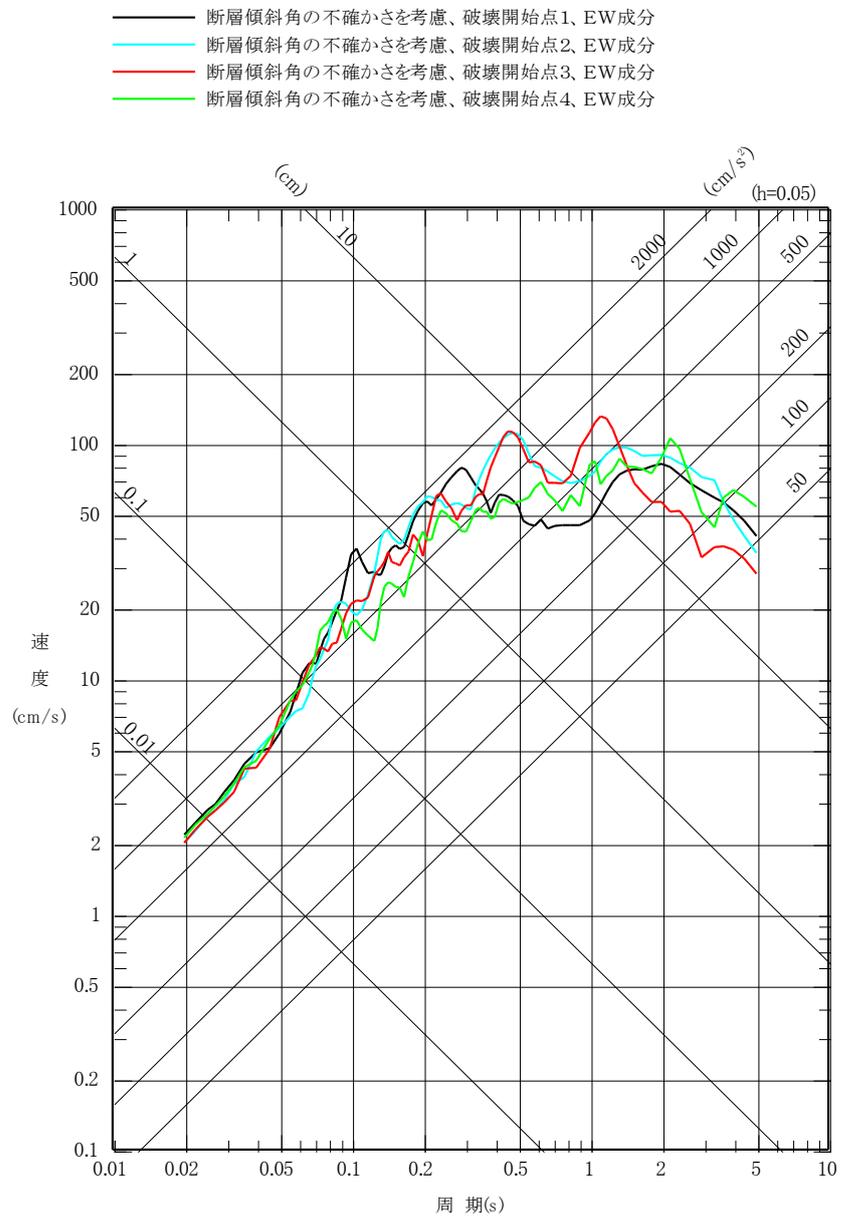
第 5. 6. 15 図(5) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:短周期レベル、EW 成分)



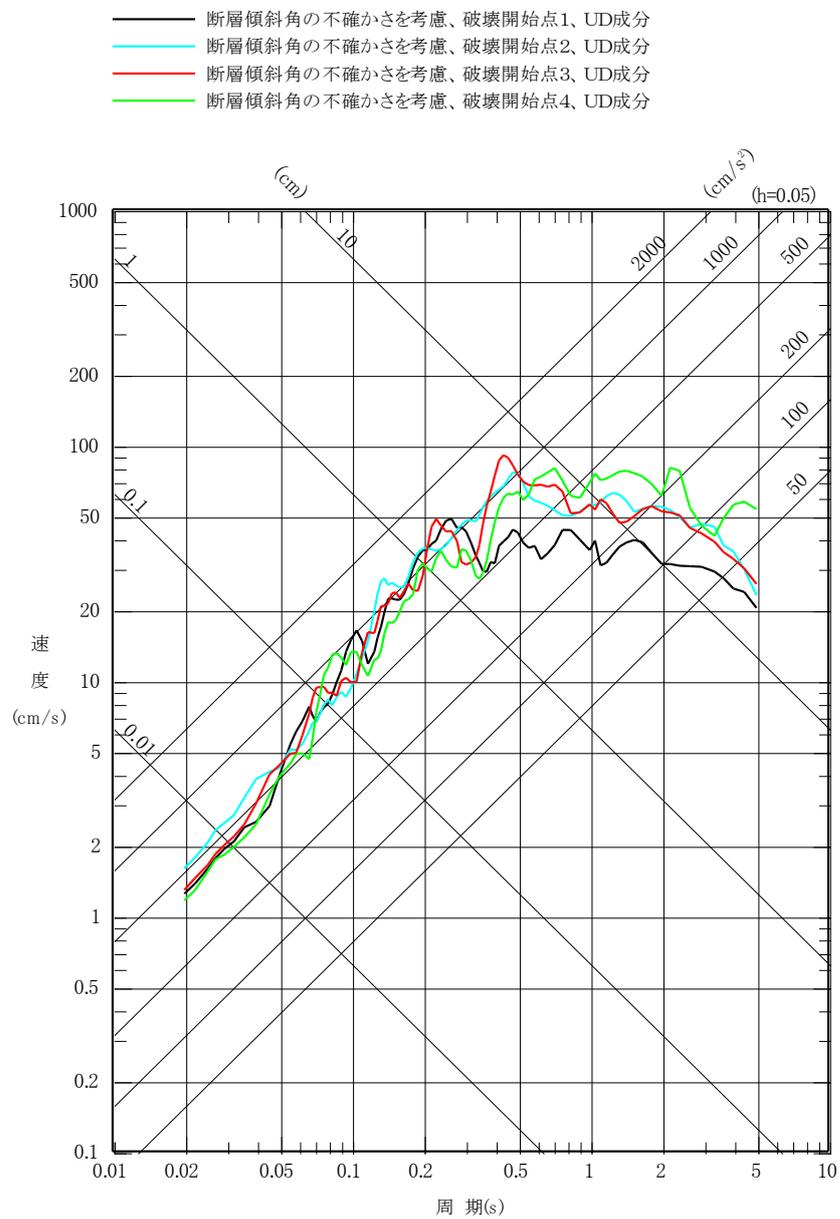
第 5. 6. 15 図(6) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:短周期レベル、UD成分)



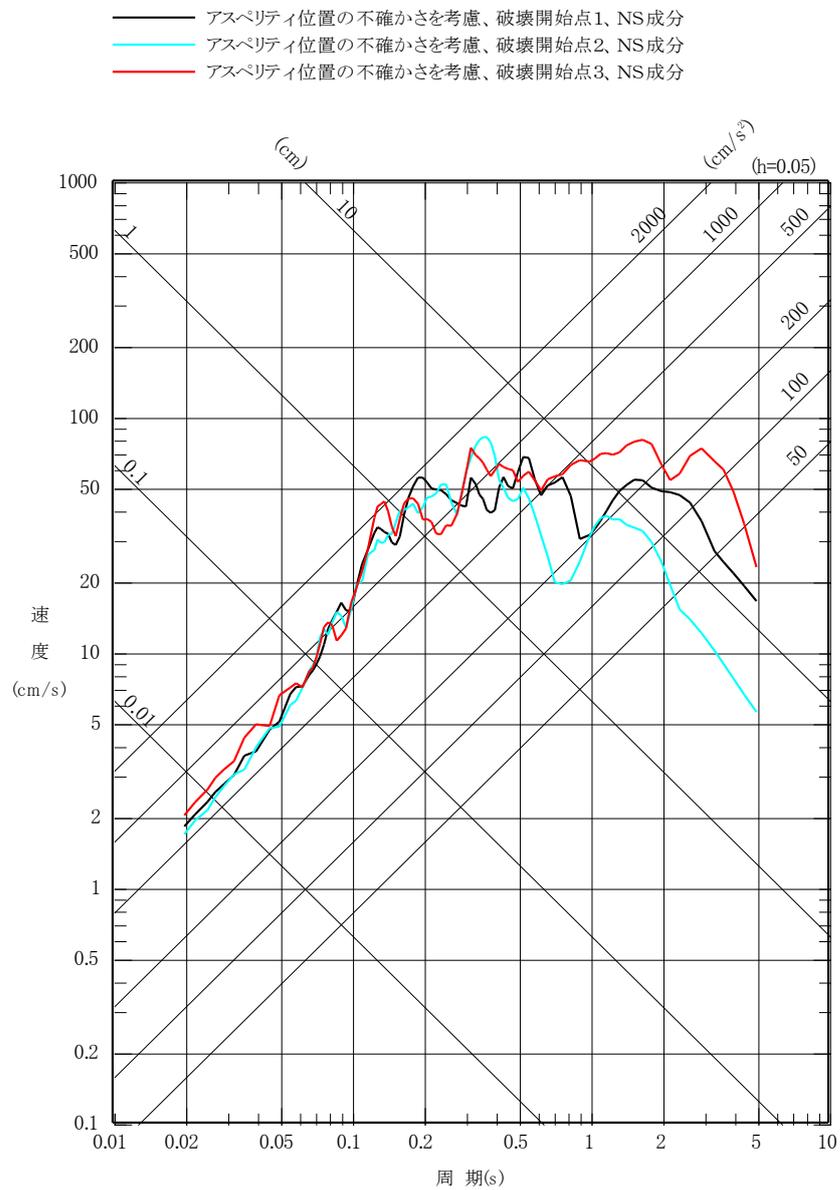
第 5. 6. 15 図(7) F3 断層～F4 断層による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、NS 成分)



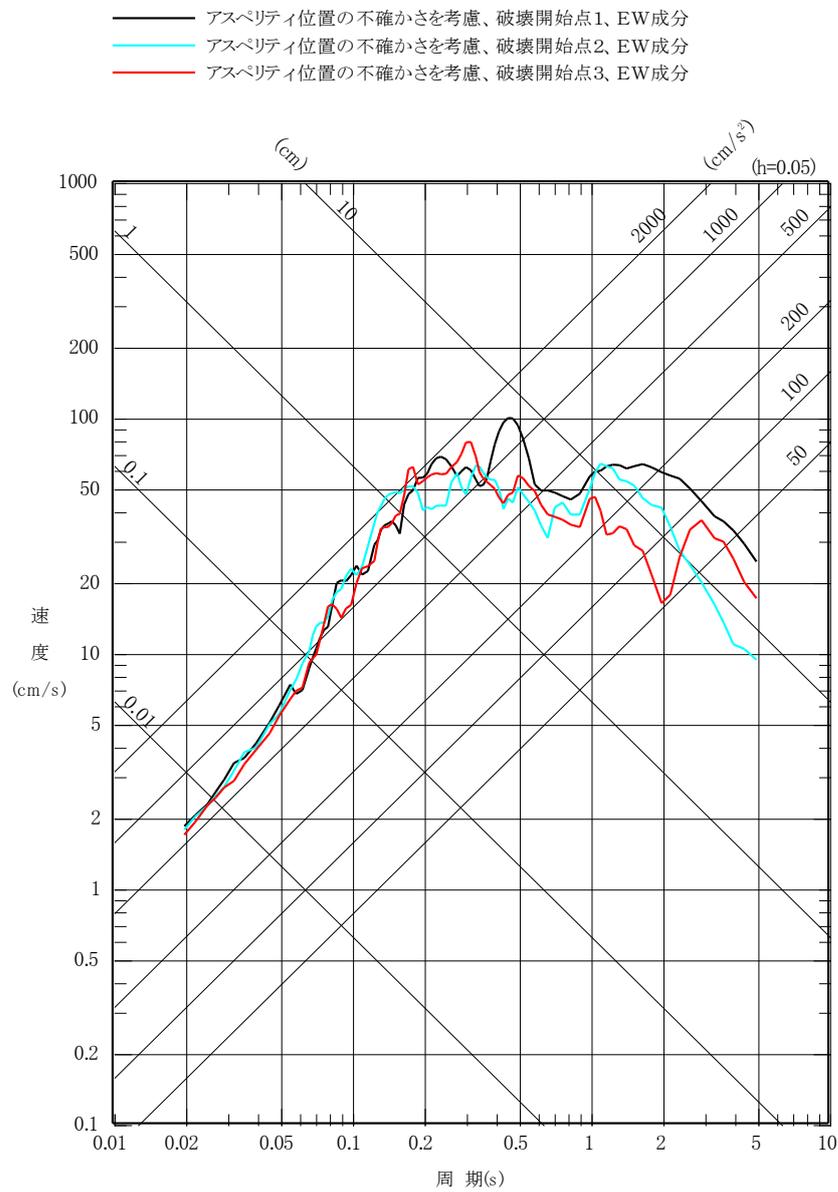
第 5. 6. 15 図(8) F3 断層～F4 断層による地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、EW 成分)



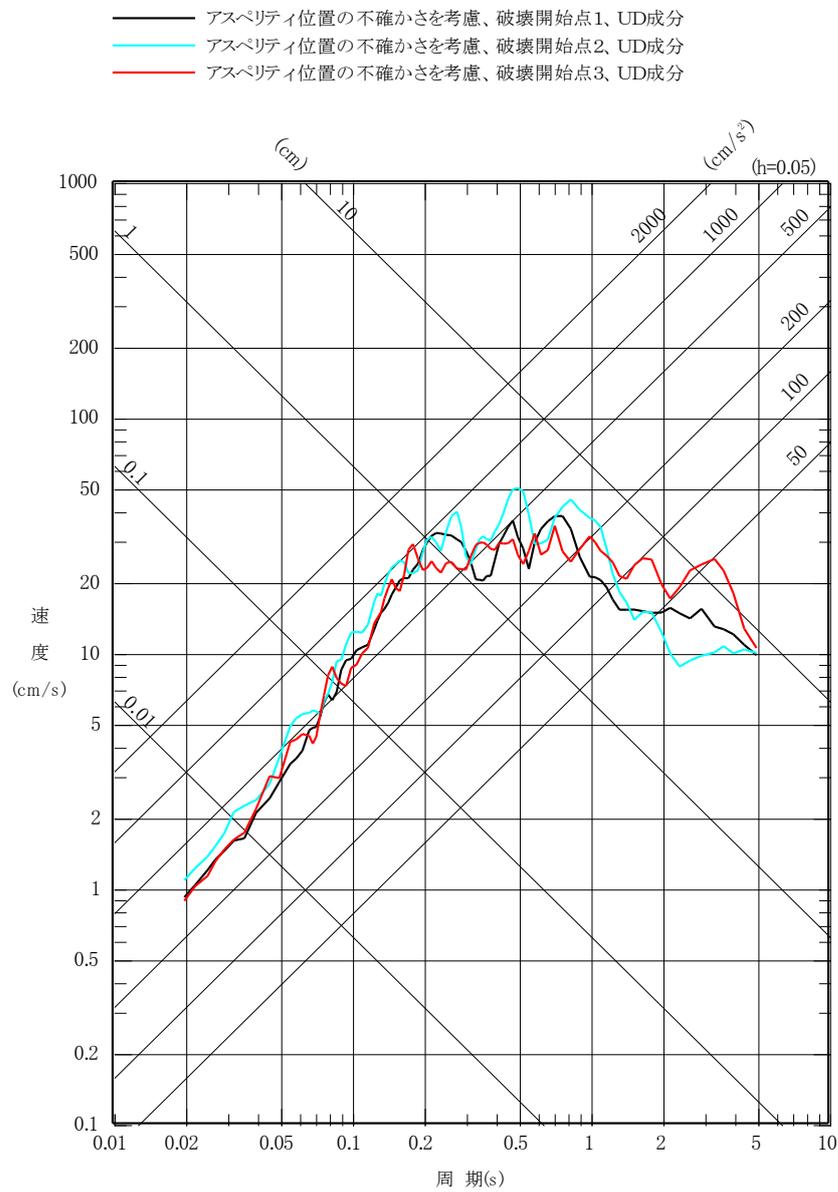
第 5. 6. 15 図(9) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、UD成分)



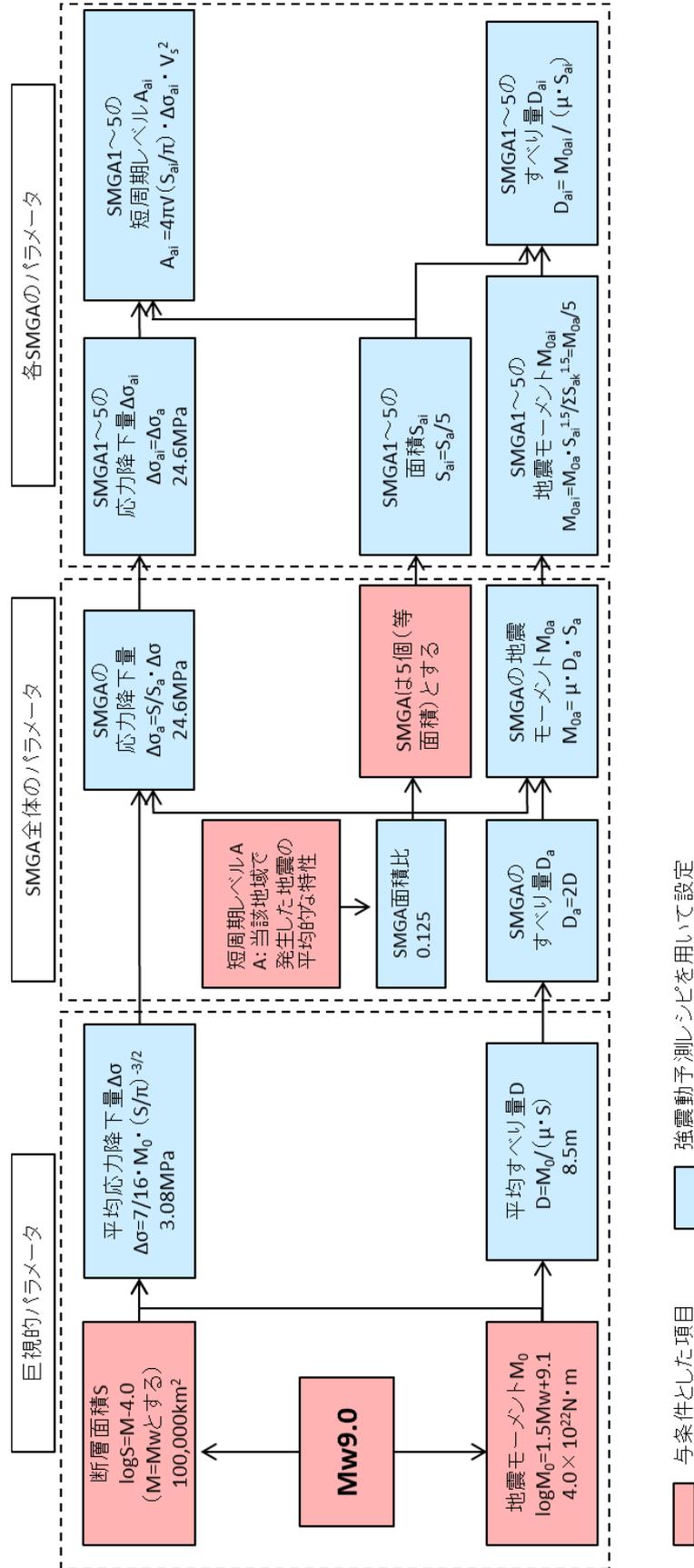
第 5. 6. 15 図(10) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、NS 成分)



第 5. 6. 15 図(11) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、EW 成分)

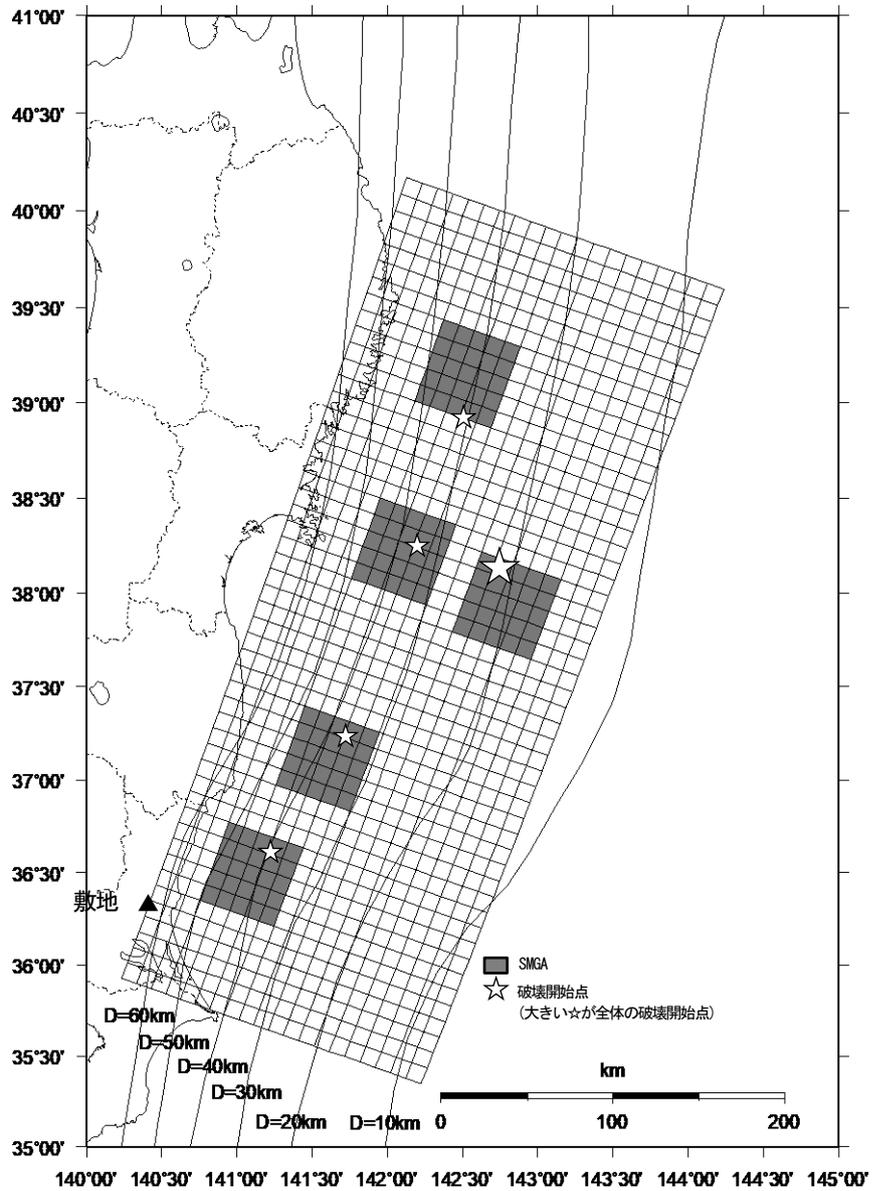


第 5. 6. 15 図(12) F3 断層～F4 断層による地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、UD 成分)

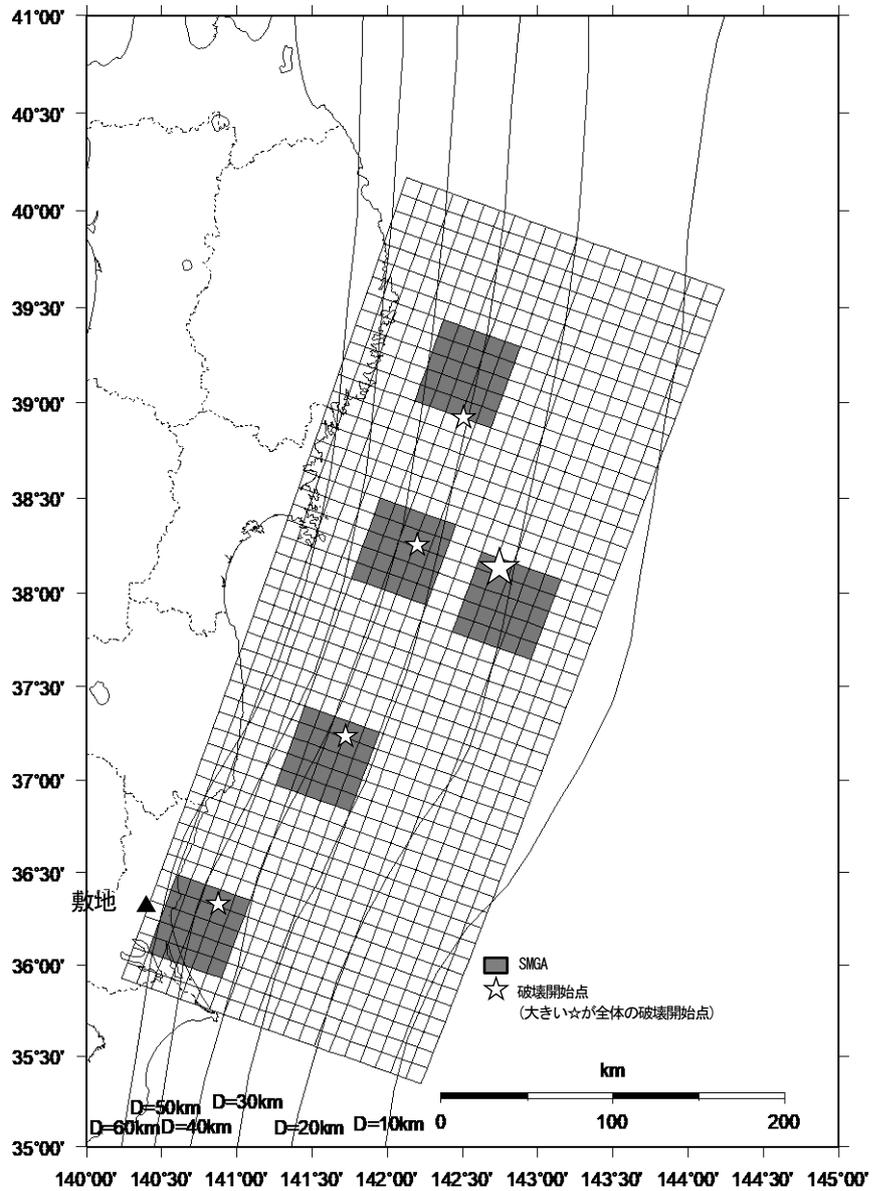


第5.6.16図 断層パラメータの設定フロー

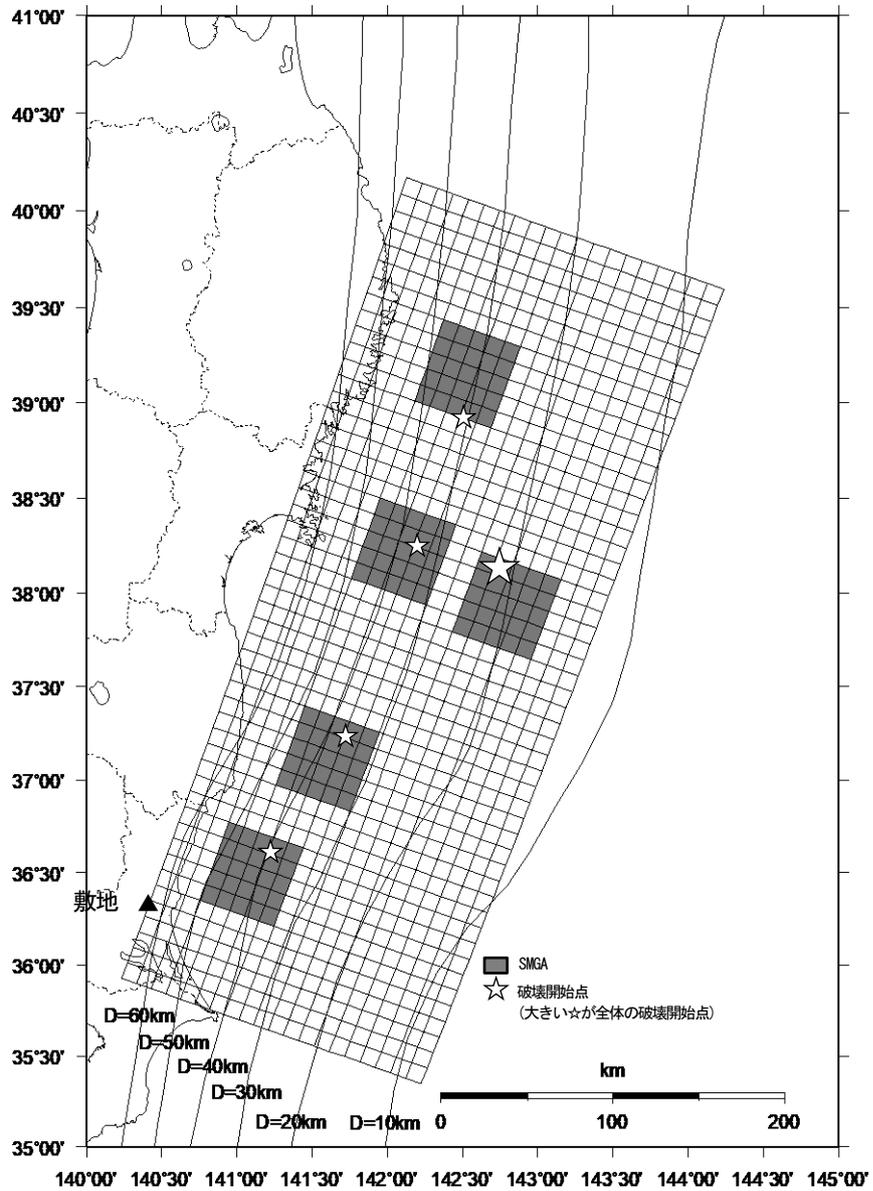
(2011年東北地方太平洋沖型地震、基本震源モデル)



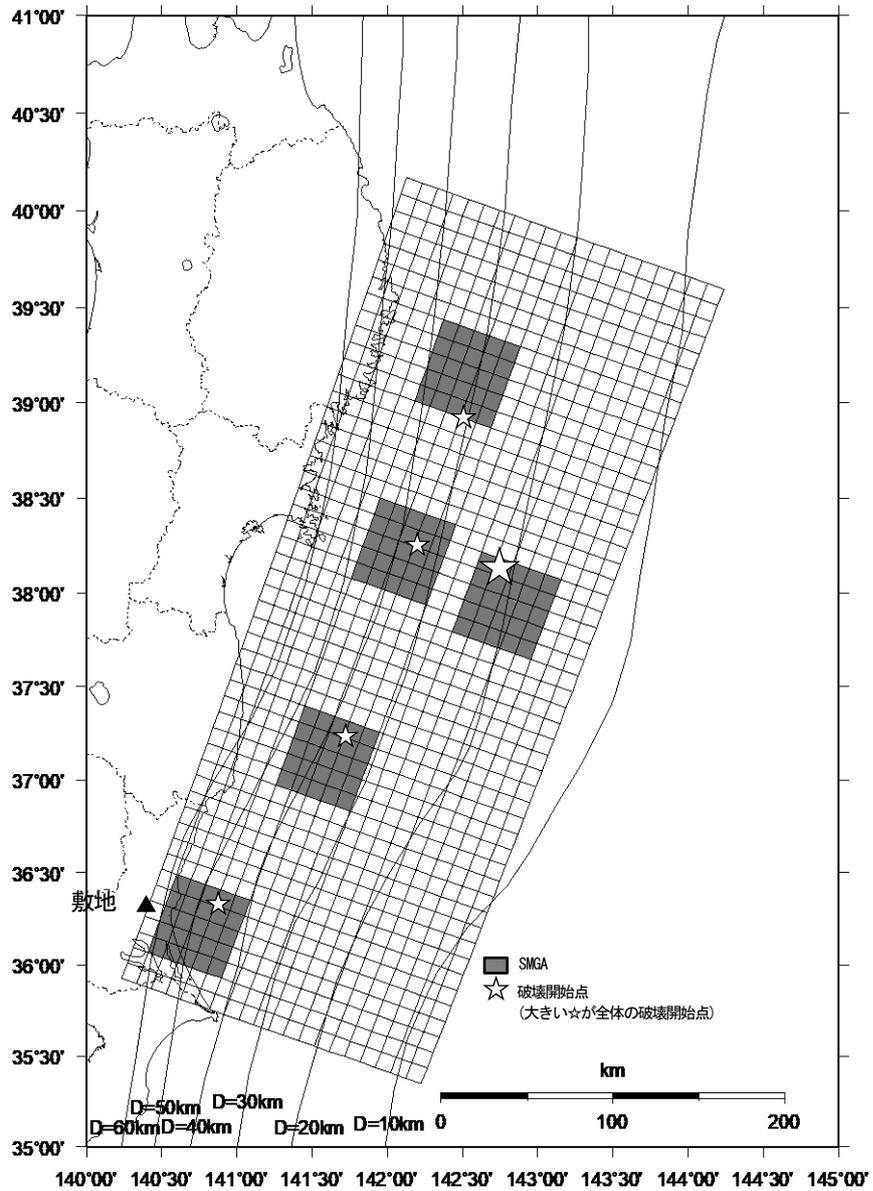
第 5.6.17 図 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル
(基本震源モデル)



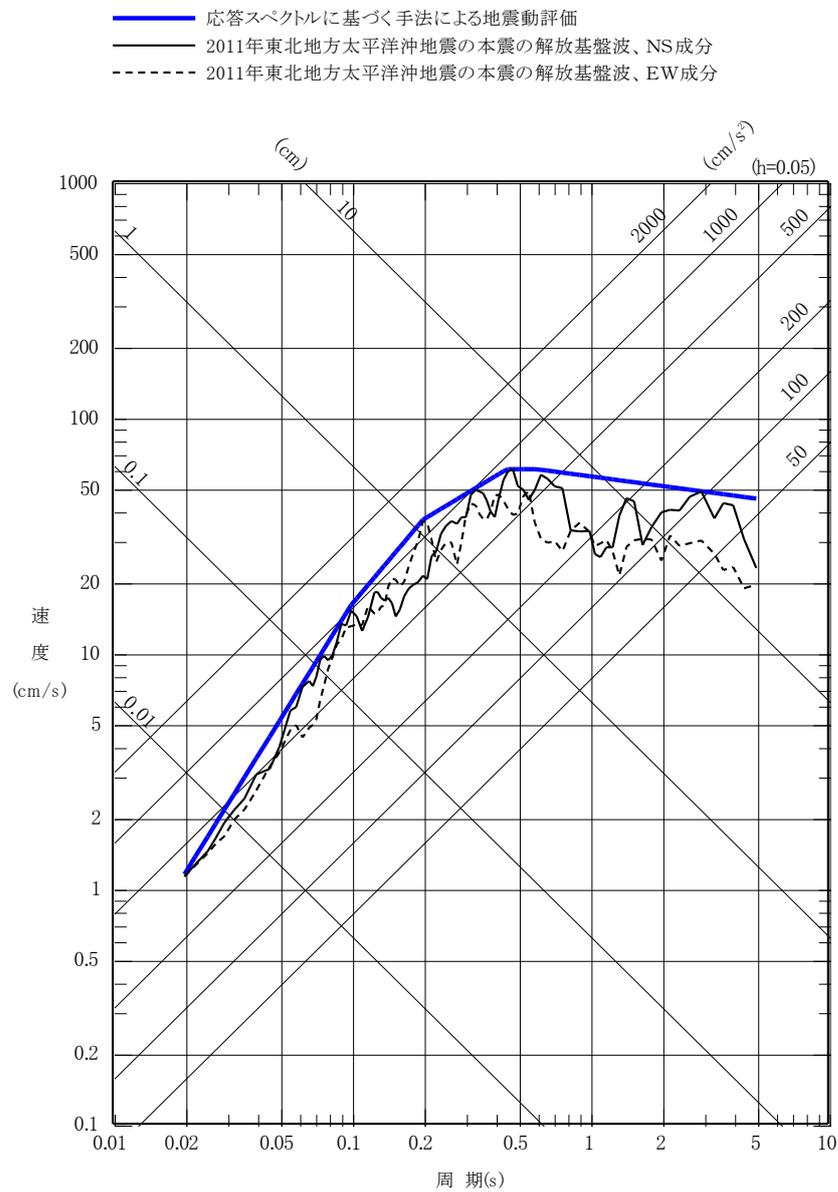
第 5. 6. 18 図(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル
 (不確かさを考慮したケース:SMGA 位置)



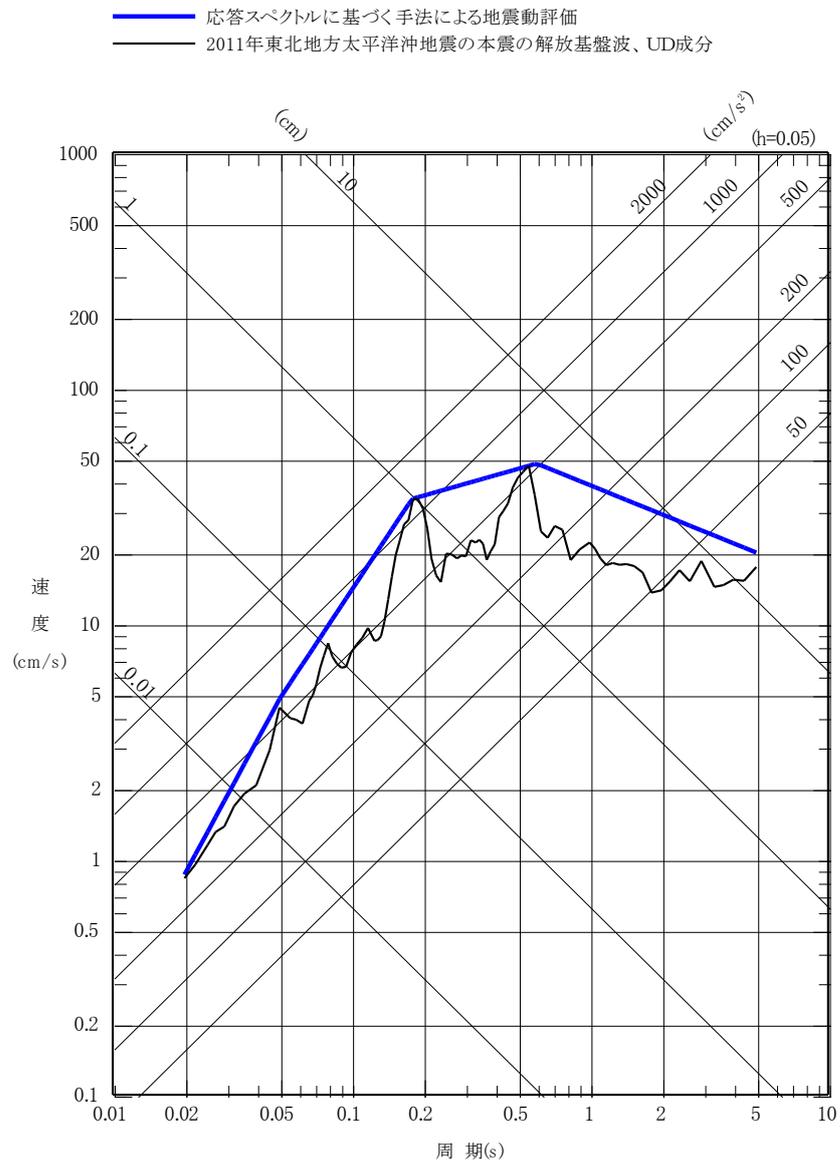
第 5. 6. 18 図(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル
(不確かさを考慮したケース:短周期レベル)



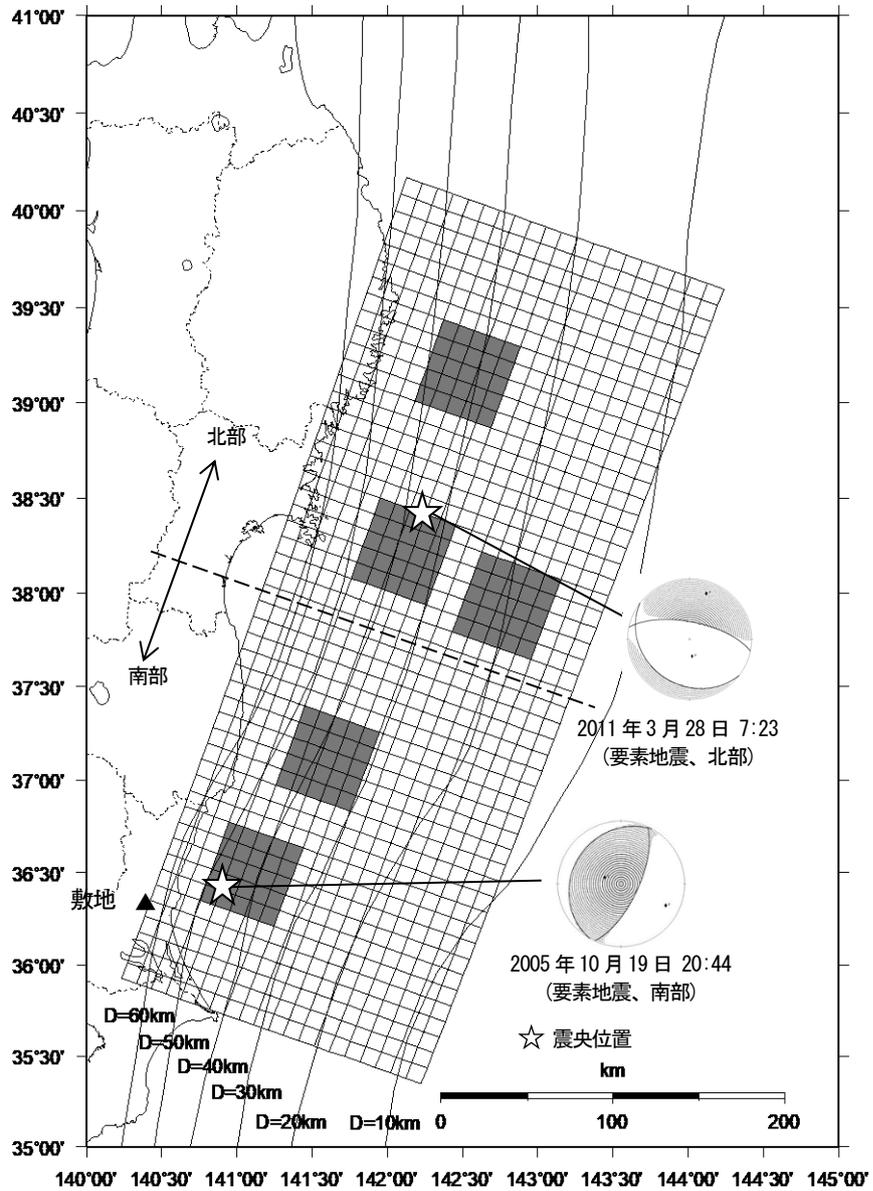
第 5. 6. 18 図(3) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の断層モデル
 (不確かさを考慮したケース:SMGA 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)



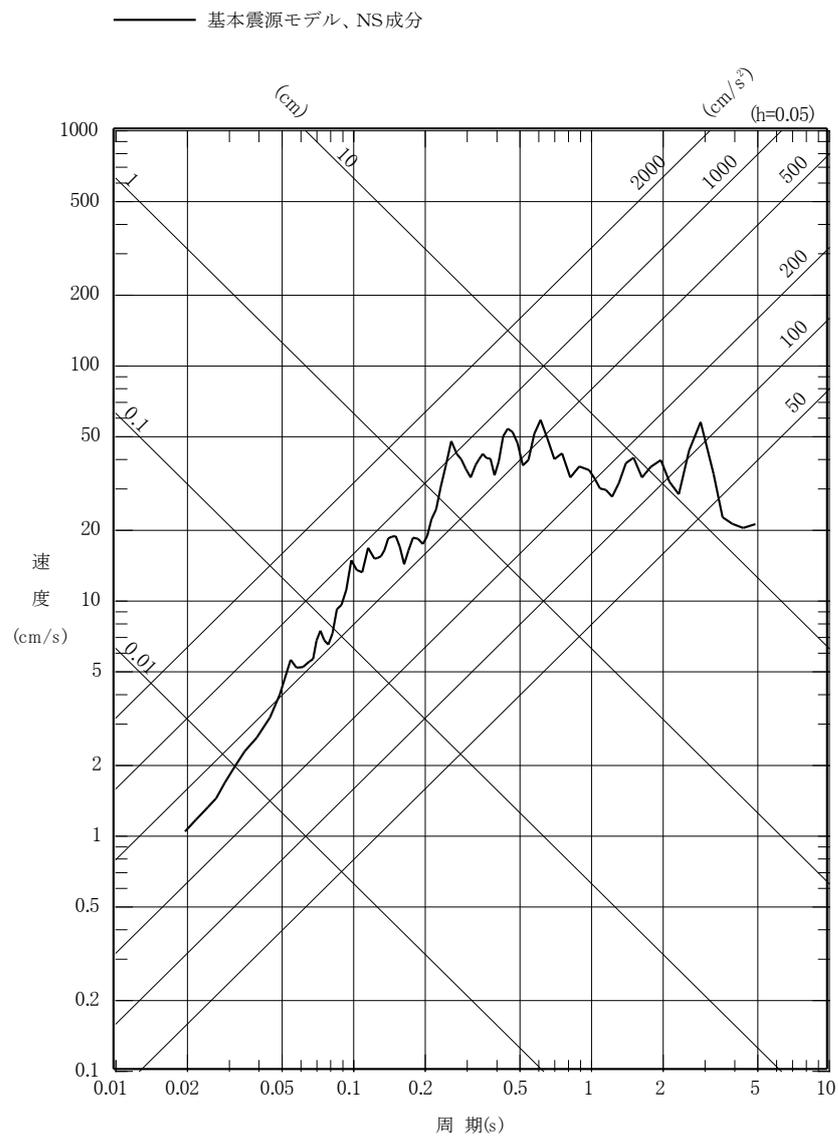
第 5. 6. 19 図(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果と
 2011 年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波の比較
 (水平成分)



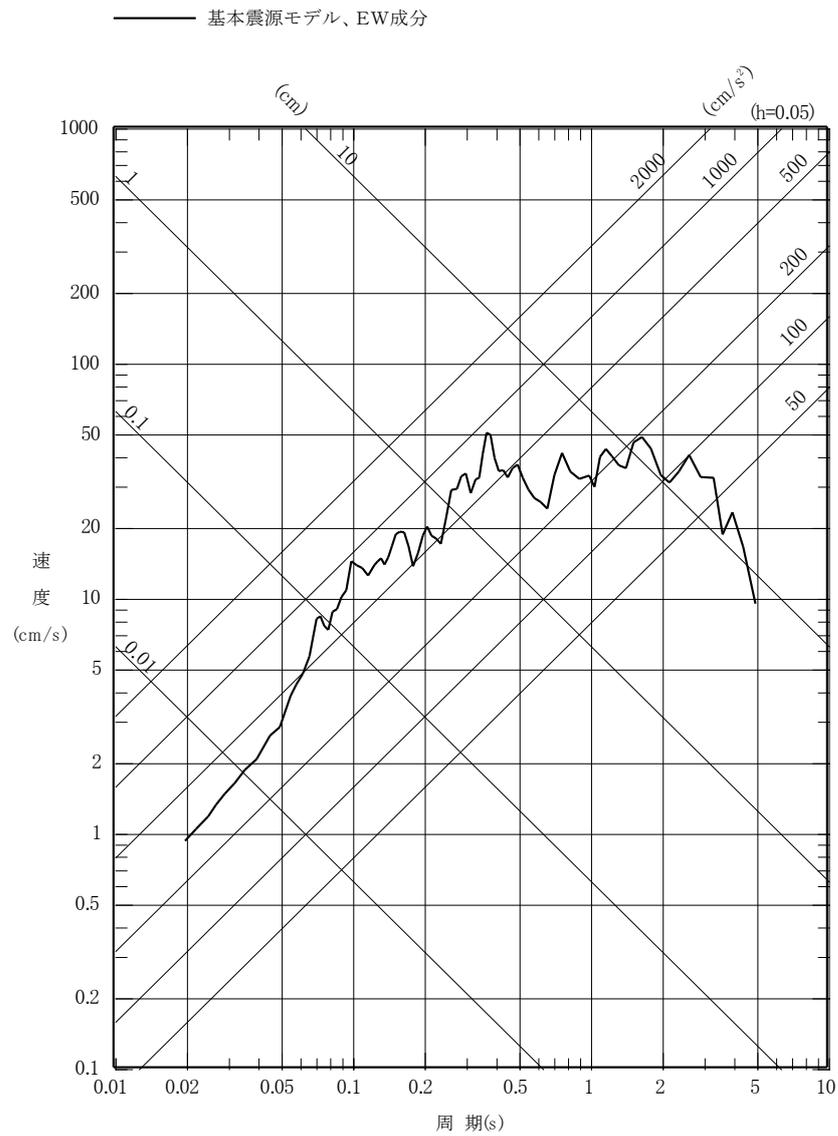
第 5. 6. 19 図(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果と
 2011 年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波の比較
 (鉛直成分)



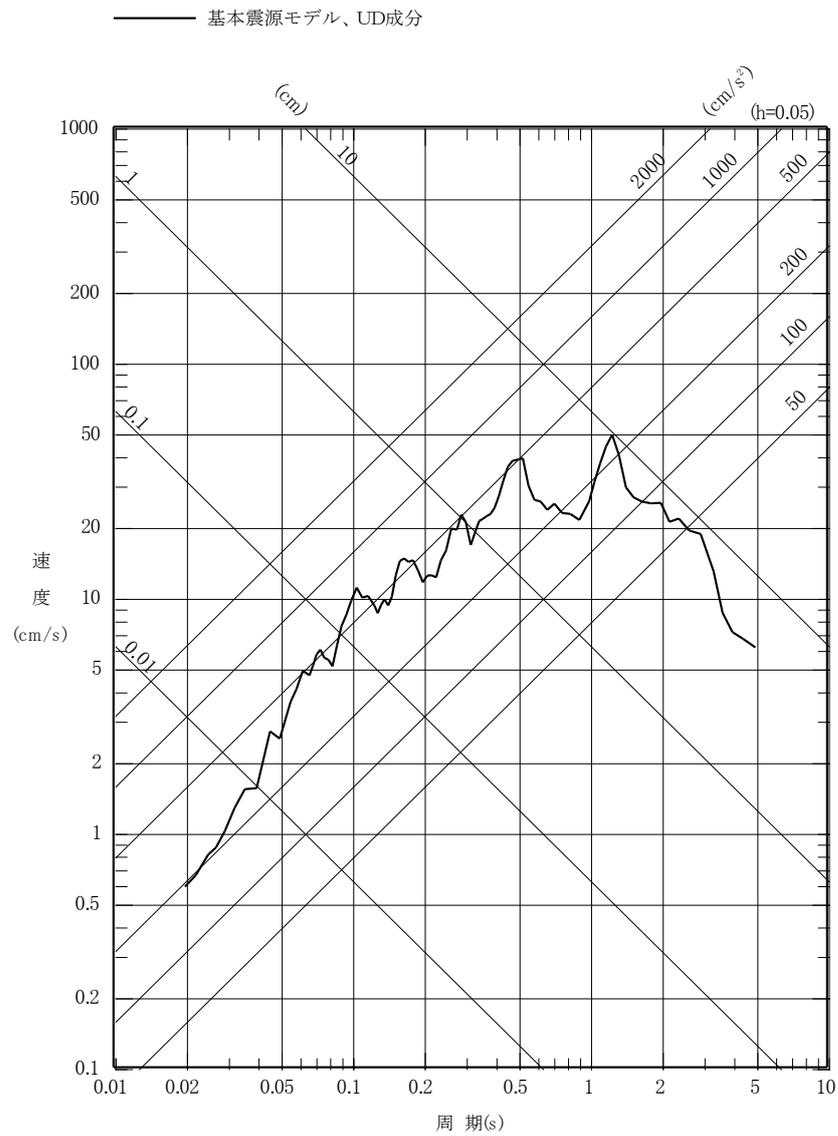
第 5. 6. 20 図 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
地震動評価に用いる要素地震の震央位置



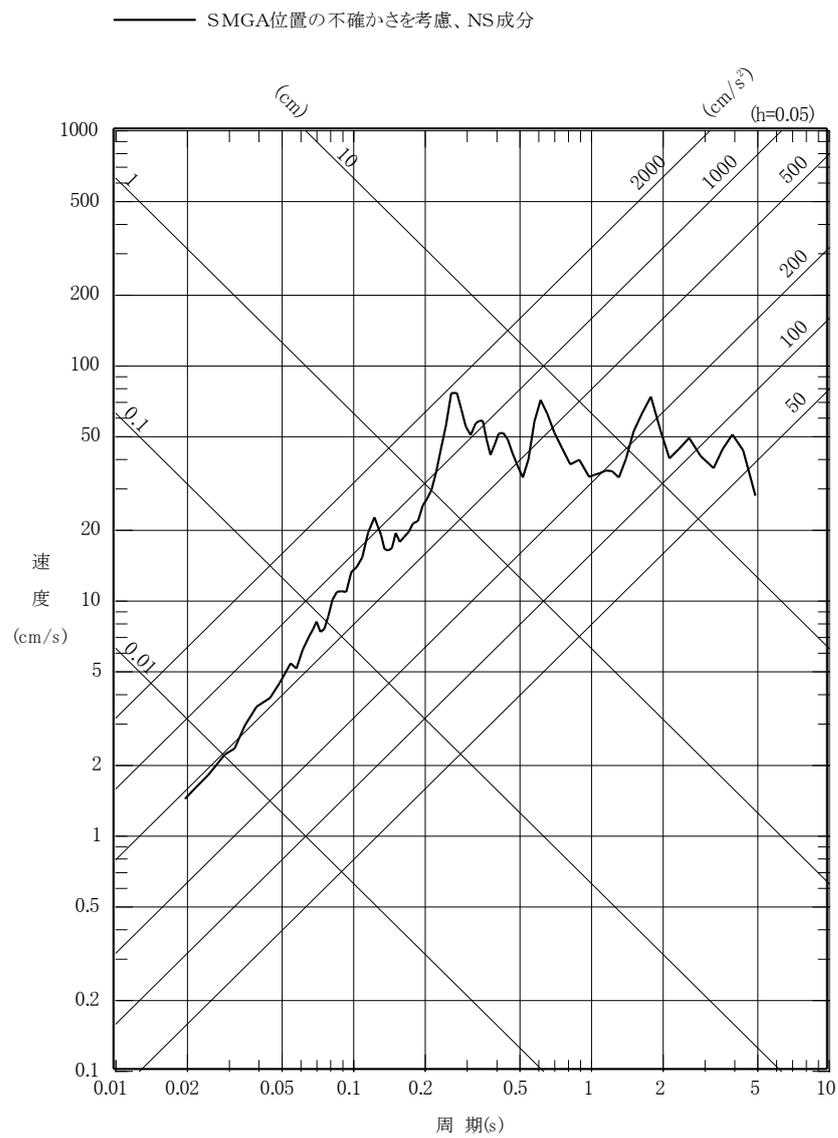
第 5. 6. 21 図(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(基本震源モデル、NS 成分)



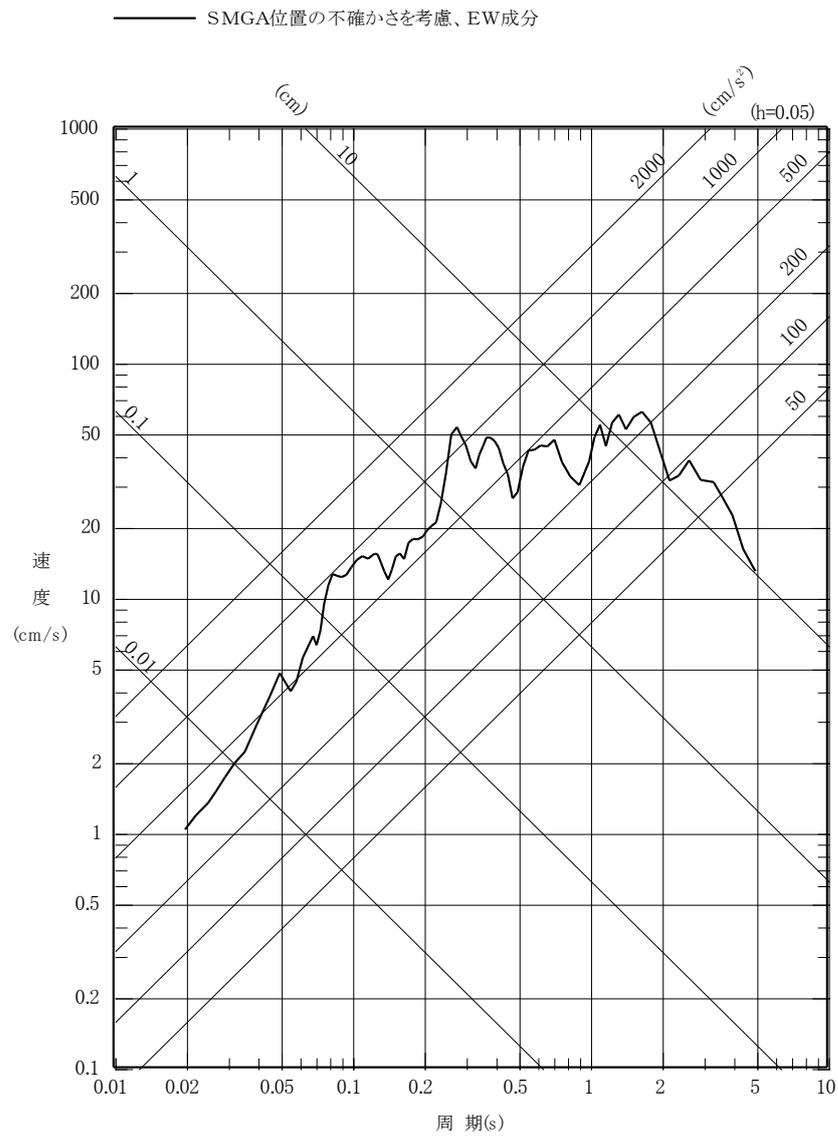
第 5. 6. 21 図(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(基本震源モデル、EW 成分)



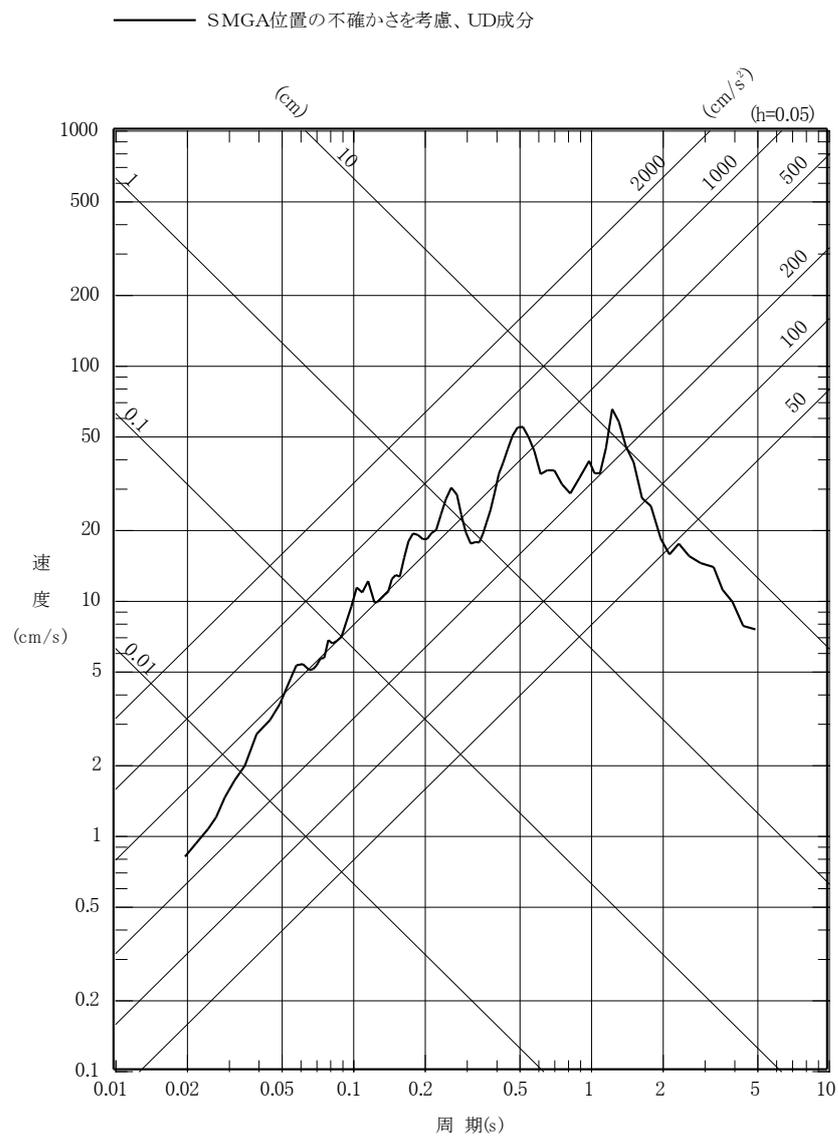
第 5. 6. 21 図(3) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(基本震源モデル、UD 成分)



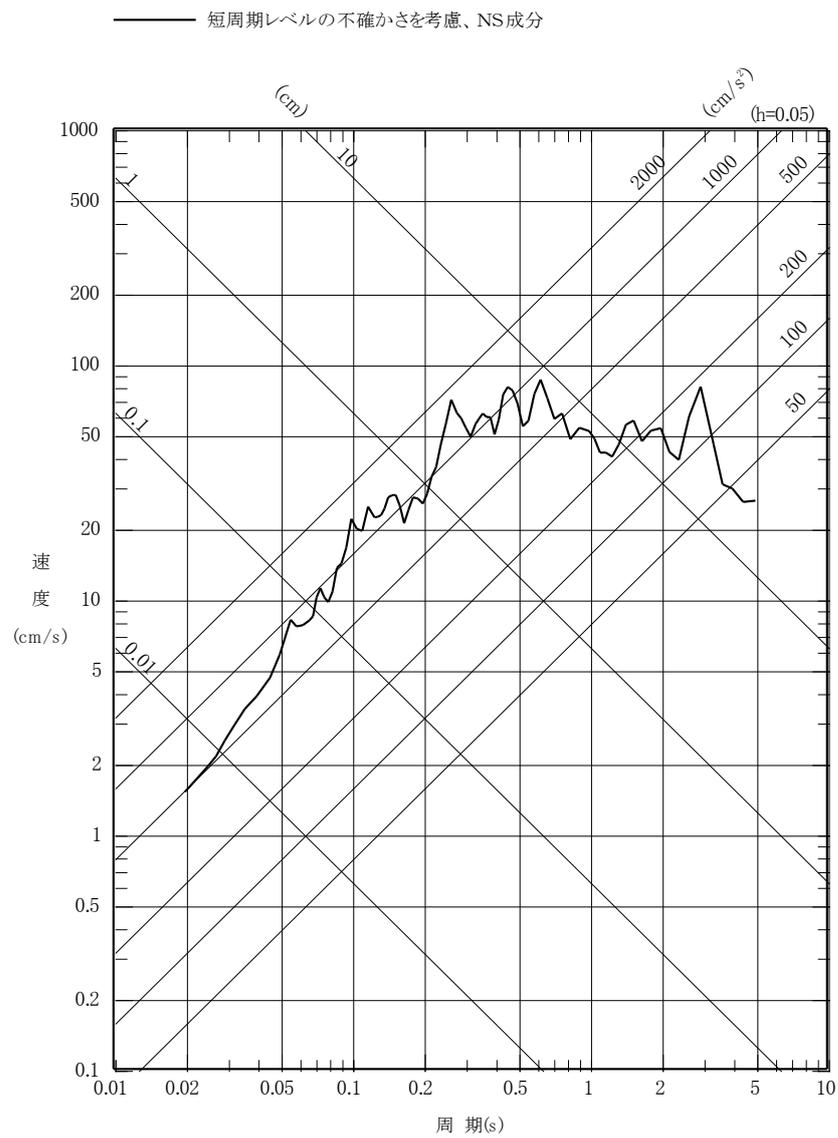
第 5. 6. 21 図(4) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置、NS 成分)



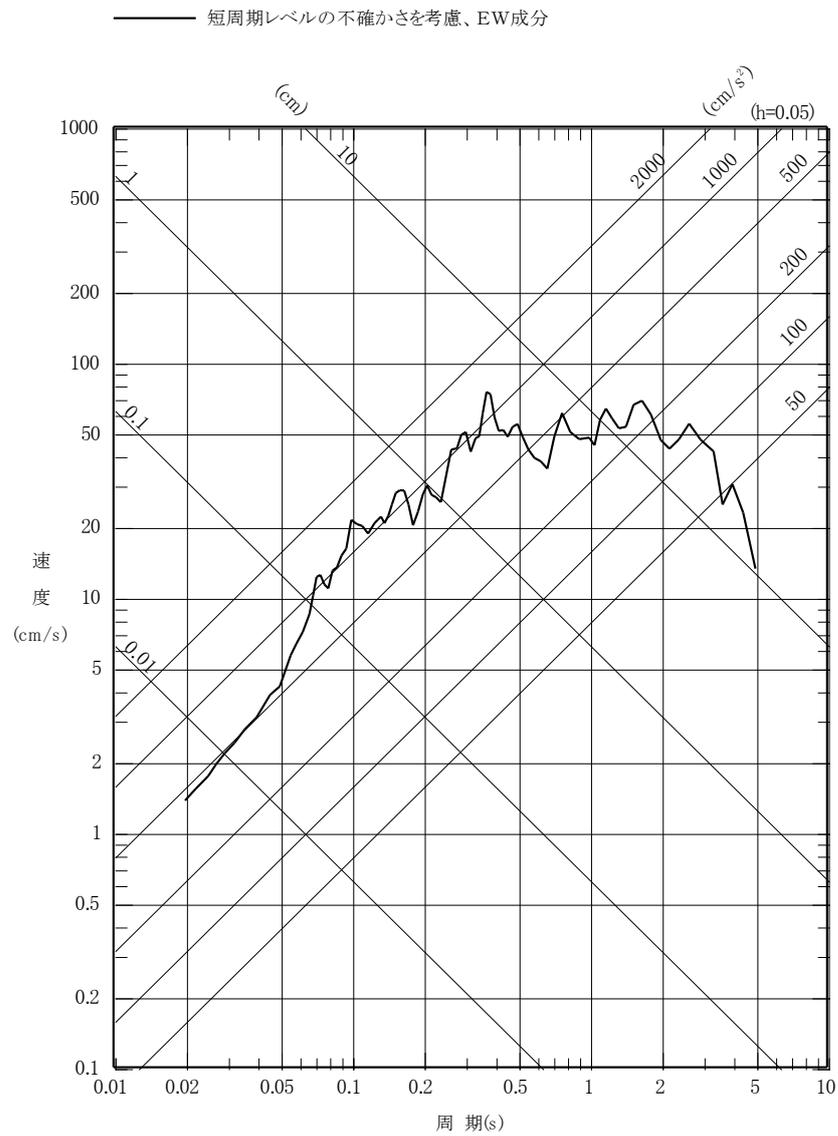
第 5. 6. 21 図(5) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置、EW 成分)



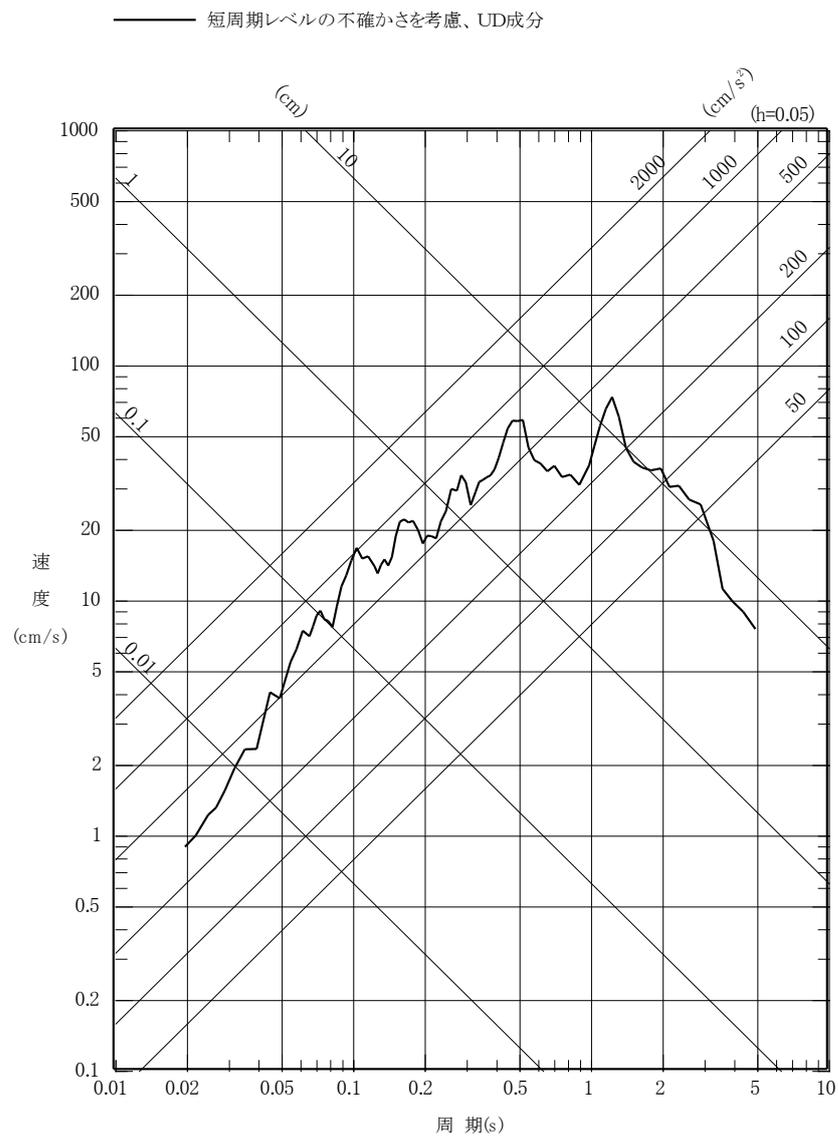
第 5. 6. 21 図(6) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置、UD 成分)



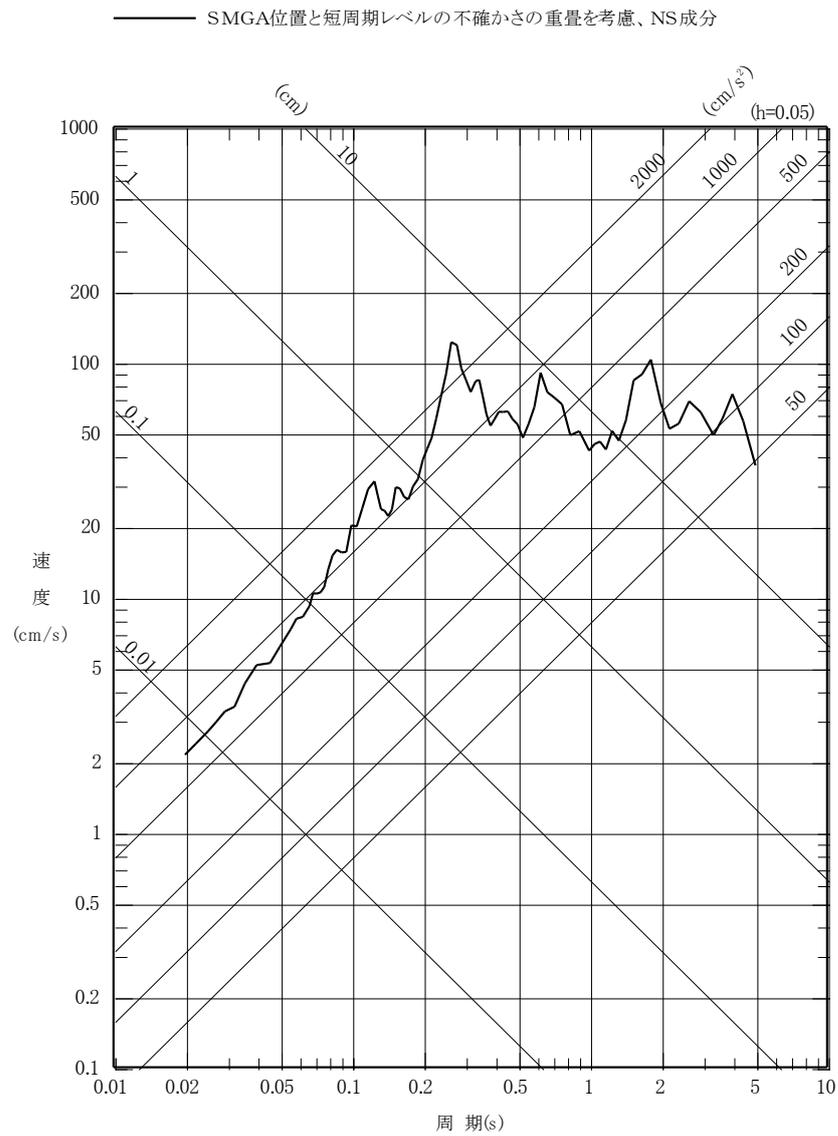
第 5. 6. 21 図(7) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:短周期レベル、NS 成分)



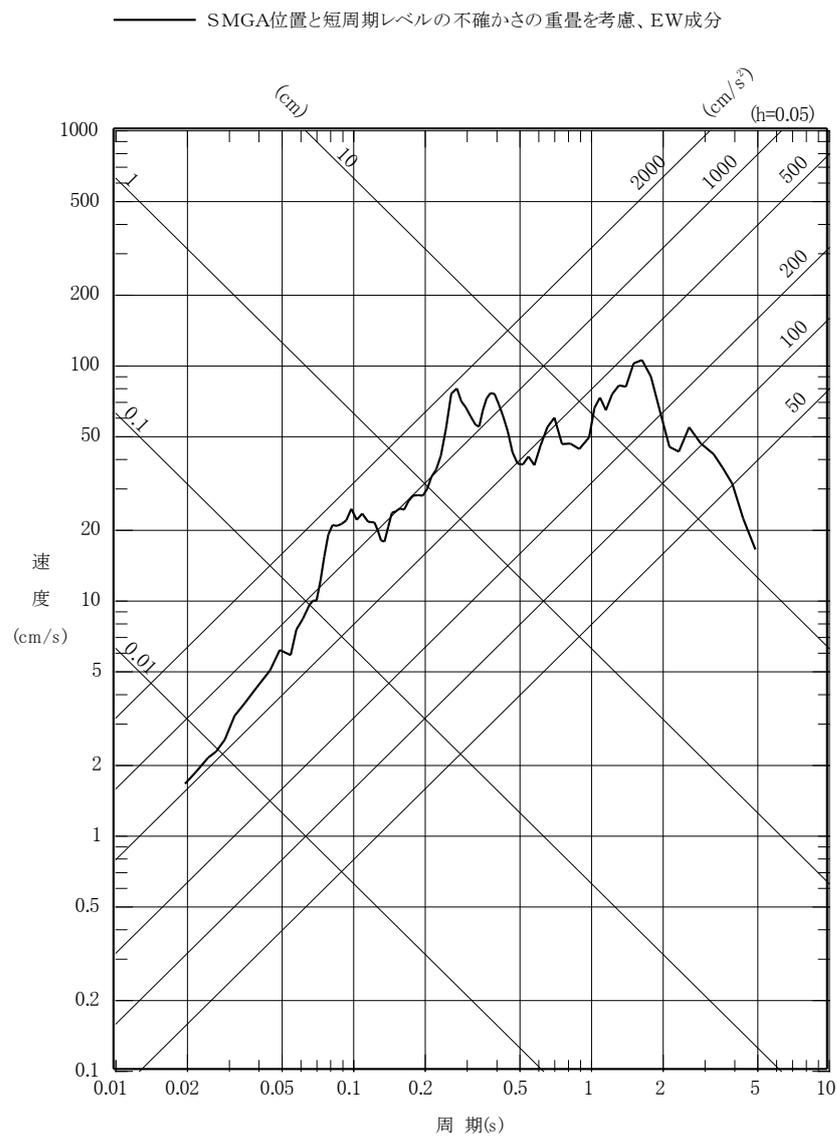
第 5. 6. 21 図(8) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:短周期レベル、EW 成分)



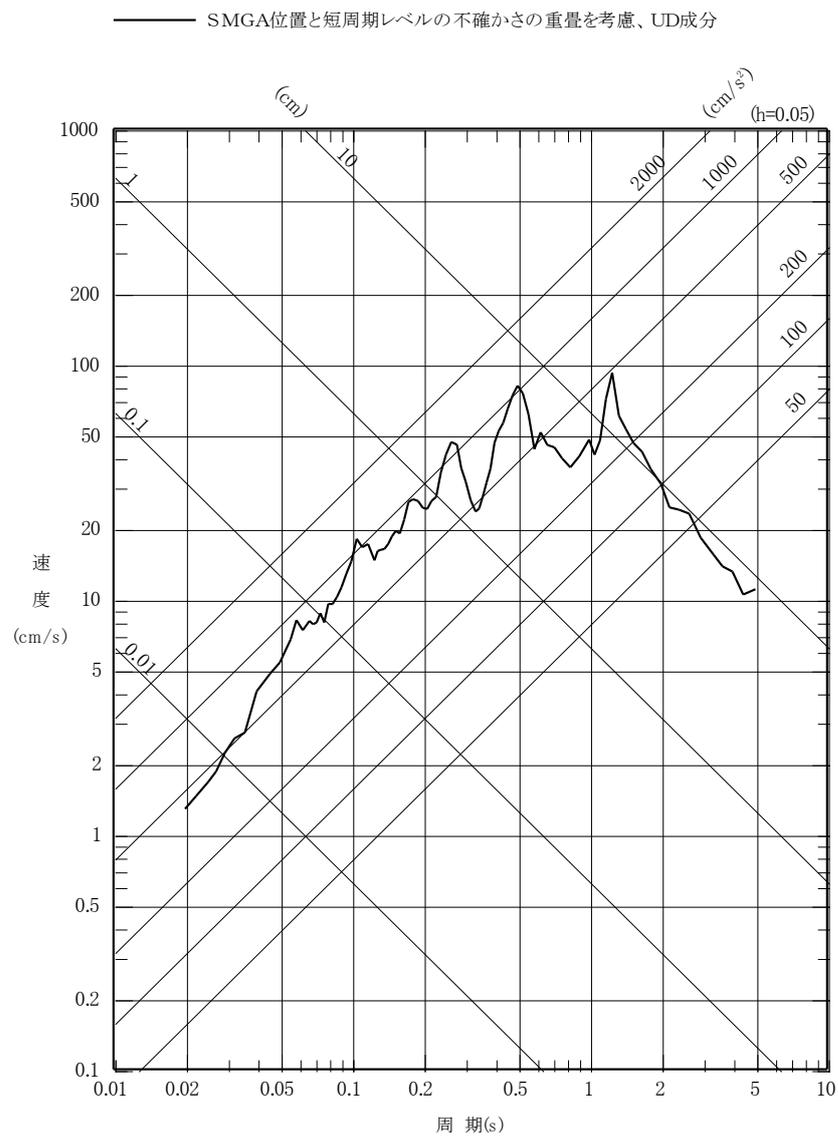
第 5. 6. 21 図(9) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:短周期レベル、UD 成分)



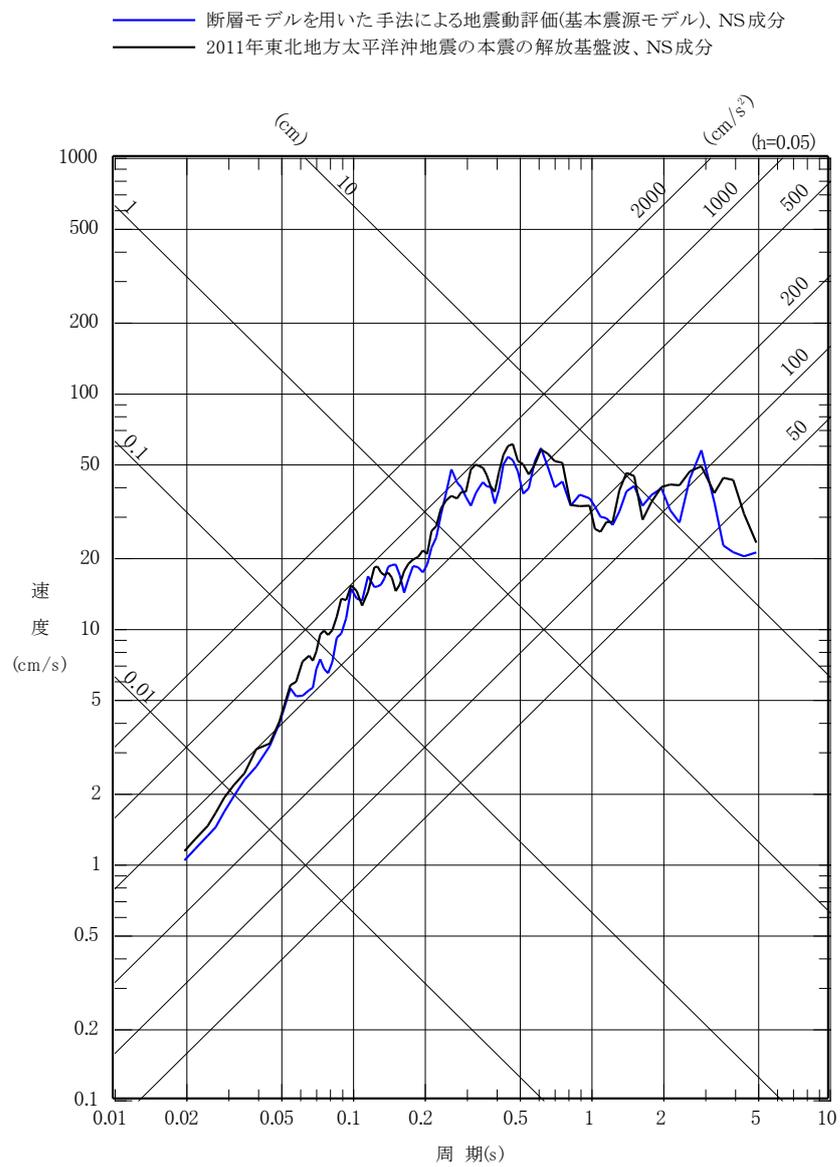
第 5. 6. 21 図(10) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置と短周期レベル
の不確かさの重畳、NS 成分)



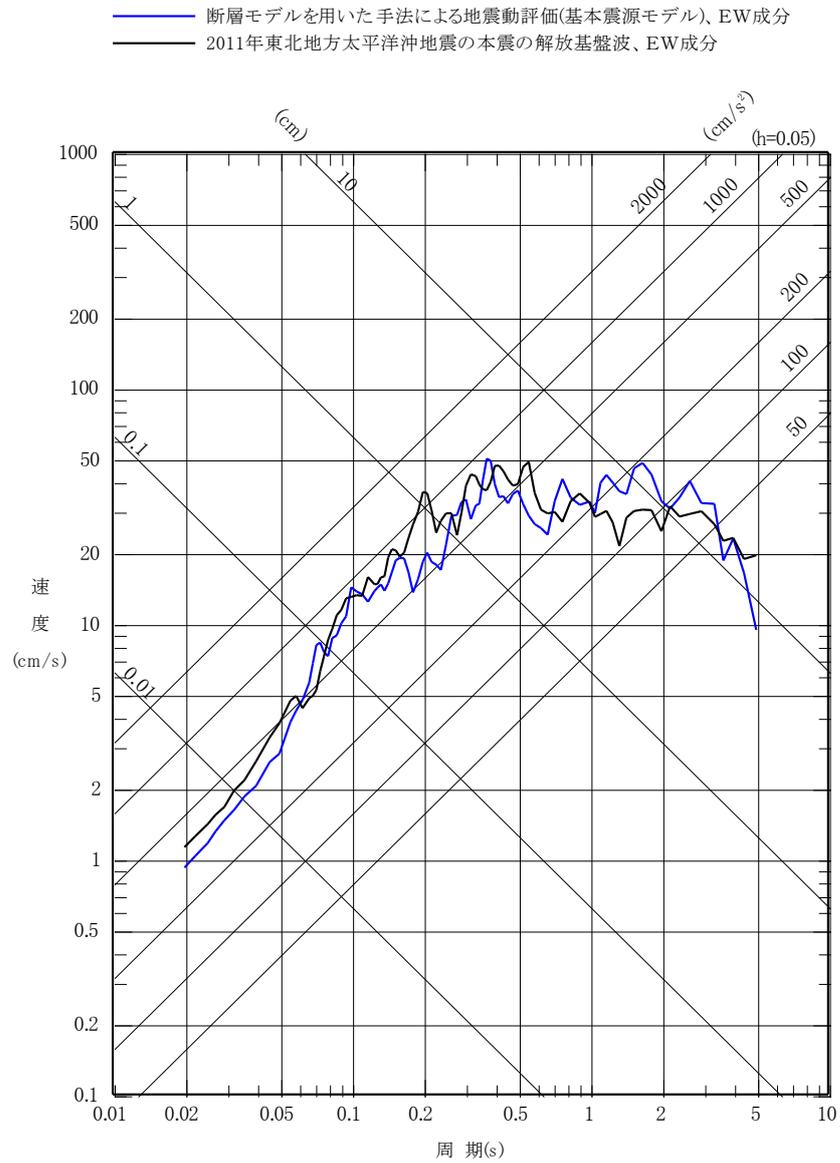
第 5. 6. 21 図(11) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置と短周期レベル
の不確かさの重畳、EW 成分)



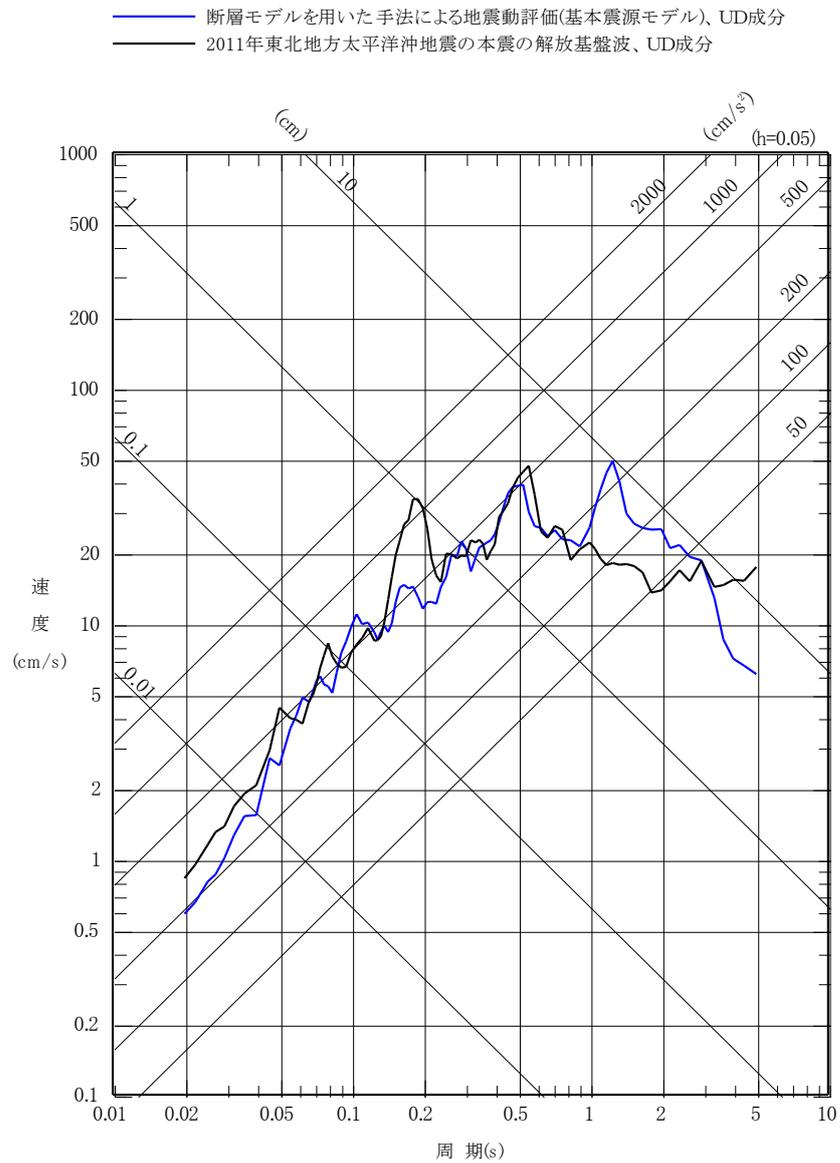
第 5. 6. 21 図(12) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:SMGA 位置と短周期レベル
の不確かさの重畳、UD 成分)



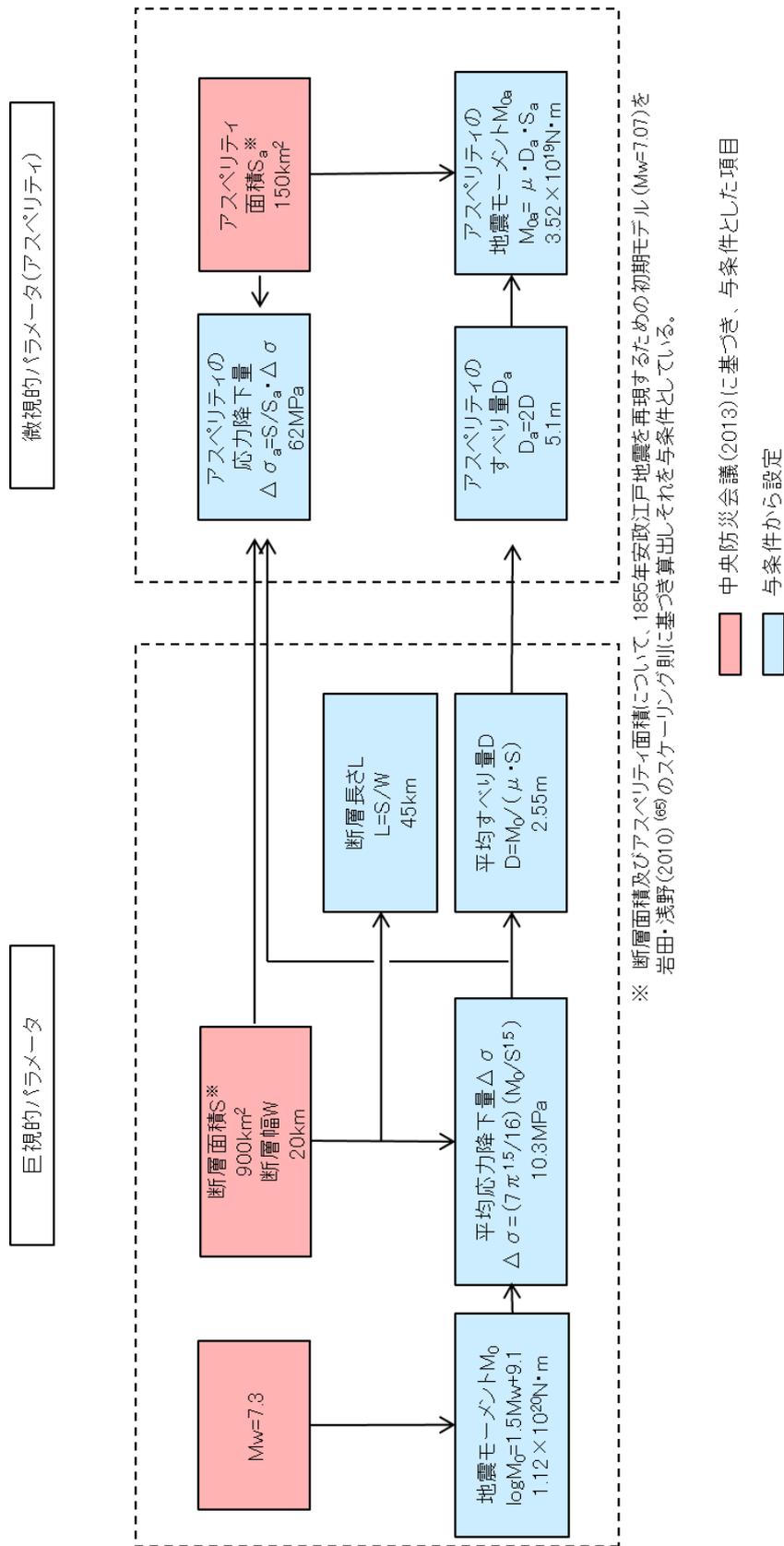
第 5. 6. 22 図(1) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(基本震源モデル)
 と2011 年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波の比較
 (NS 成分)



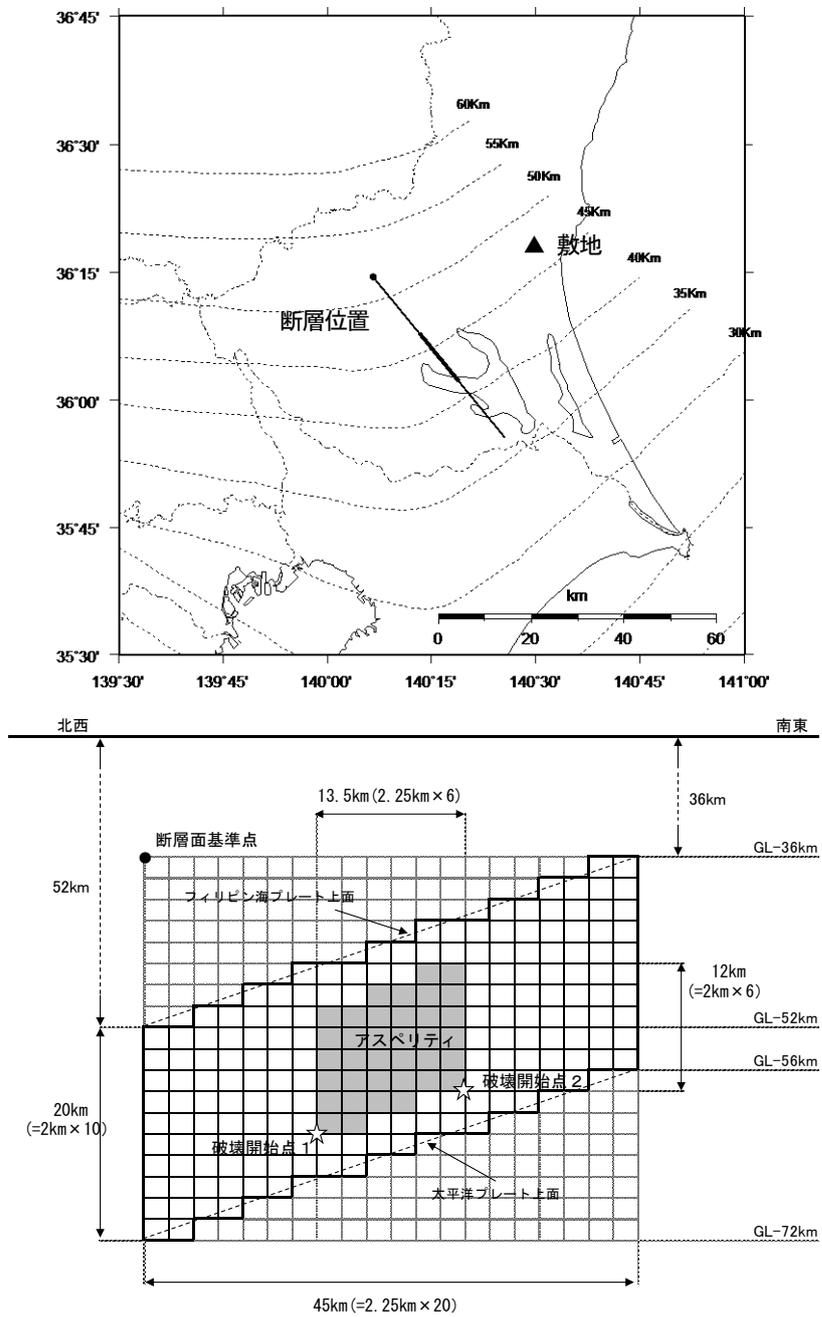
第 5. 6. 22 図(2) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(基本震源モデル)
と 2011 年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波の比較
(EW 成分)



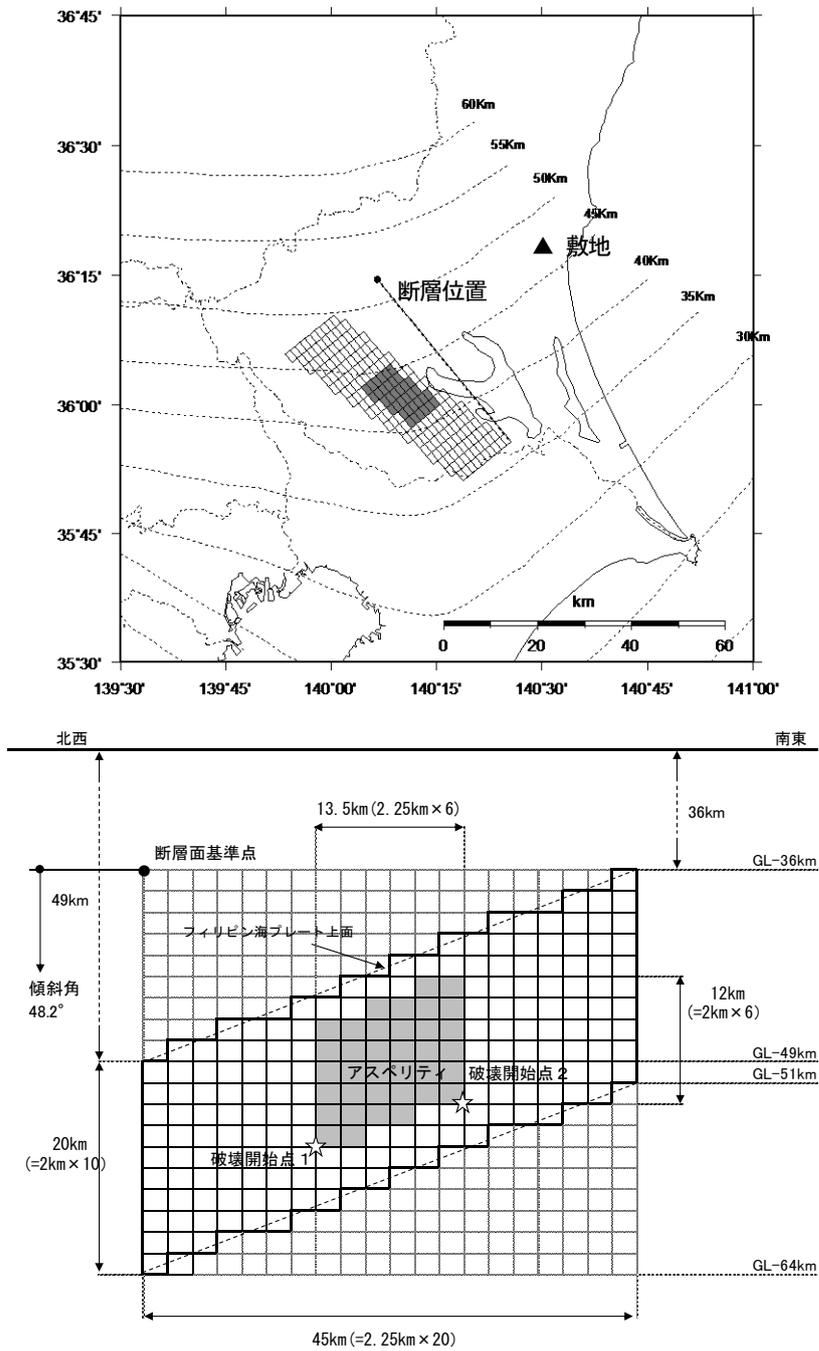
第 5. 6. 22 図(3) 2011 年東北地方太平洋沖型地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(基本震源モデル)
と2011年東北地方太平洋沖地震の本震の解放基盤波の比較
(UD成分)



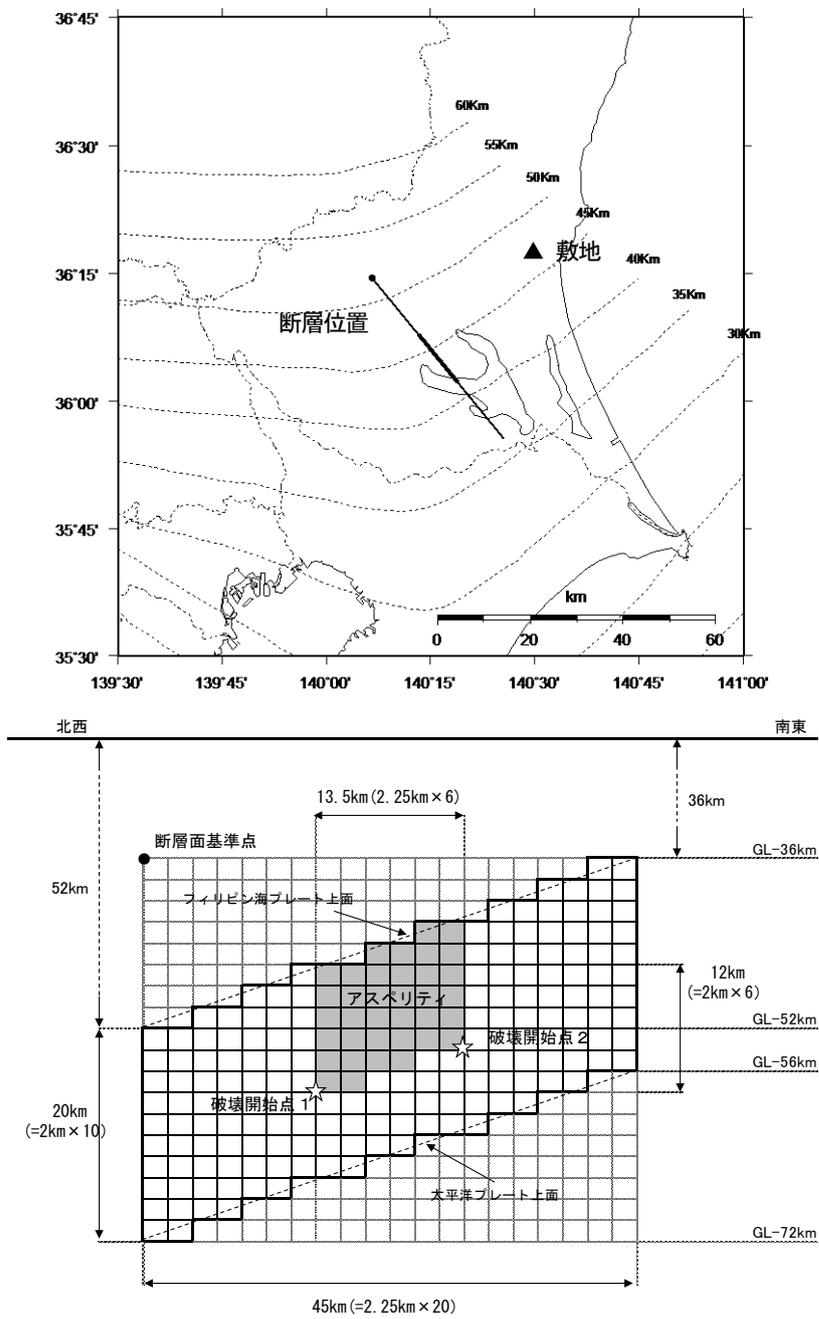
第5.6.23 図 断層パラメータの設定フロー
(茨城県南部の地震、基本震源モデル)



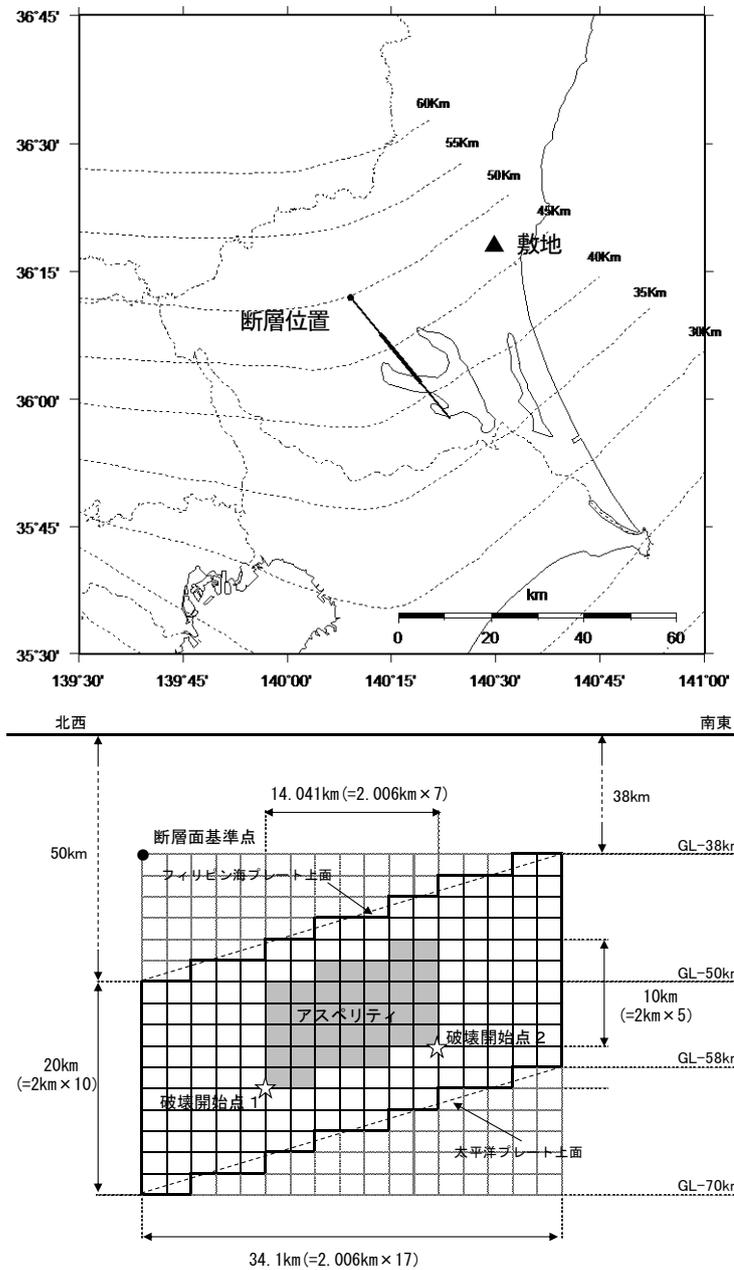
第 5. 6. 24 図 茨城県南部の地震の断層モデル
(基本震源モデル)



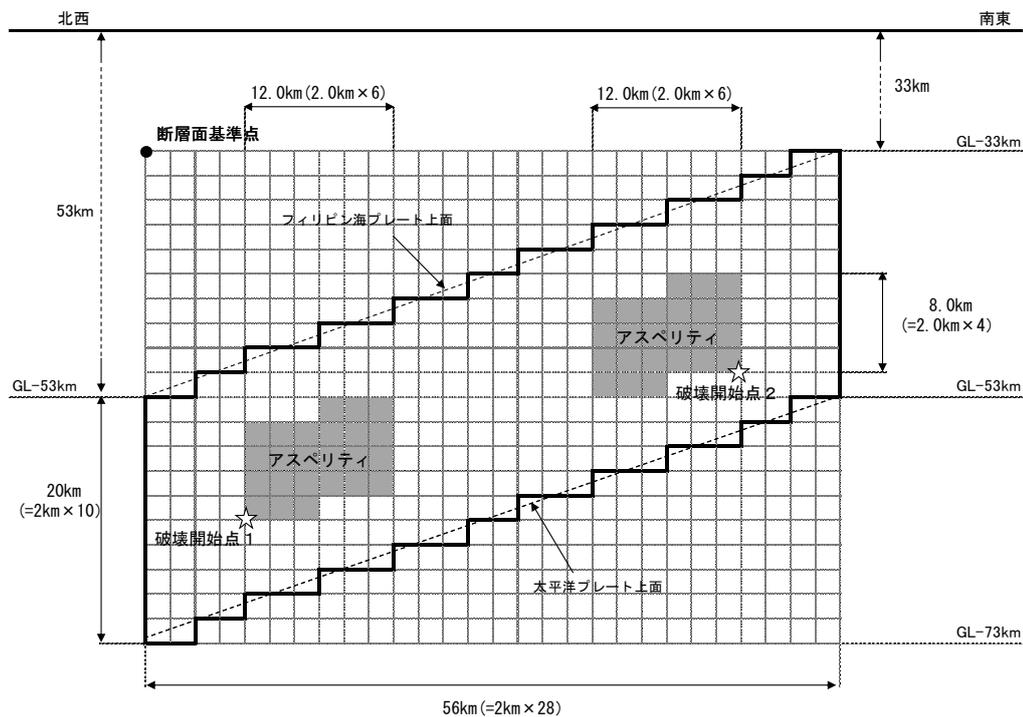
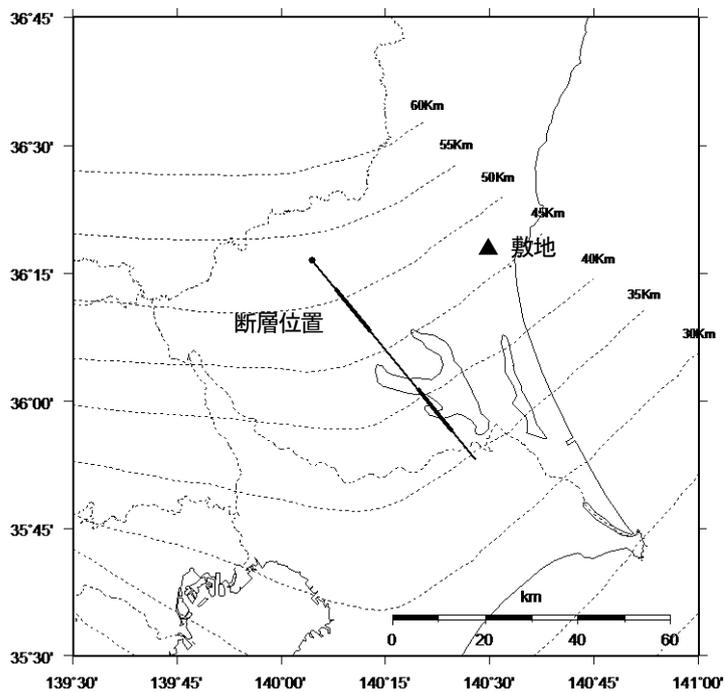
第 5. 6. 25 図(1) 茨城県南部の地震の断層モデル
(不確かさを考慮したケース:断層傾斜角)



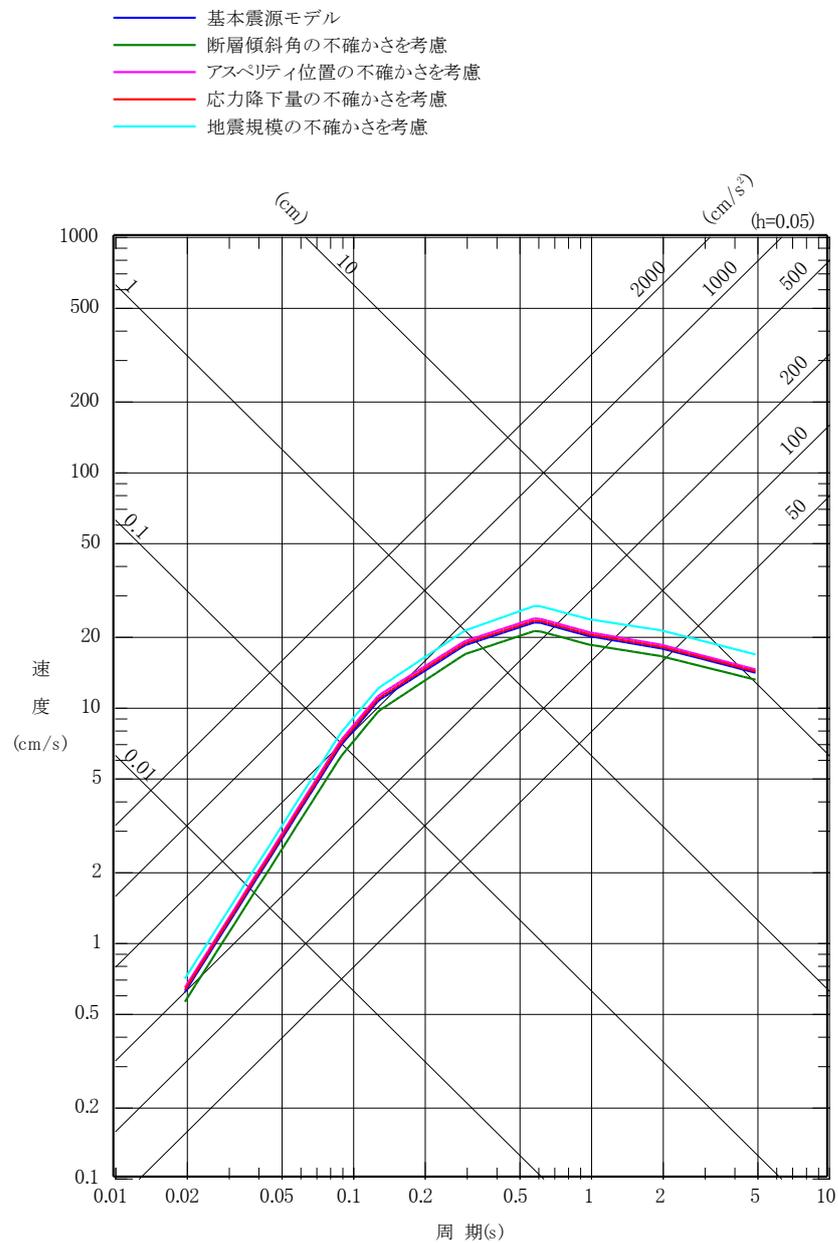
第 5. 6. 25 図(2) 茨城県南部の地震の断層モデル
(不確かさを考慮したケース:アスペリティ位置)



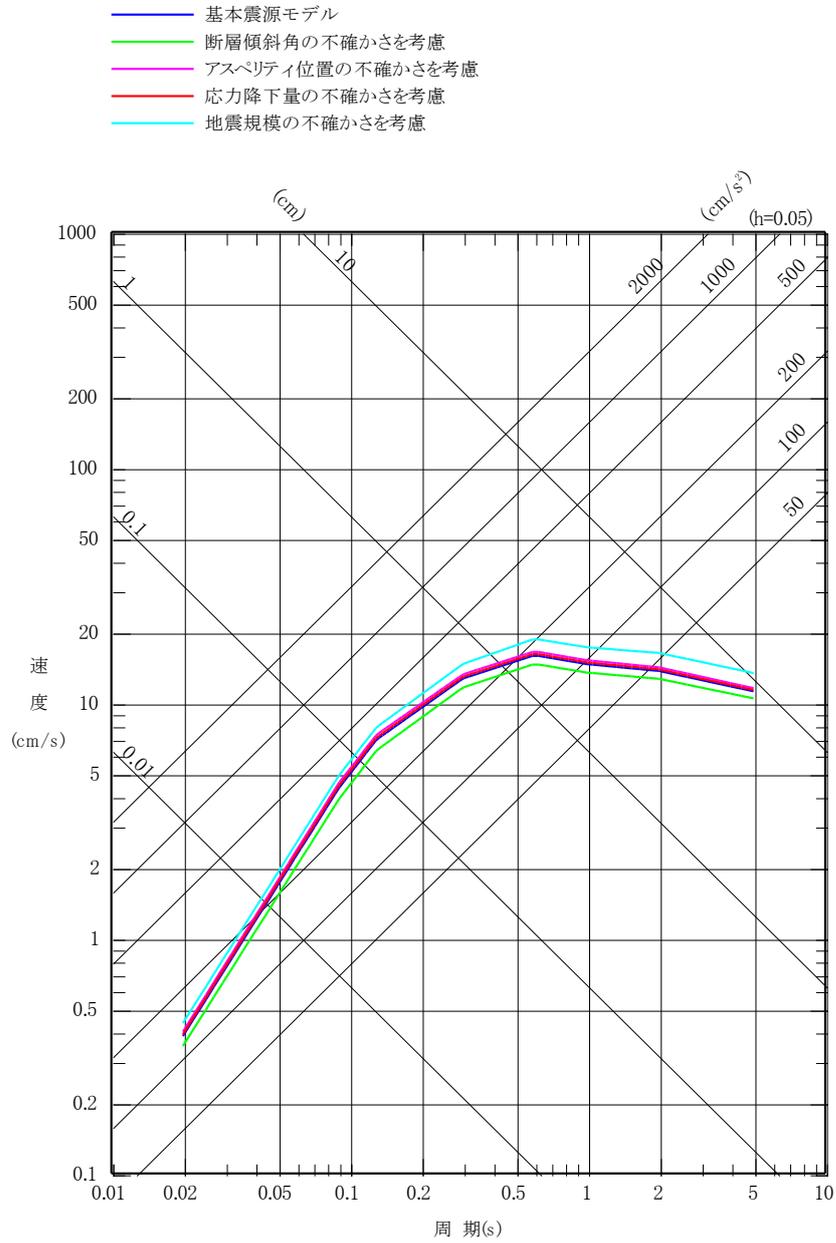
第 5. 6. 25 図(3) 茨城県南部の地震の断層モデル
(不確かさを考慮したケース: 応力降下量)



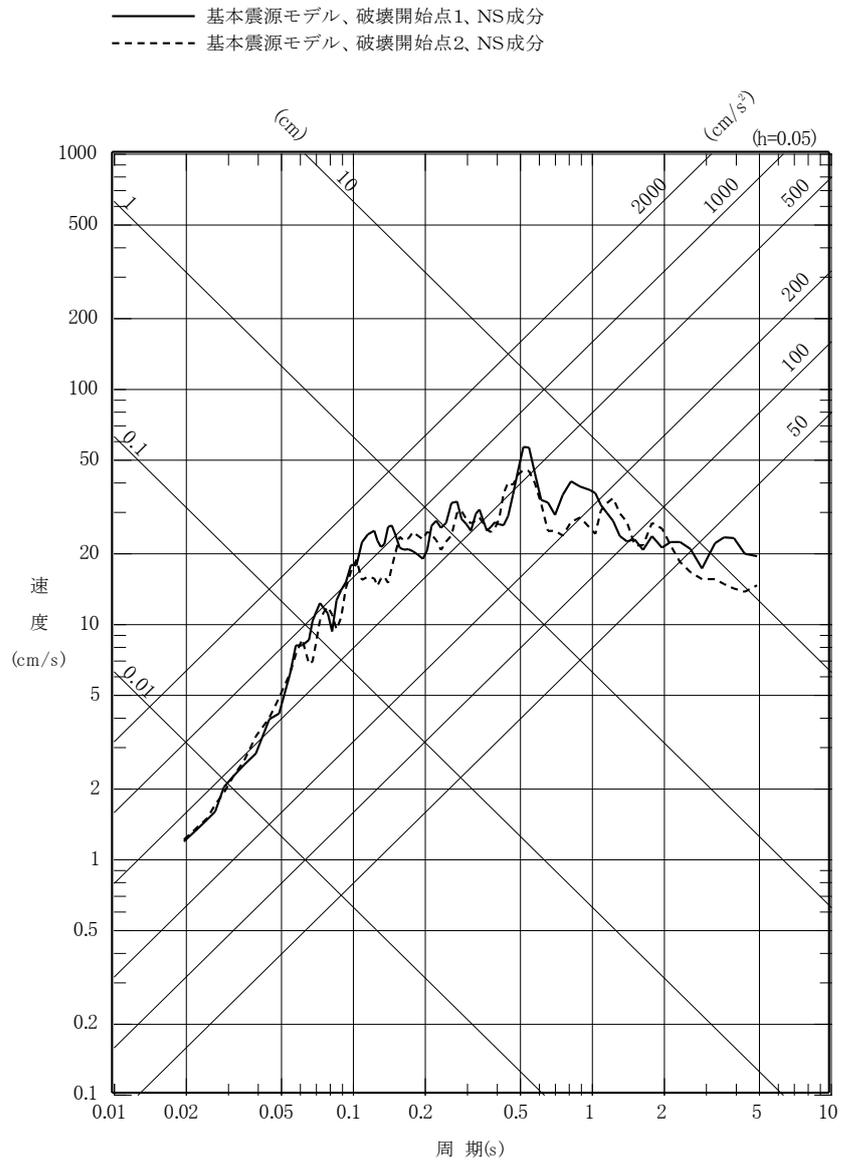
第 5. 6. 25 図(4) 茨城県南部の地震の断層モデル
(不確かさを考慮したケース:地震規模)



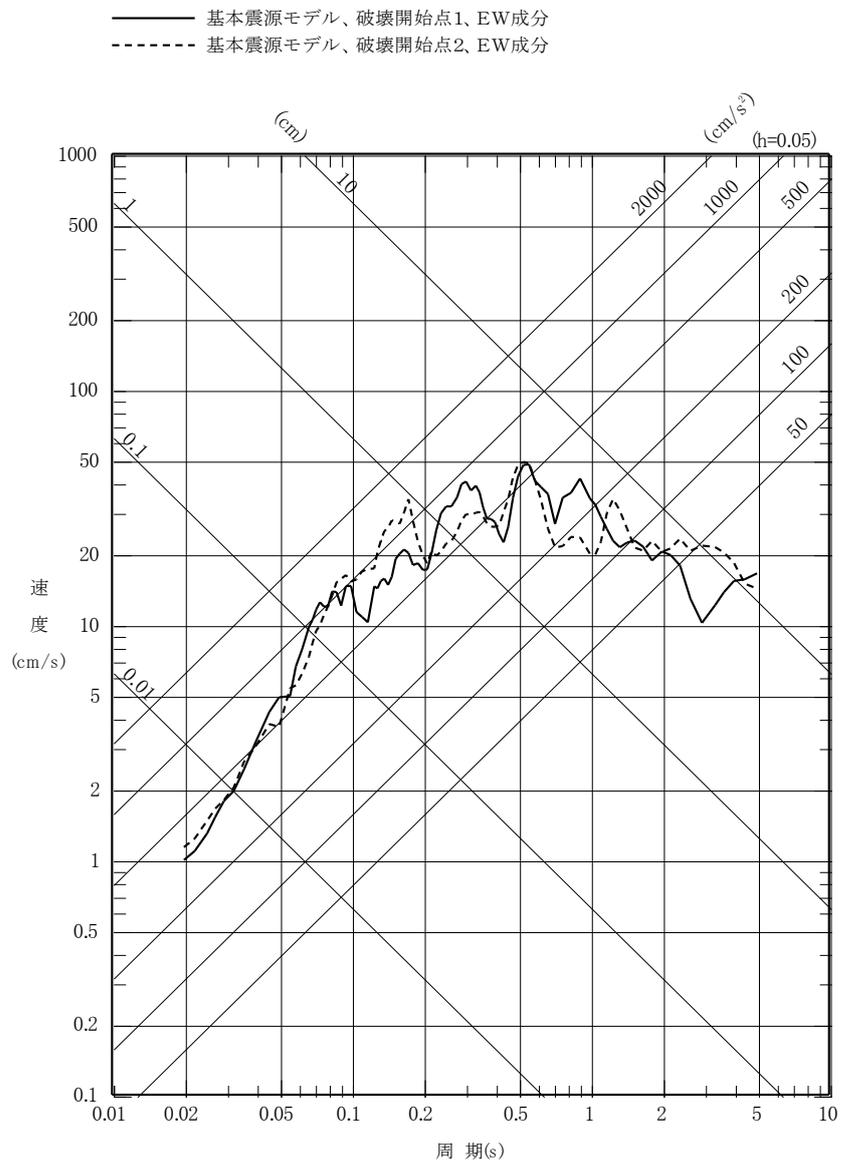
第 5. 6. 26 図(1) 茨城県南部の地震の
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果
 (水平成分)



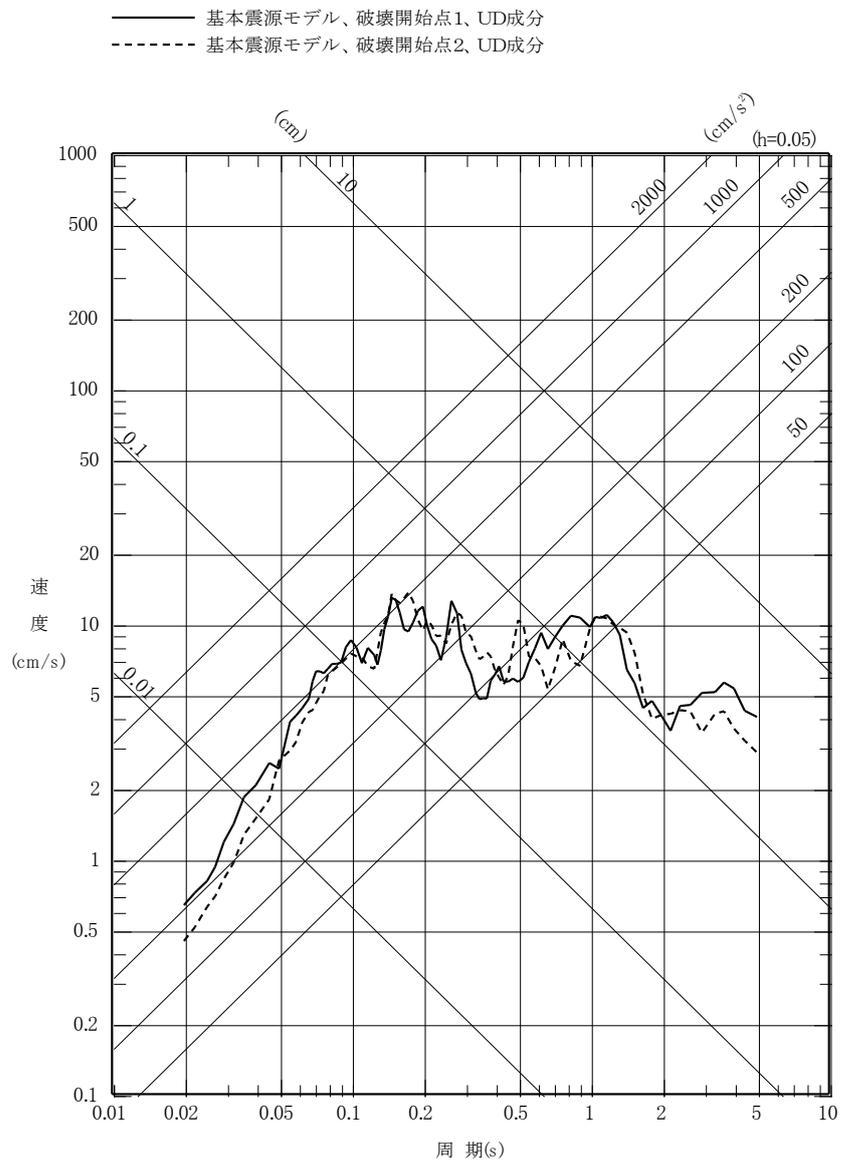
第 5. 6. 26 図(2) 茨城県南部の地震の
 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価結果
 (鉛直成分)



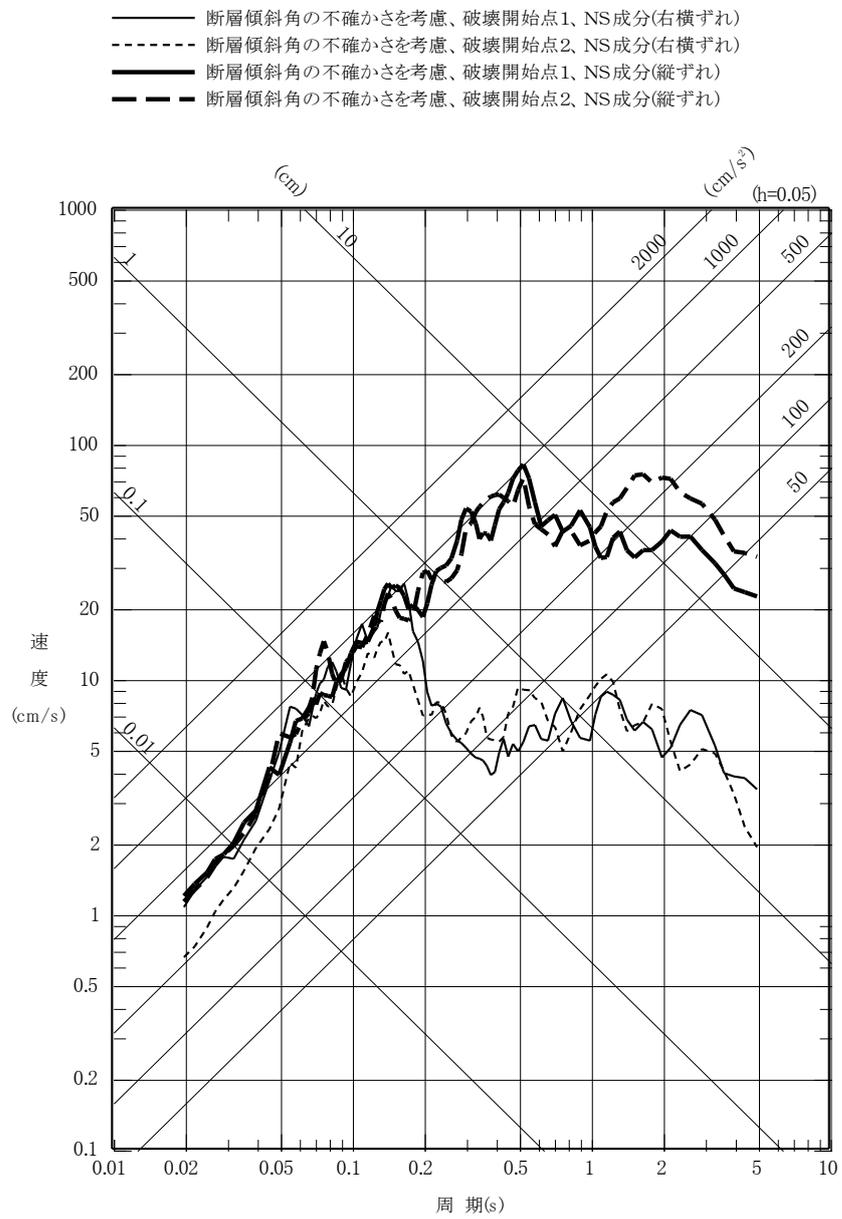
第 5.6.27 図(1) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (基本震源モデル、NS 成分)



第 5.6.27 図(2) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (基本震源モデル、EW 成分)

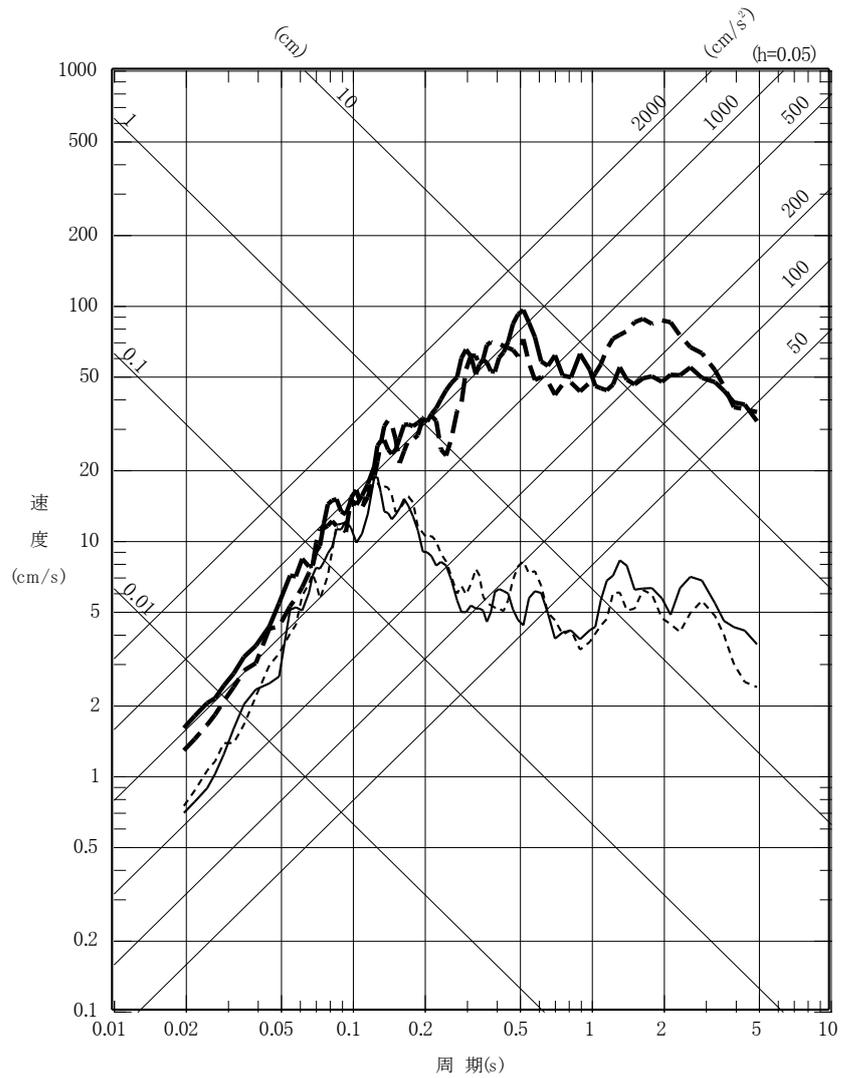


第 5. 6. 27 図(3) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (基本震源モデル、UD成分)

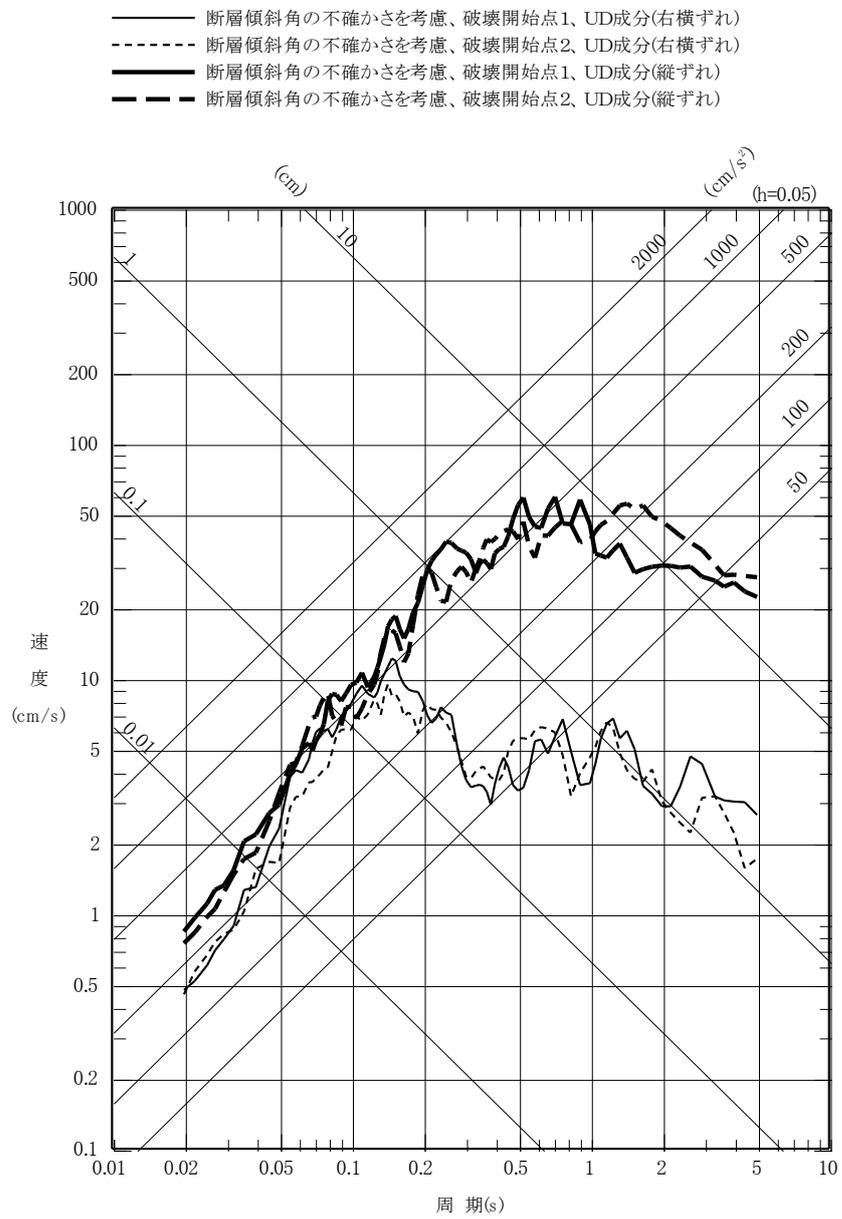


第 5. 6. 27 図(4) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、NS成分)

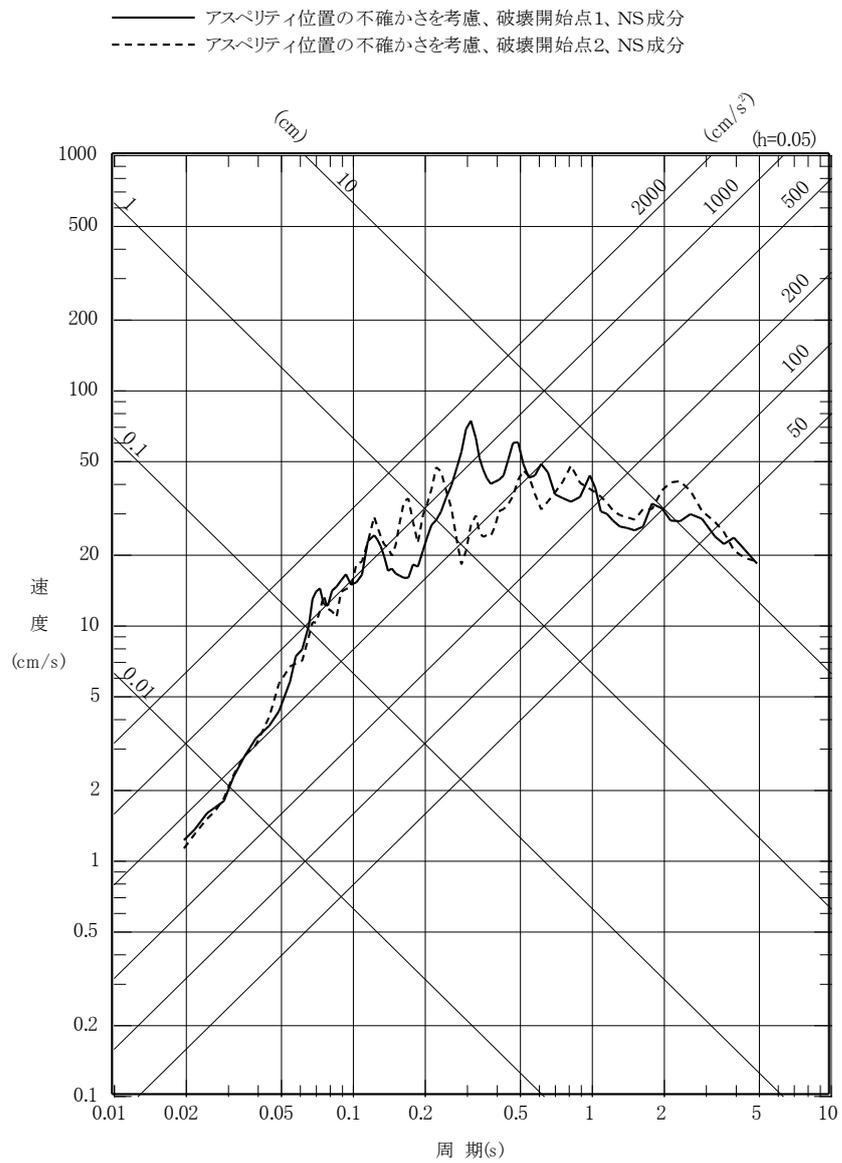
- 断層傾斜角の不確かさを考慮、破壊開始点1、EW成分(右横ずれ)
- - - 断層傾斜角の不確かさを考慮、破壊開始点2、EW成分(右横ずれ)
- 断層傾斜角の不確かさを考慮、破壊開始点1、EW成分(縦ずれ)
- - - 断層傾斜角の不確かさを考慮、破壊開始点2、EW成分(縦ずれ)



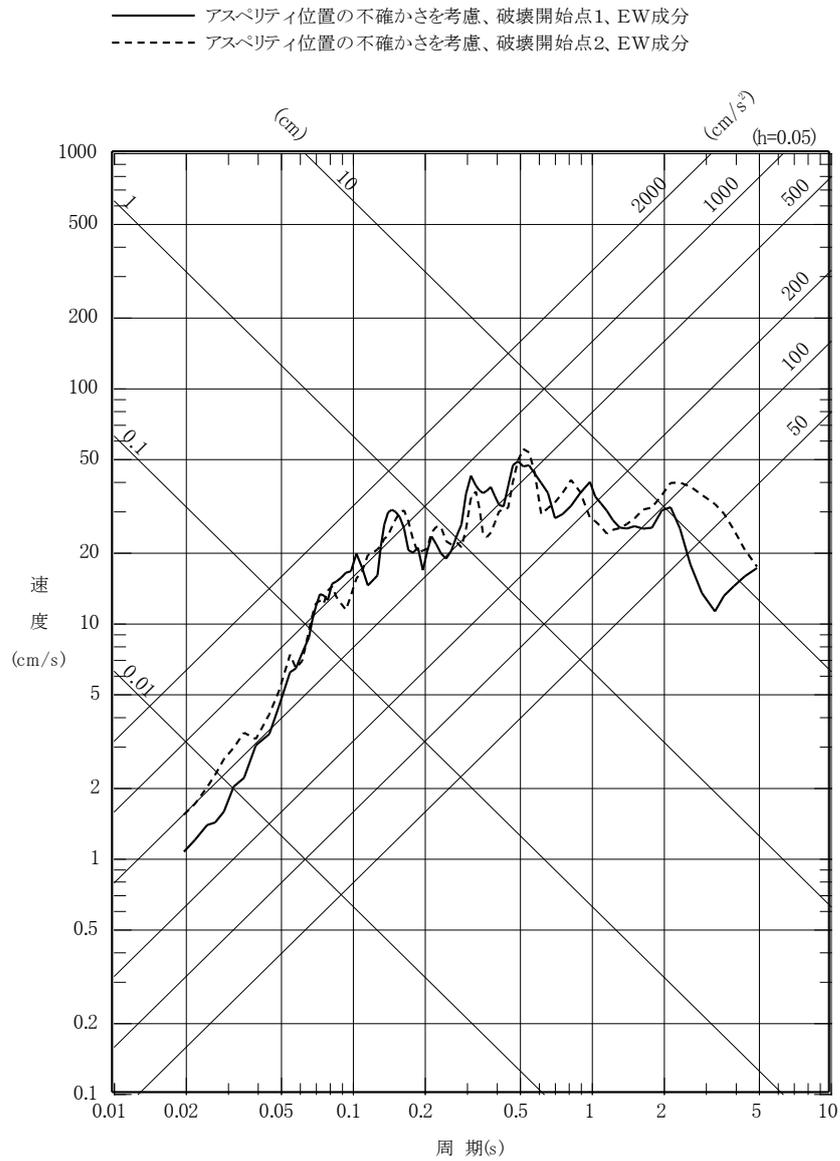
第 5.6.27 図(5) 茨城県南部の地震の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
(不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、EW 成分)



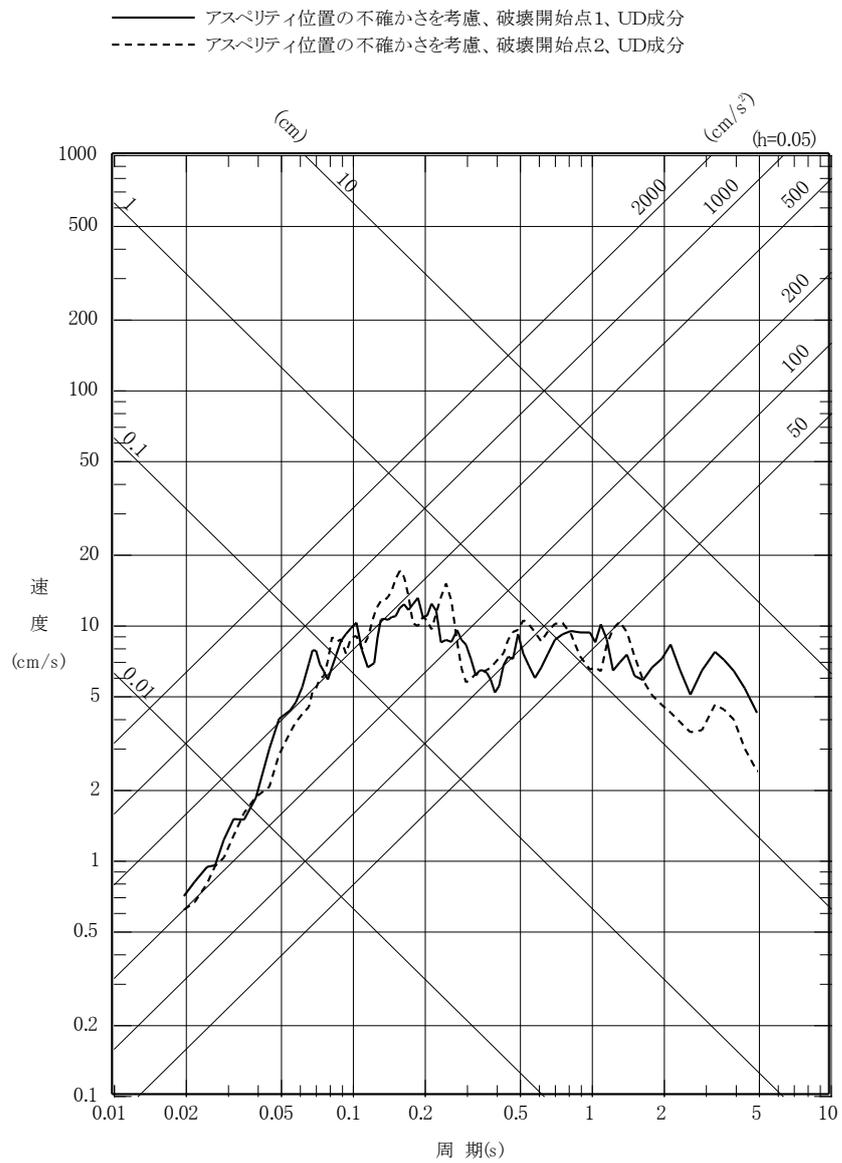
第 5. 6. 27 図(6) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:断層傾斜角、UD成分)



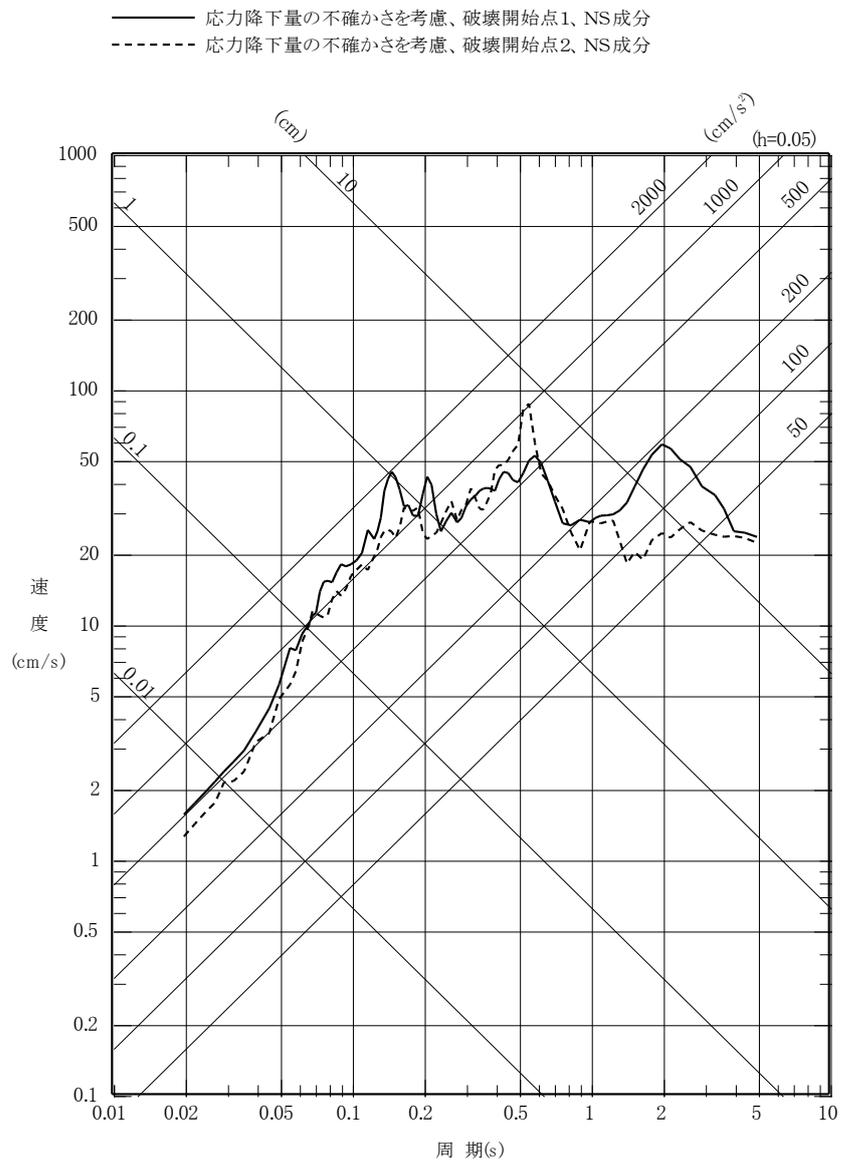
第 5. 6. 27 図(7) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、NS成分)



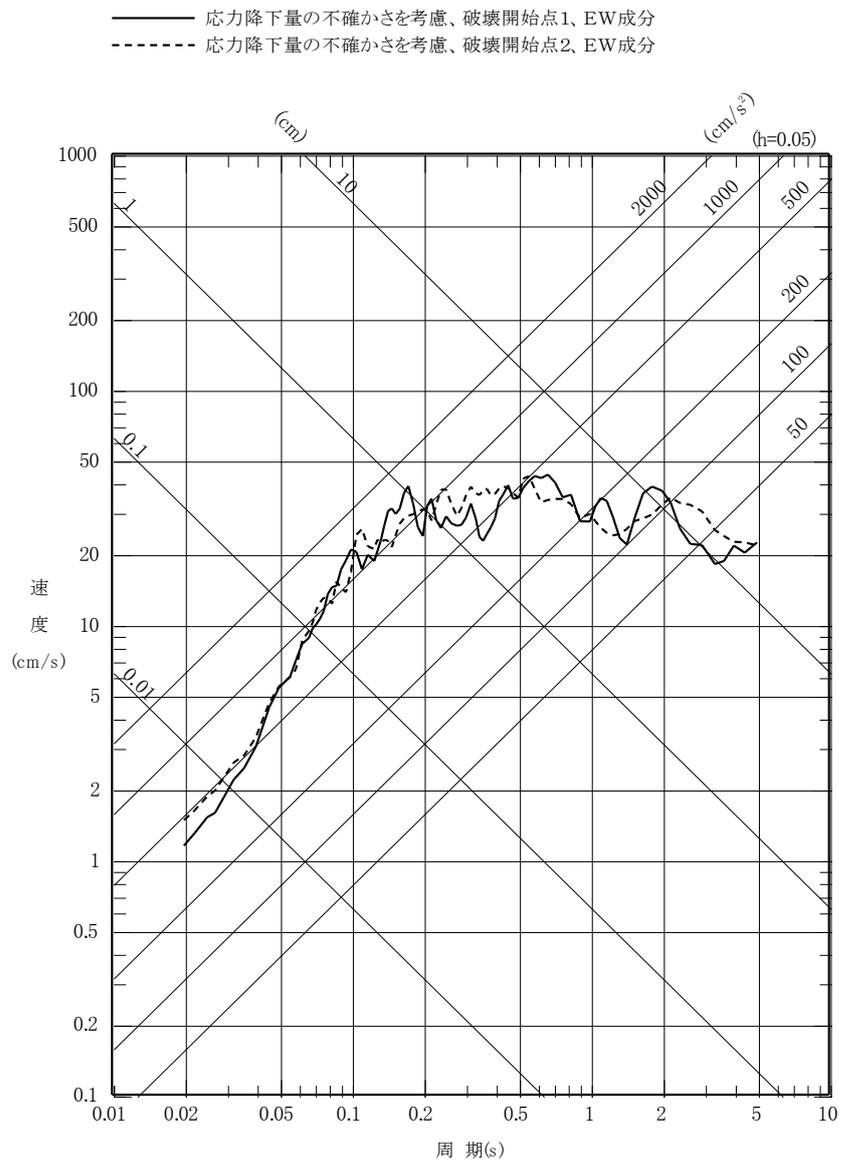
第 5. 6. 27 図(8) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、EW 成分)



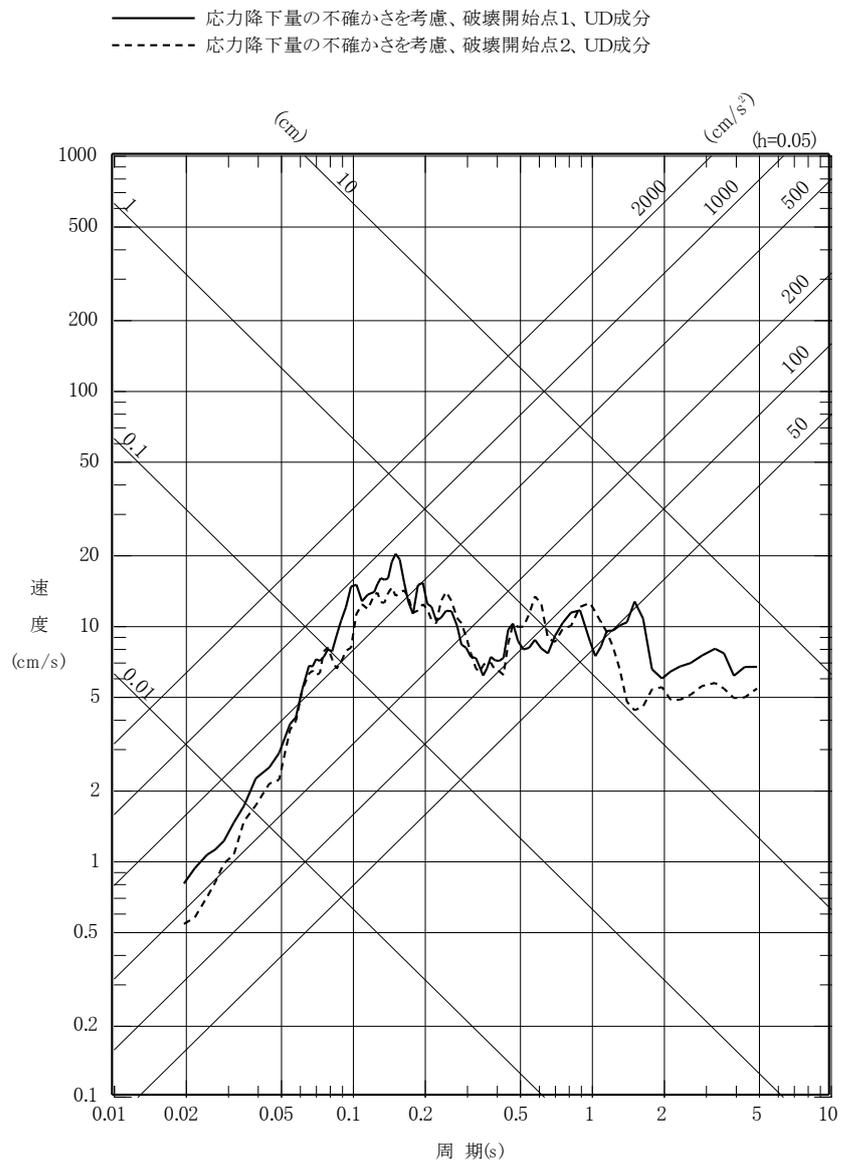
第 5. 6. 27 図(9) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:アスぺリティ位置、UD成分)



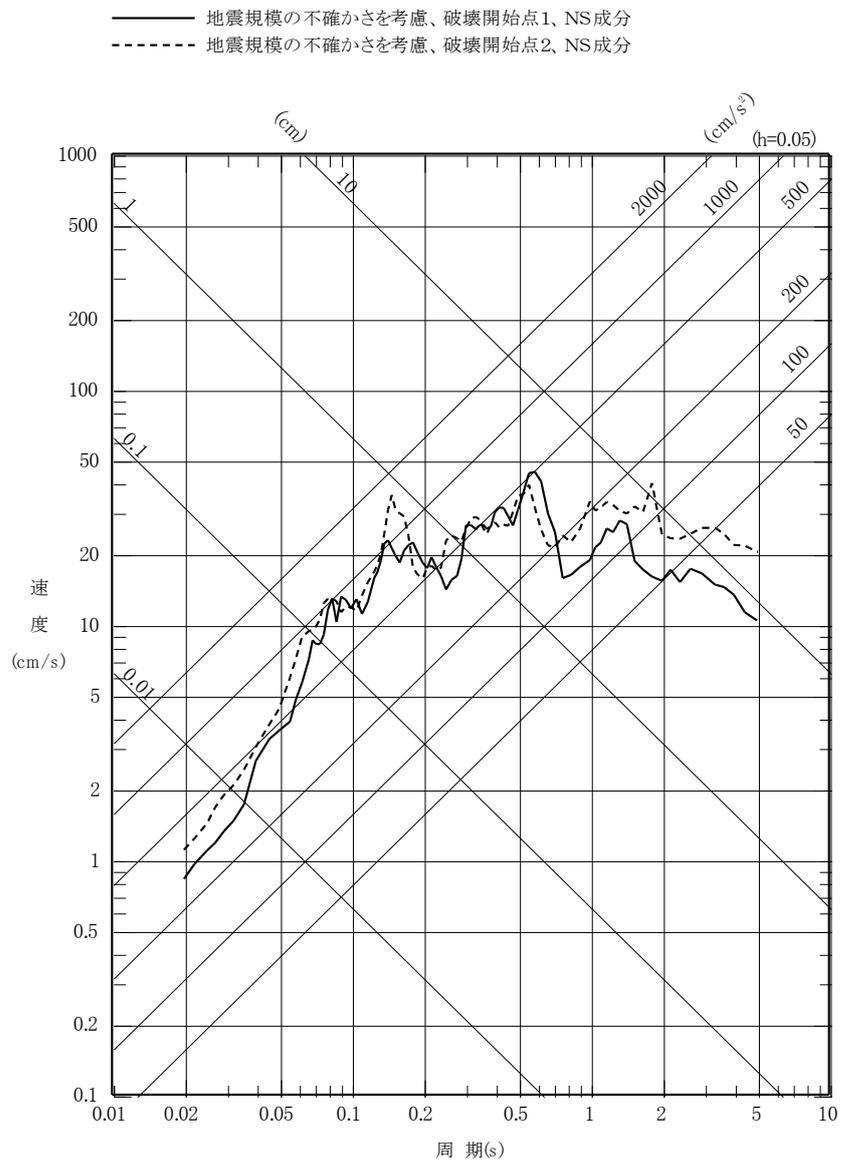
第 5. 6. 27 図(10) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース: 応力降下量、NS 成分)



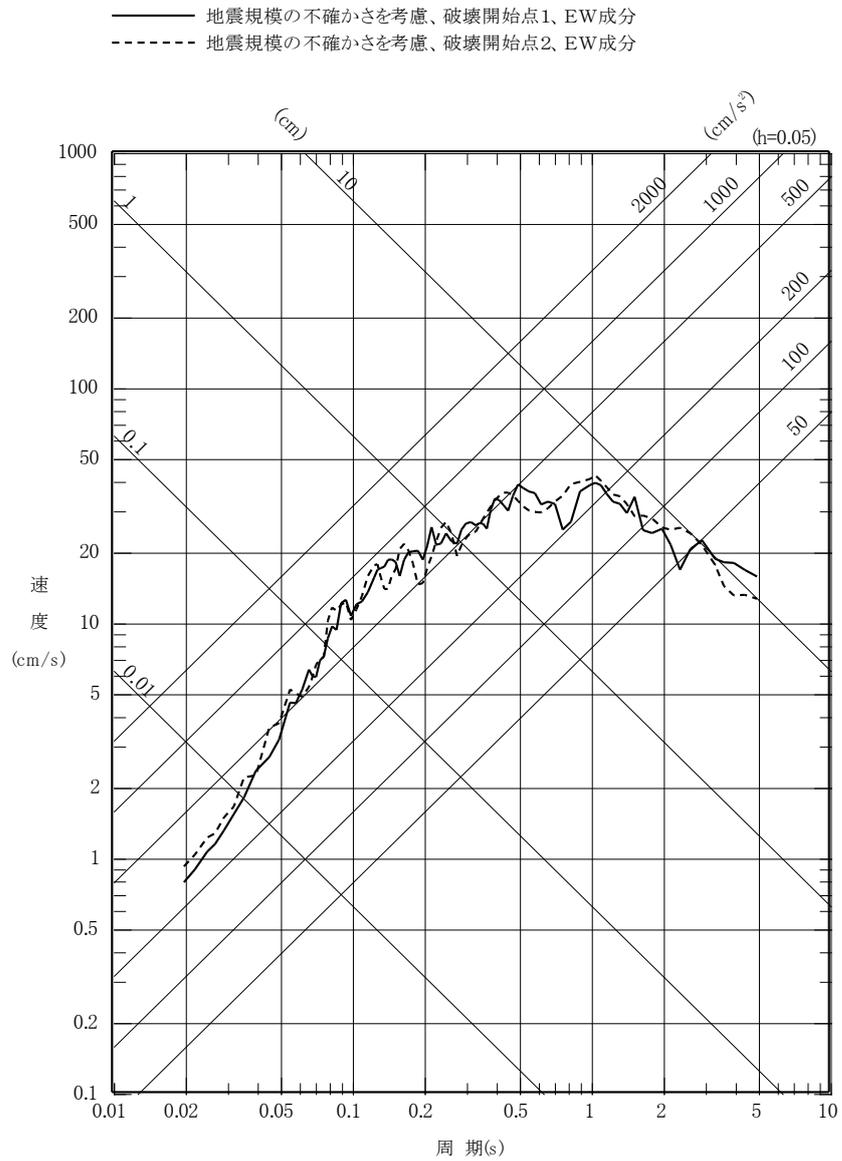
第 5. 6. 27 図(11) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース: 応力降下量、EW 成分)



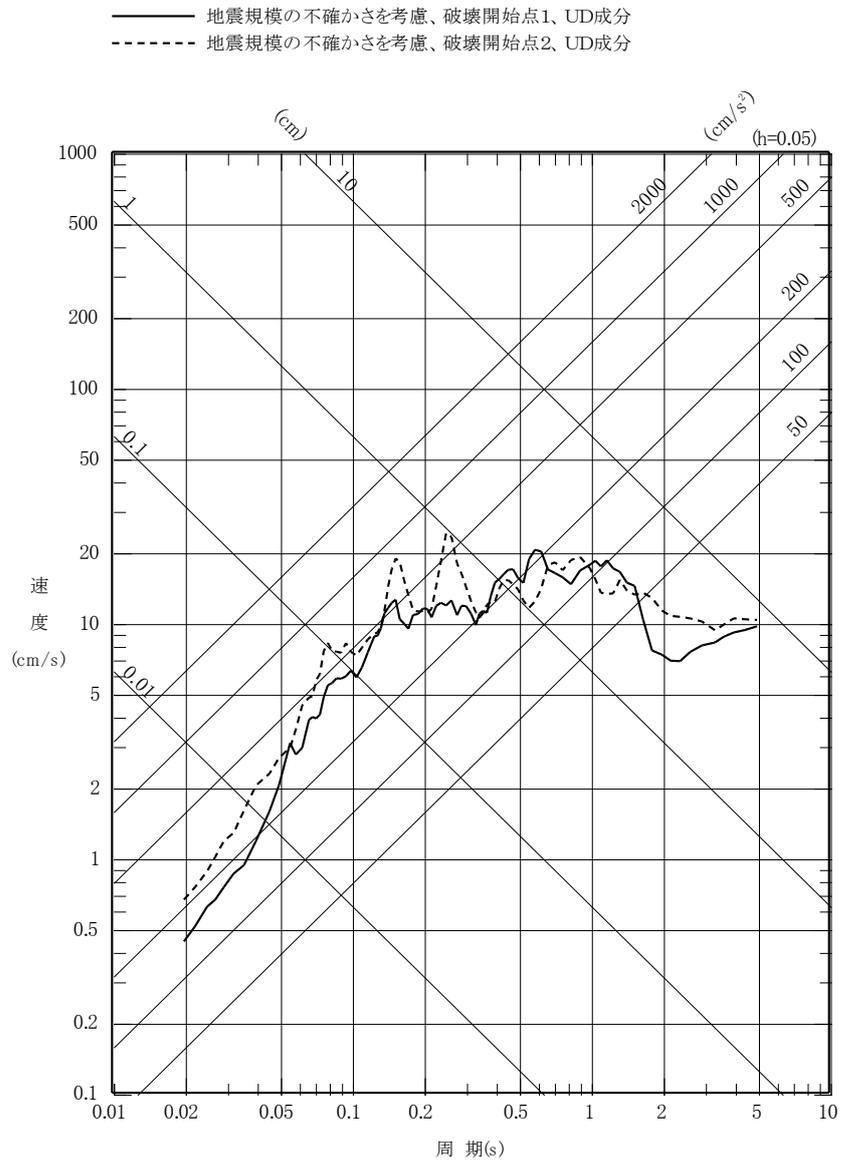
第 5. 6. 27 図(12) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース: 応力降下量、UD 成分)



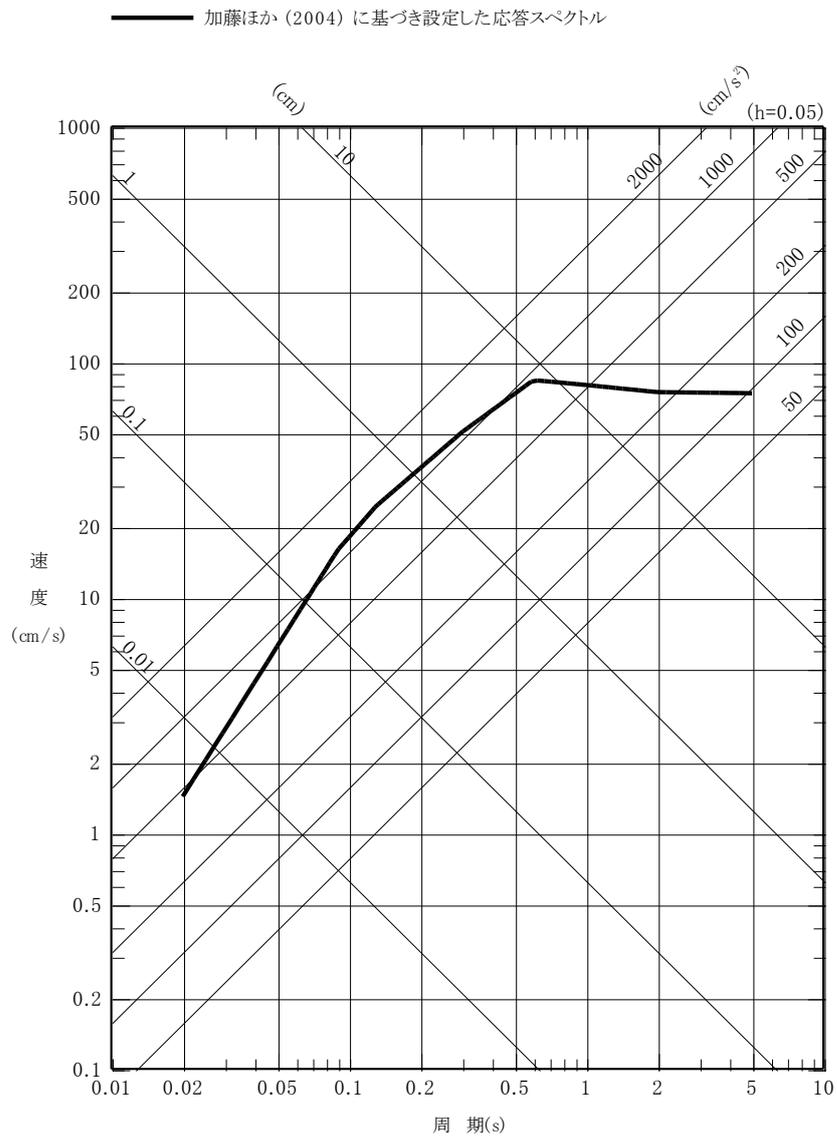
第 5. 6. 27 図(13) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:地震規模、NS成分)



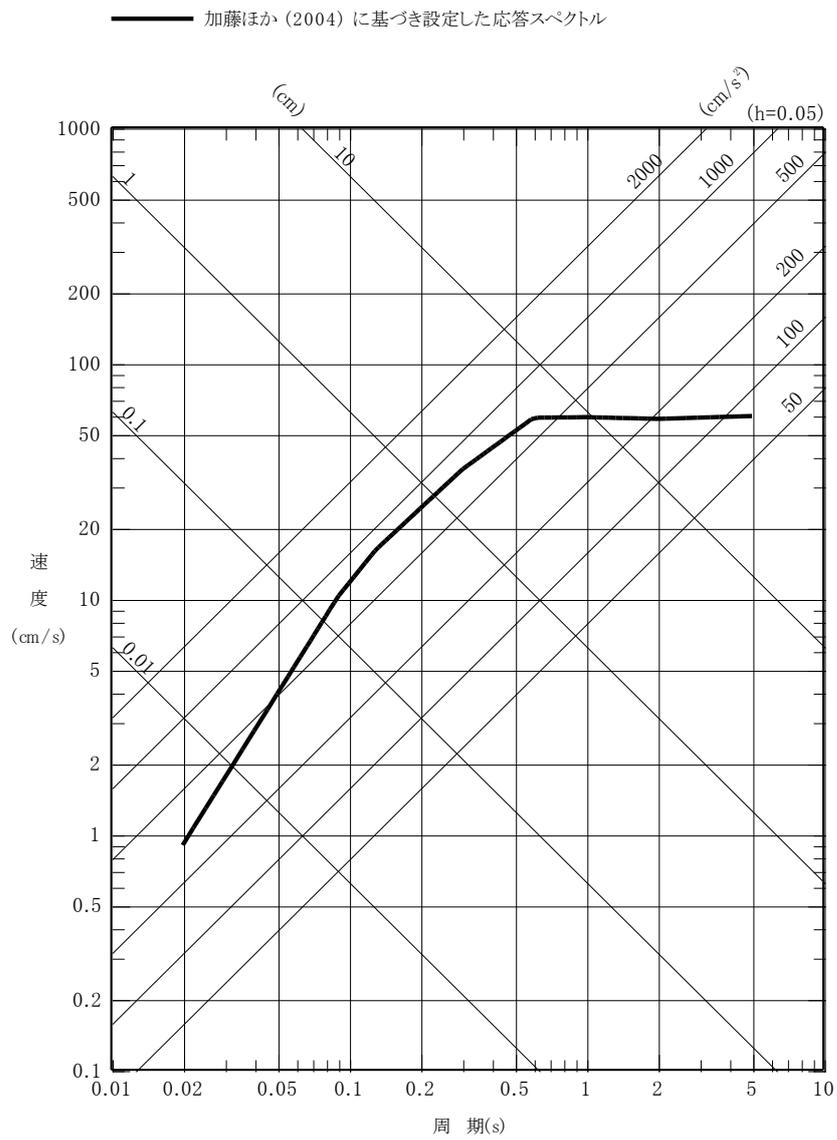
第 5. 6. 27 図(14) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:地震規模、EW成分)



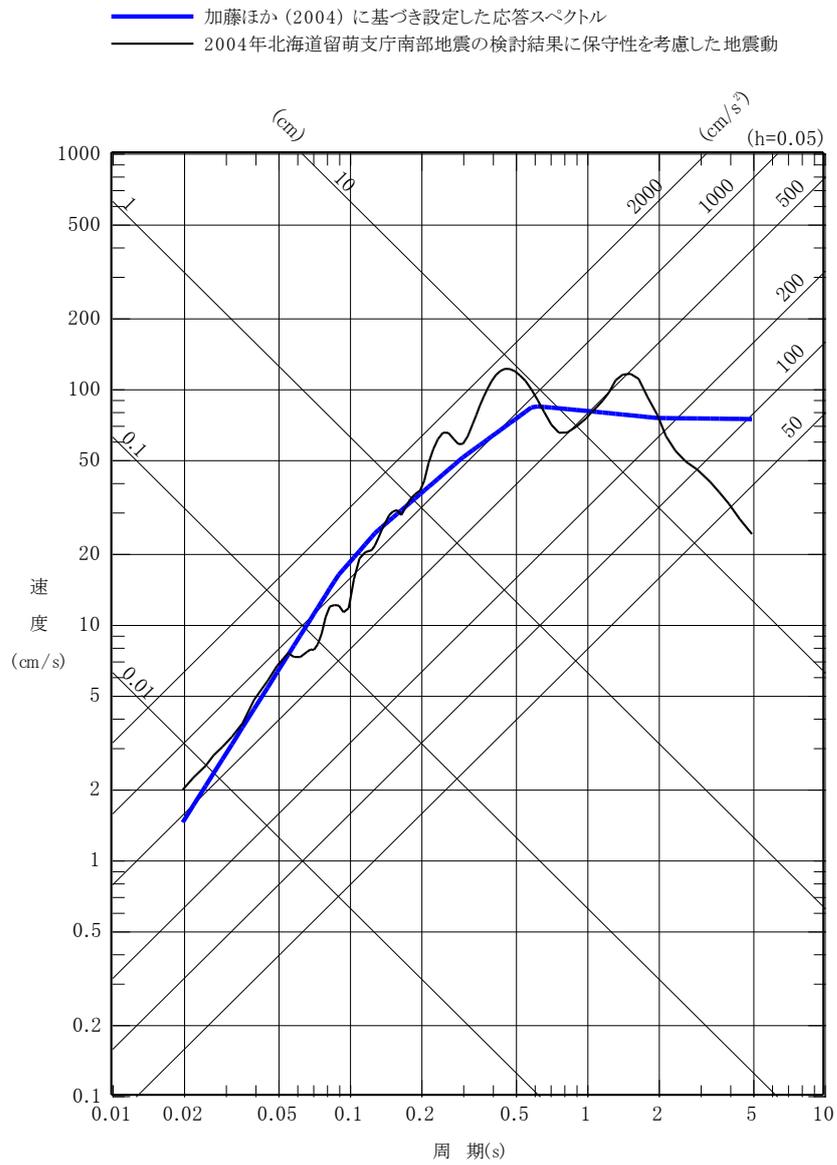
第 5. 6. 27 図(15) 茨城県南部の地震の
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果
 (不確かさを考慮したケース:地震規模、UD成分)



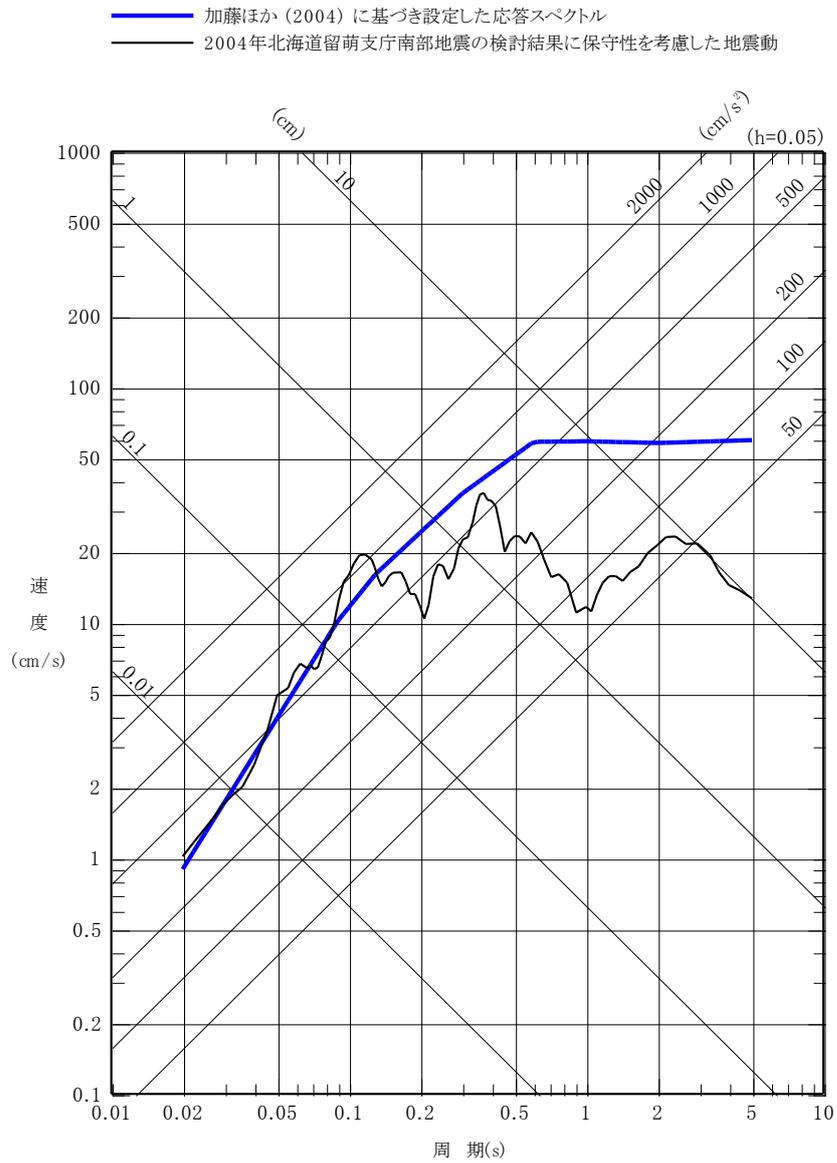
第 5. 6. 28 図(1) 加藤ほか(2004)に基づき設定した応答スペクトル
(水平成分)



第 5. 6. 28 図 (2) 加藤ほか(2004)に基づき設定した応答スペクトル
(鉛直成分)

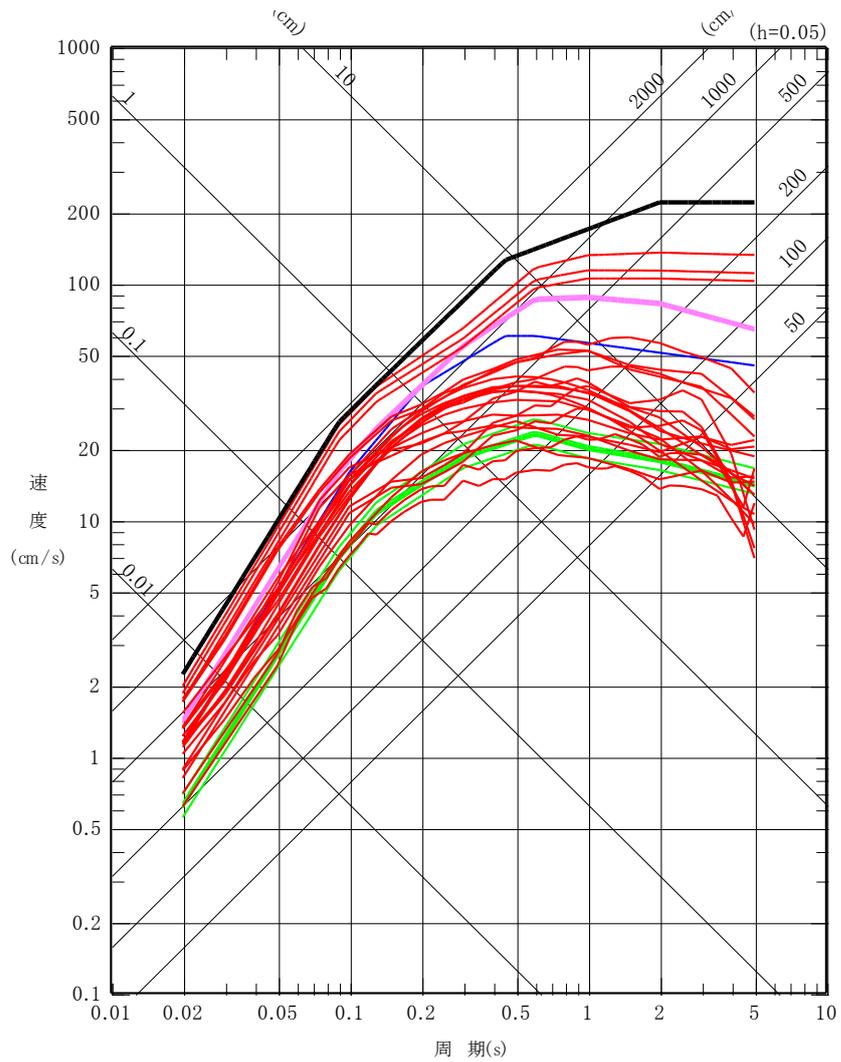


第 5. 6. 29 図(1) 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル
 (水平成分)



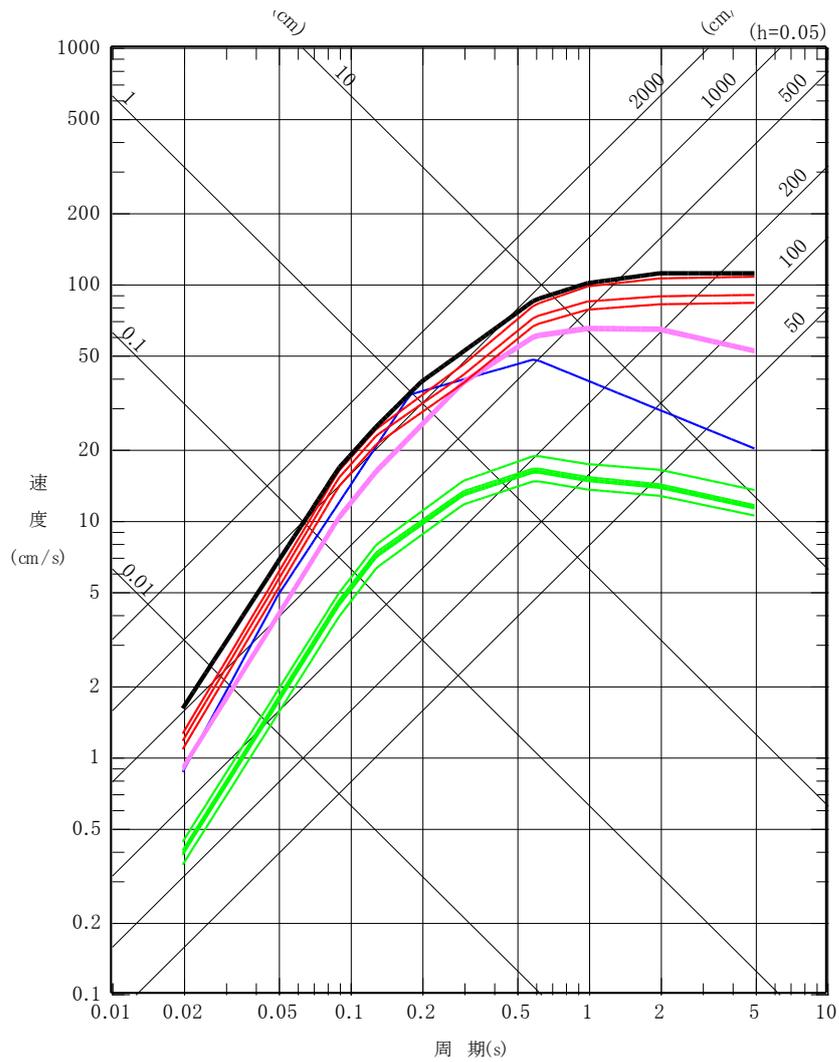
第 5. 6. 29 図(2) 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル
(鉛直成分)

- 基準地震動 S_s-D
- 内陸地殻内地震による評価 (F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震)
- 内陸地殻内地震による評価 (F 3 断層～F 4 断層による地震)
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価



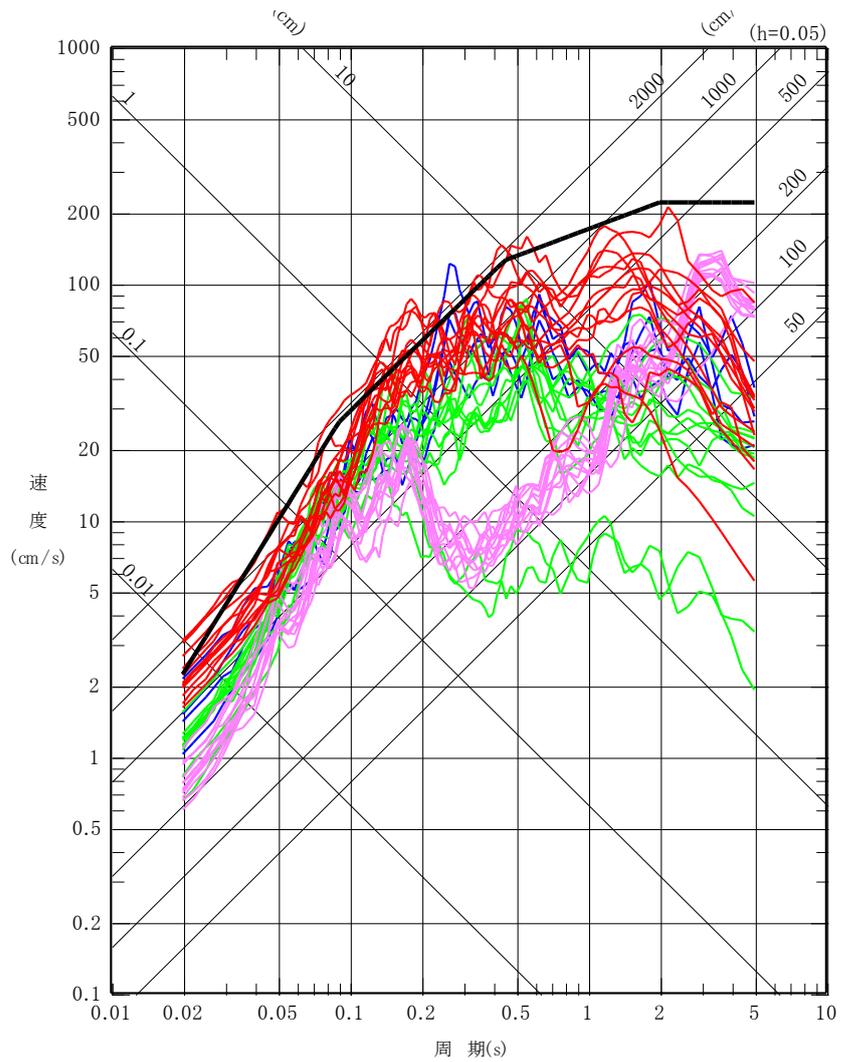
第 5.6.30 図(1) 基準地震動 S_s-D の設計用応答スペクトル
(水平成分、S_s-D_H)

- 基準地震動 S_s-D
- 内陸地殻内地震による評価 (F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震)
- 内陸地殻内地震による評価 (F 3 断層～F 4 断層による地震)
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価



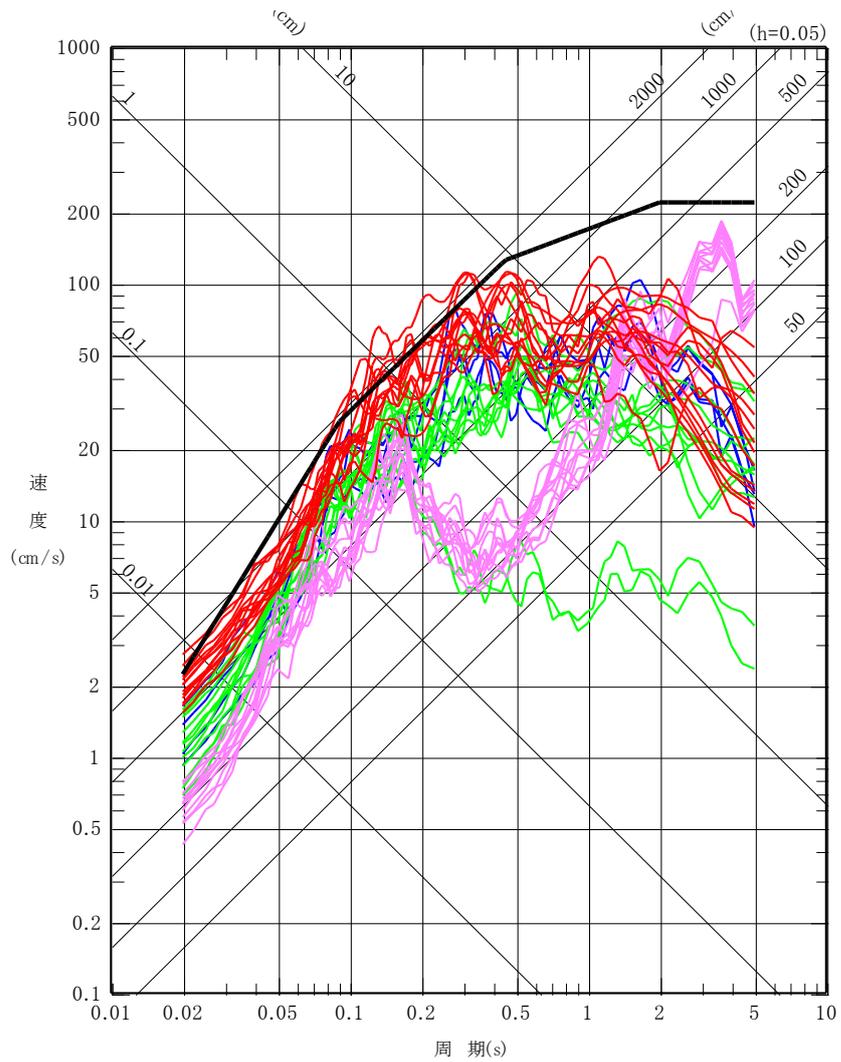
第 5.6.30 図(2) 基準地震動 S_s-D の設計用応答スペクトル
(鉛直成分、S_s-D_v)

- 基準地震動 S_s-D
- 内陸地殻内地震による評価 (F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震)
- 内陸地殻内地震による評価 (F 3 断層～F 4 断層による地震)
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価



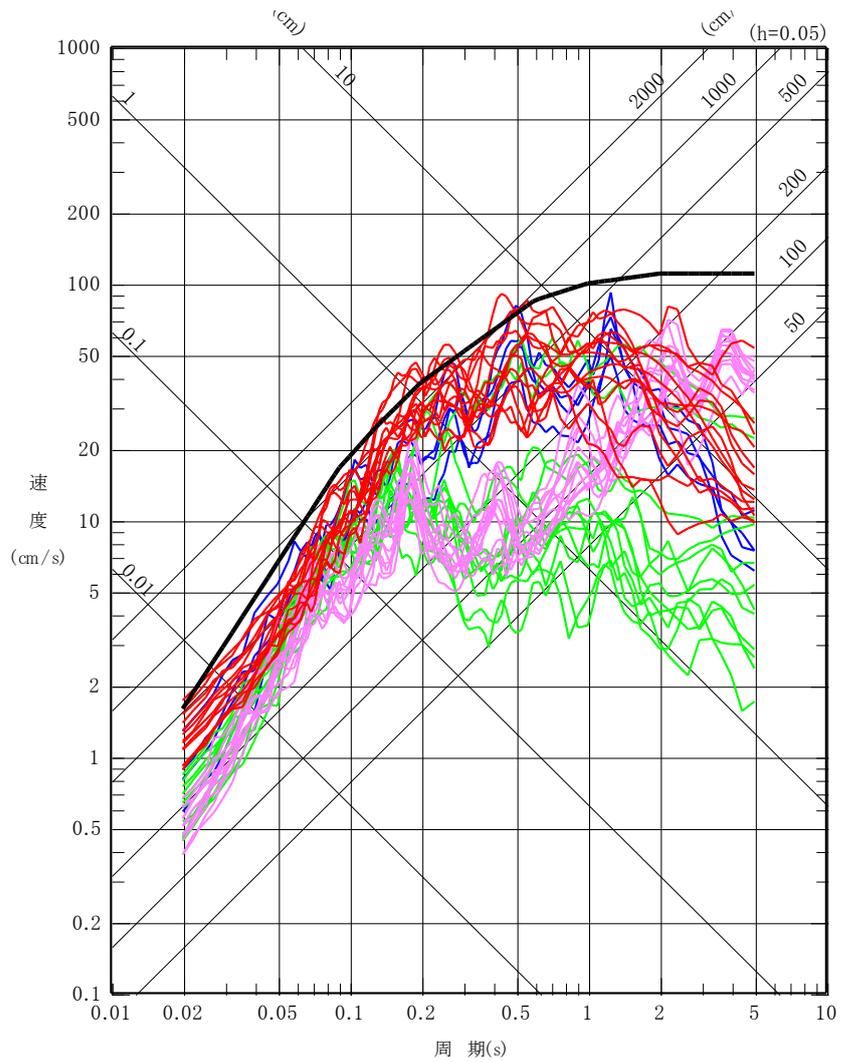
第 5. 6. 31 図(1) 基準地震動 S_s-D と
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較
(NS 成分)

- 基準地震動 S_{s-D}
- 内陸地殻内地震による評価 (F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震)
- 内陸地殻内地震による評価 (F 3 断層～F 4 断層による地震)
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価



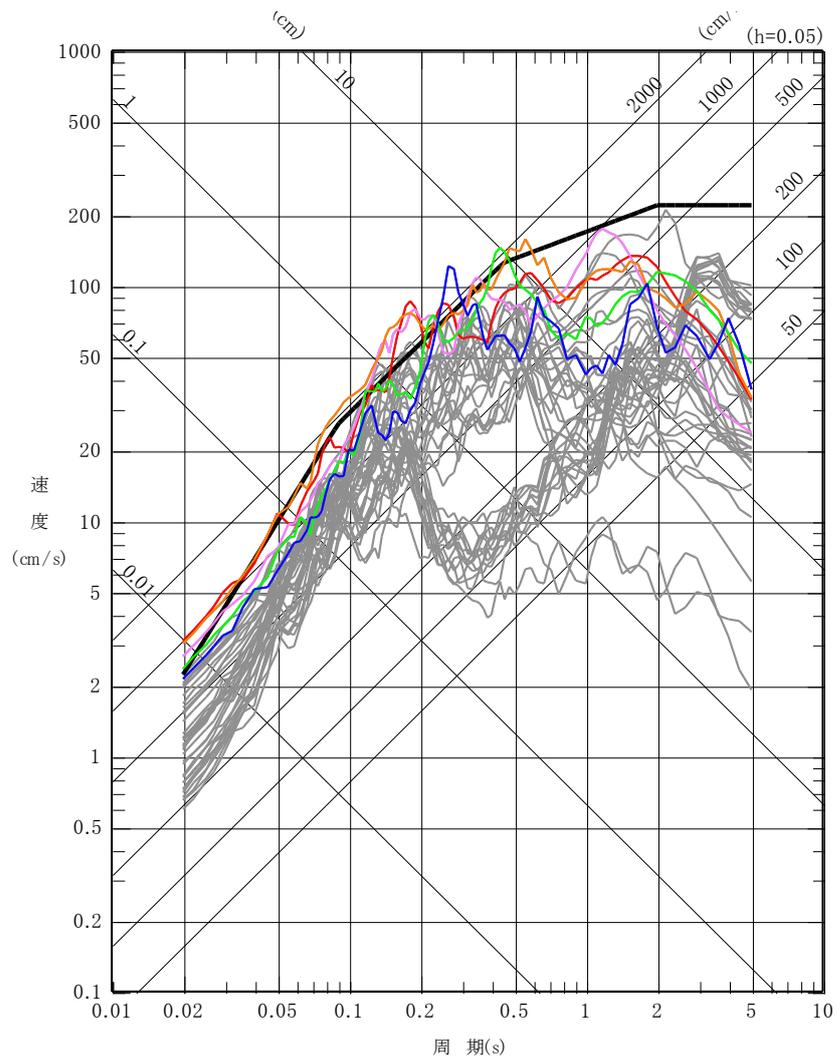
第 5. 6. 31 図(2) 基準地震動 S_{s-D}と
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較
(EW 成分)

- 基準地震動 S_s-D
- 内陸地殻内地震による評価 (F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震)
- 内陸地殻内地震による評価 (F 3 断層～F 4 断層による地震)
- プレート間地震による評価
- 海洋プレート内地震による評価



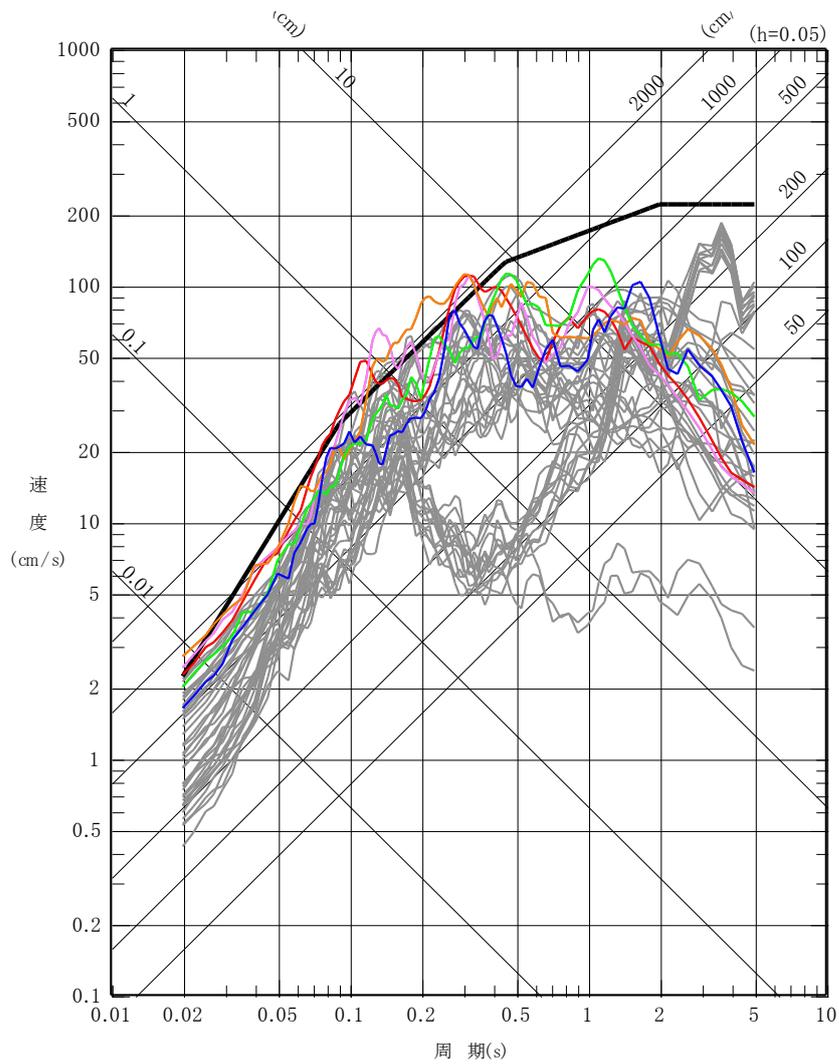
第 5. 6. 31 図(3) 基準地震動 S_s-D と
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較
(UD 成分)

- 基準地震動 S_s-D
- 基準地震動 S_s-1
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点1)
- 基準地震動 S_s-2
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点2)
- 基準地震動 S_s-3
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点3)
- 基準地震動 S_s-4
F 3断層～F 4断層による地震 (断層傾斜角の不確かさを考慮、破壊開始点3)
- 基準地震動 S_s-5
2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさを考慮)
- 断層モデルを用いた手法による各評価



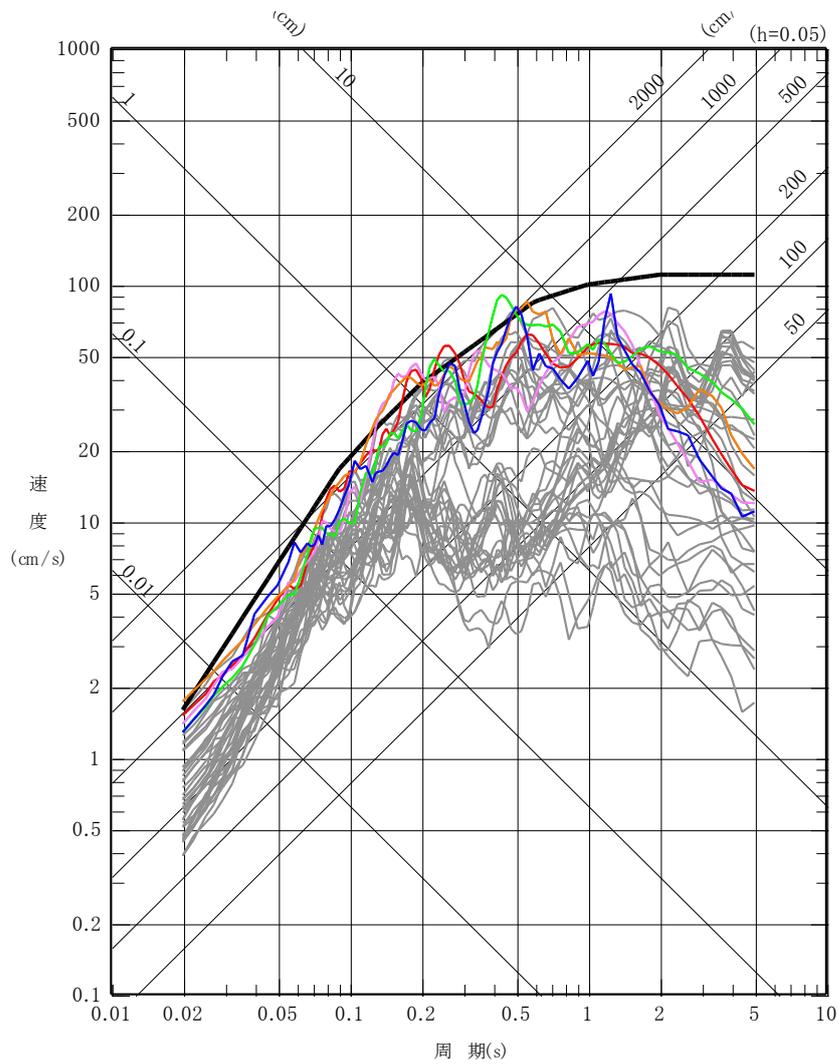
第 5. 6. 32 図(1) 基準地震動 S_s-D と
断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の比較
(NS 成分)

- 基準地震動 S_s-D
- 基準地震動 S_s-1
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点1)
- 基準地震動 S_s-2
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点2)
- 基準地震動 S_s-3
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点3)
- 基準地震動 S_s-4
F 3断層～F 4断層による地震 (断層傾斜角の不確かさを考慮、破壊開始点3)
- 基準地震動 S_s-5
2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさを考慮)
- 断層モデルを用いた手法による各評価



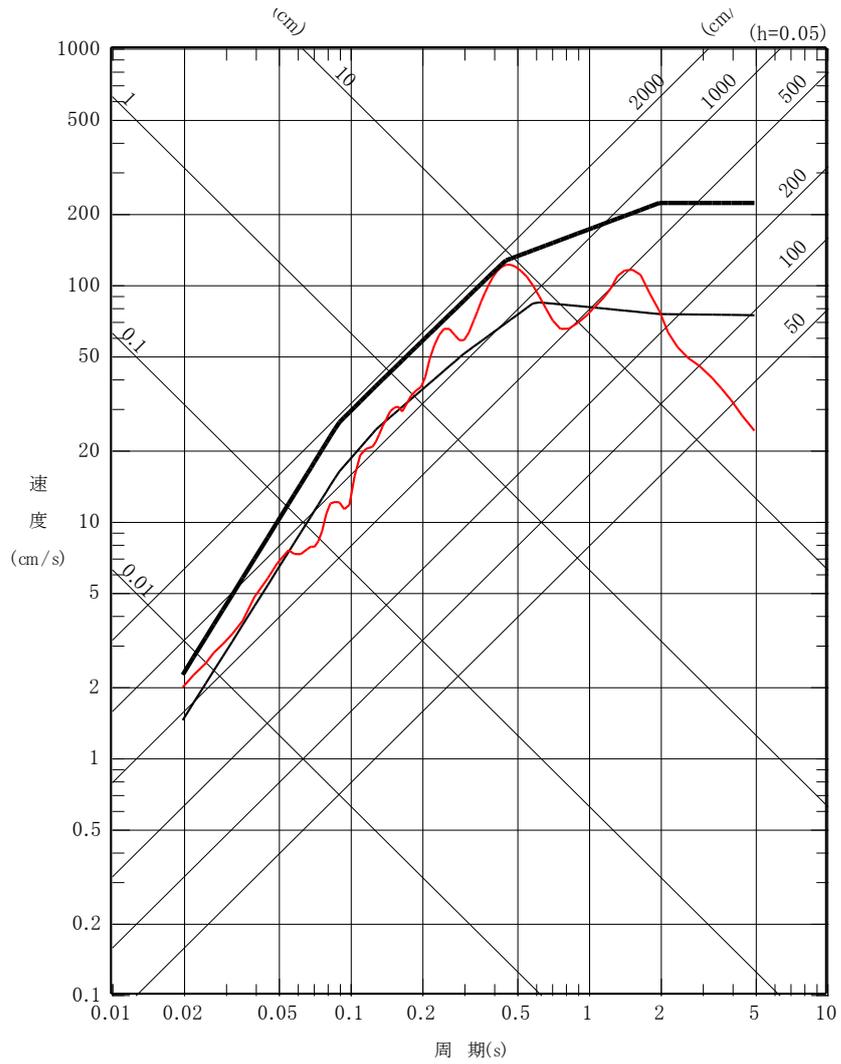
第 5. 6. 32 図(2) 基準地震動 S_s-D と
断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の比較
(EW 成分)

- 基準地震動 S_s-D
- 基準地震動 S_s-1
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点1)
- 基準地震動 S_s-2
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点2)
- 基準地震動 S_s-3
F 3断層～F 4断層による地震 (短周期レベルの不確かさを考慮、破壊開始点3)
- 基準地震動 S_s-4
F 3断層～F 4断層による地震 (断層傾斜角の不確かさを考慮、破壊開始点3)
- 基準地震動 S_s-5
2011年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA位置と短周期レベルの不確かさを考慮)
- 断層モデルを用いた手法による各評価



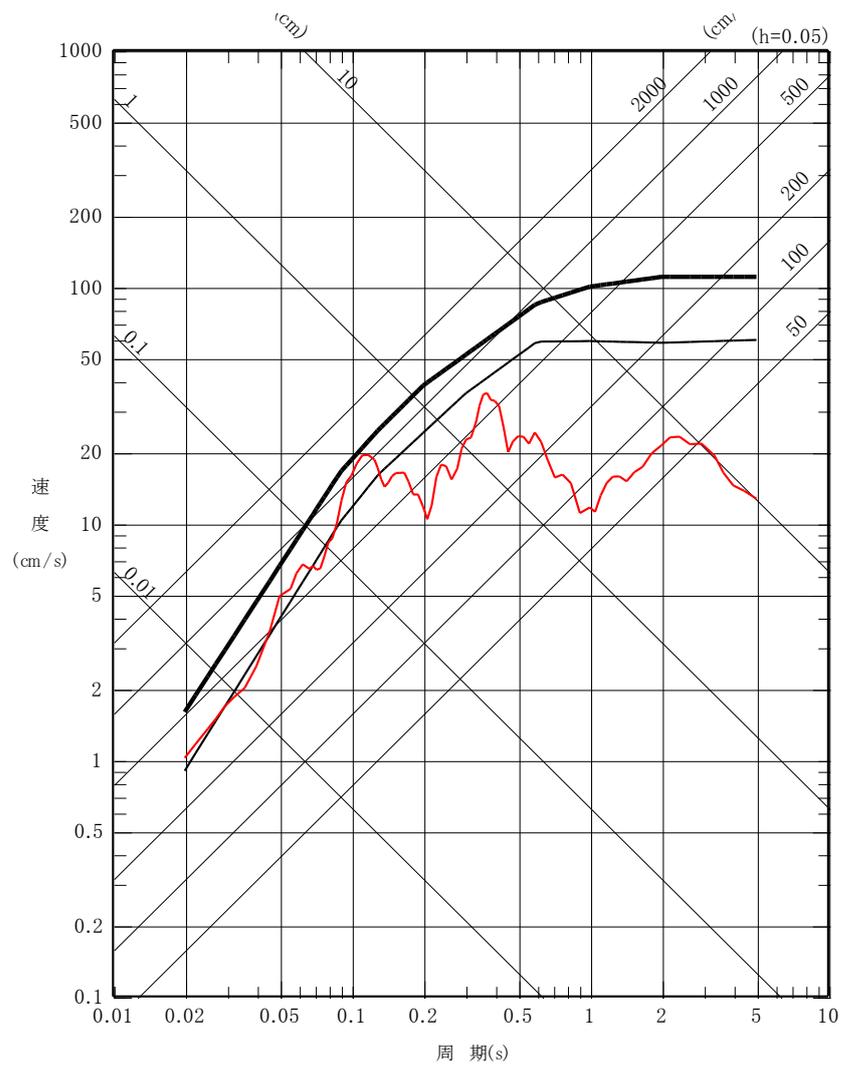
第 5. 6. 32 図(3) 基準地震動 S_s-D と
断層モデルを用いた手法による基準地震動 S_s の比較
(UD 成分)

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

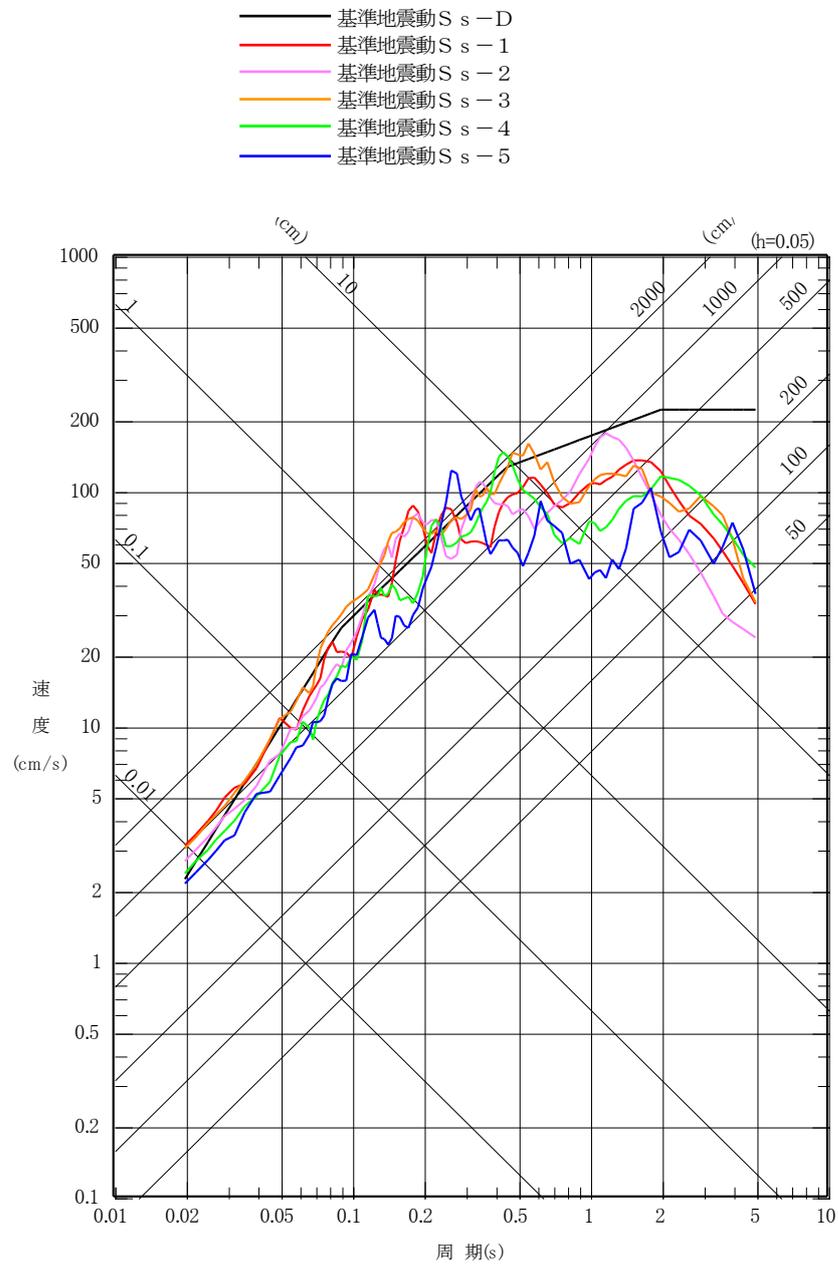


第 5.6.33 図(1) 基準地震動 S_s-D と震源を特定せず策定する地震動の比較
(水平成分)

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

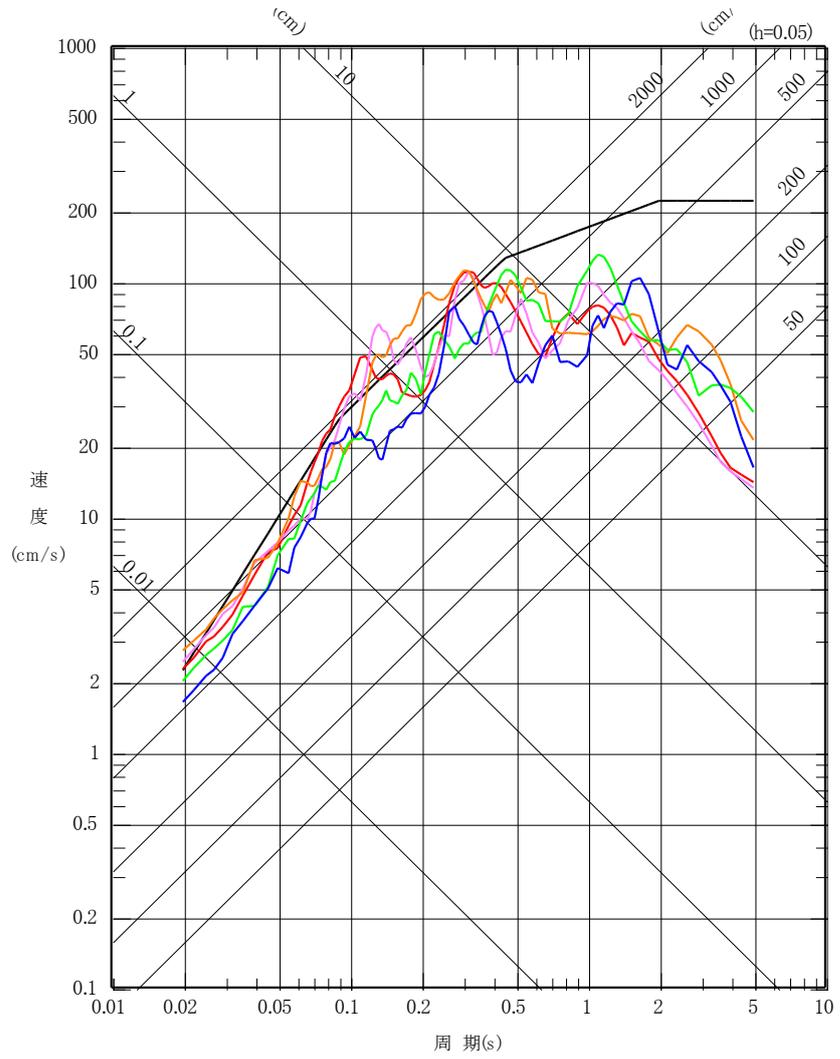


第 5.6.33 図(2) 基準地震動 S_s-D と震源を特定せず策定する地震動の比較
(鉛直成分)

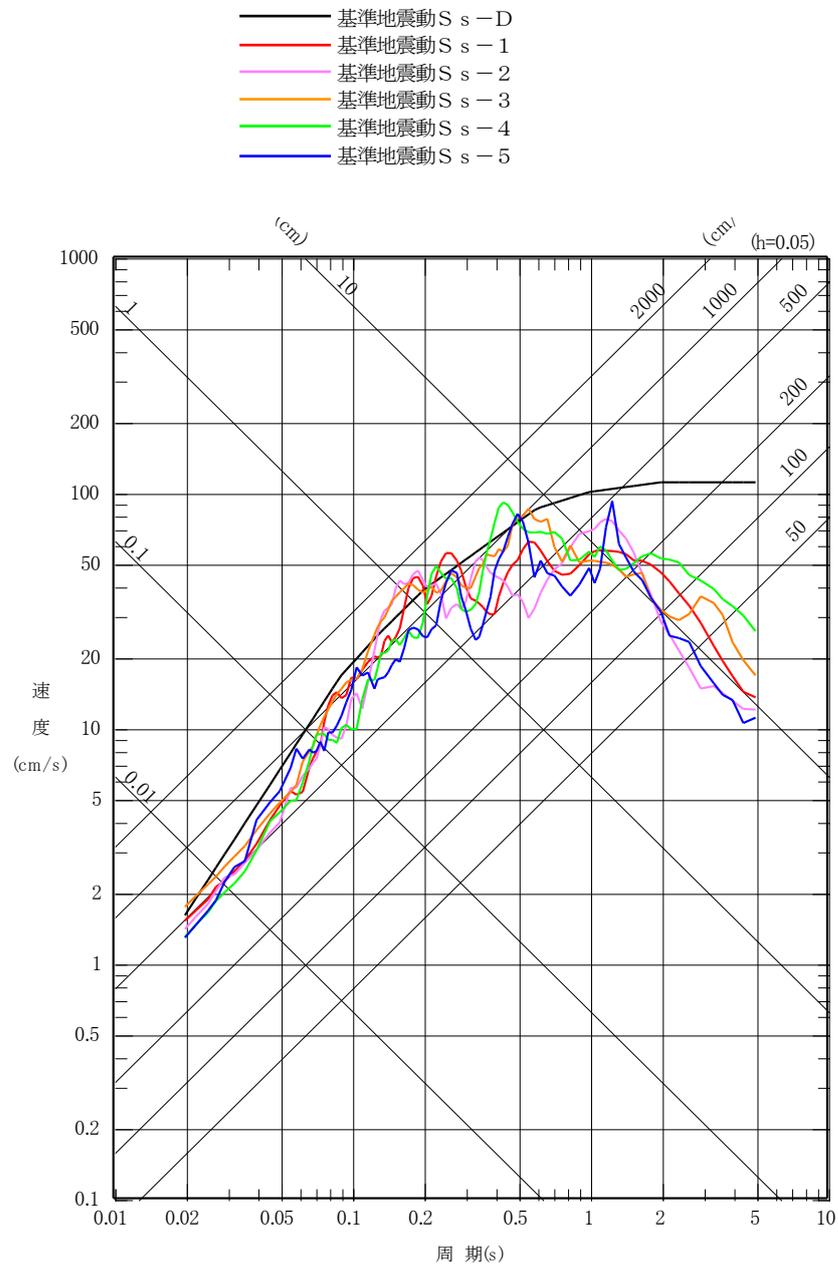


第 5. 6. 34 図(1) 基準地震動 Ss の応答スペクトル
(NS 成分)

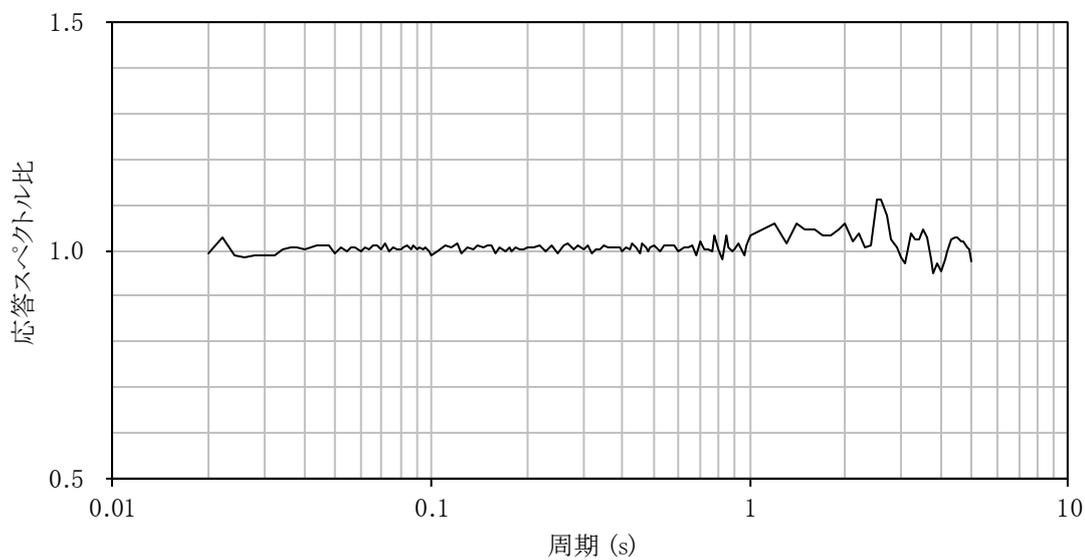
- 基準地震動S_s-D
- 基準地震動S_s-1
- 基準地震動S_s-2
- 基準地震動S_s-3
- 基準地震動S_s-4
- 基準地震動S_s-5



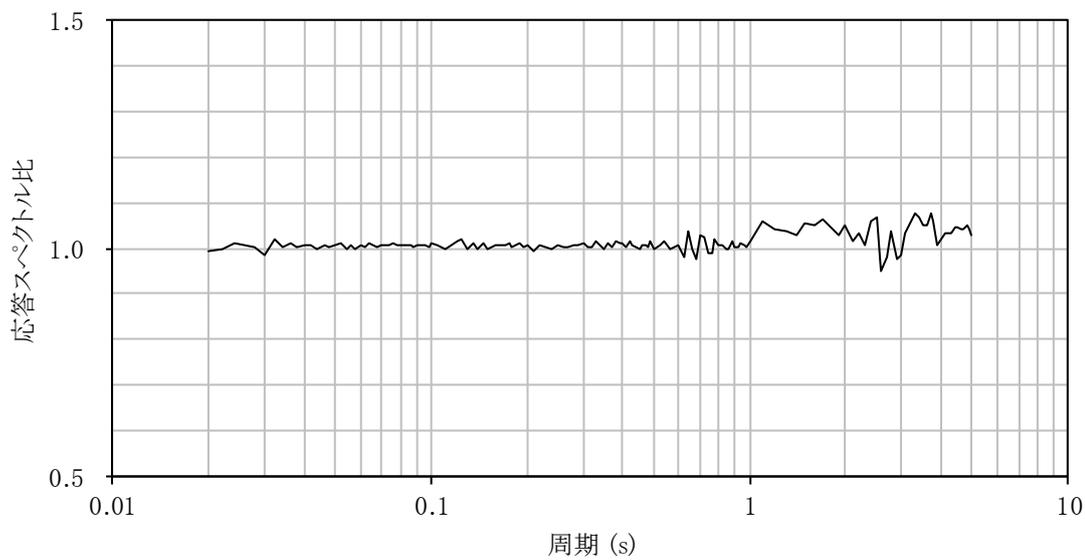
第 5. 6. 34 図(2) 基準地震動 S_s の応答スペクトル
(EW 成分)



第 5. 6. 34 図(3) 基準地震動 S_s の応答スペクトル
(UD 成分)

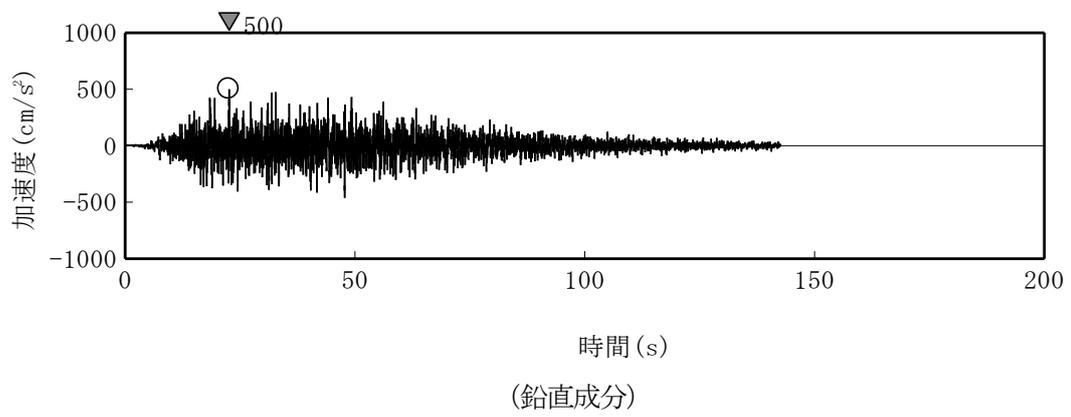
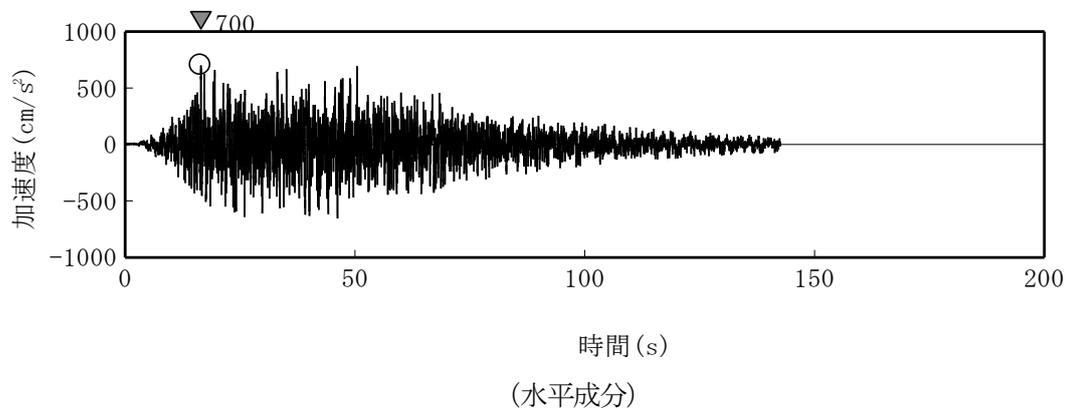


(基準地震動 $S_s - D_H$)

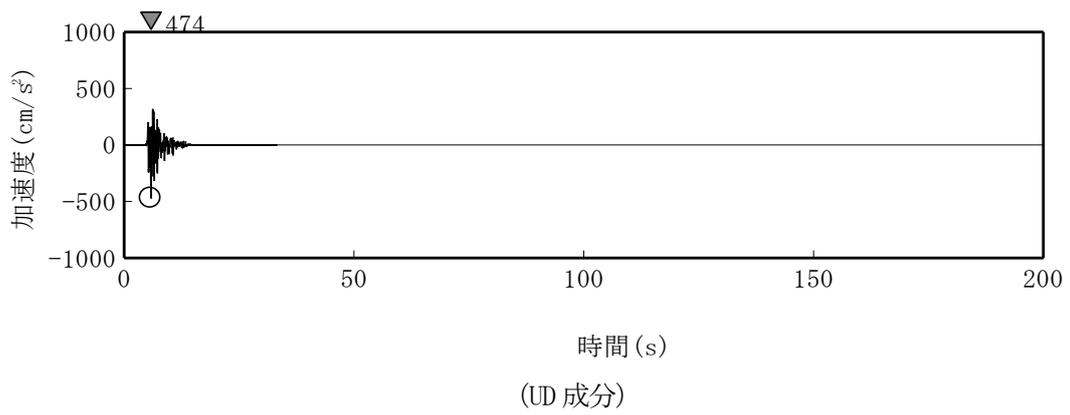
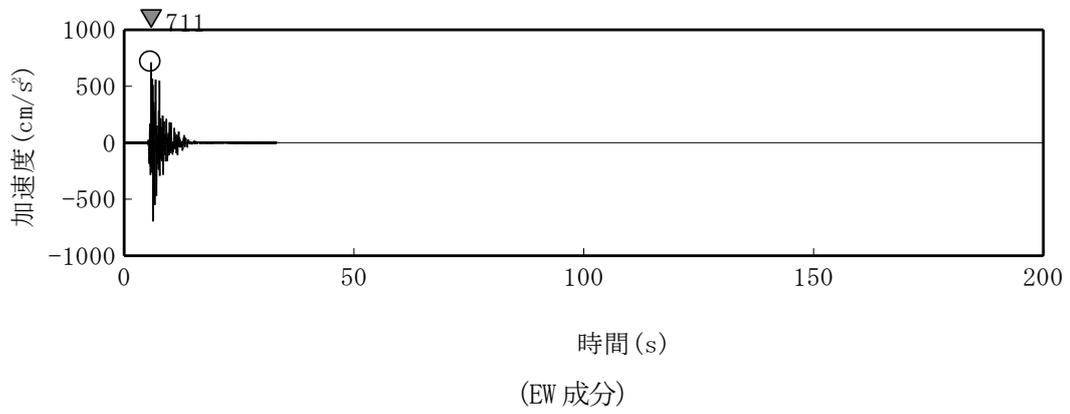
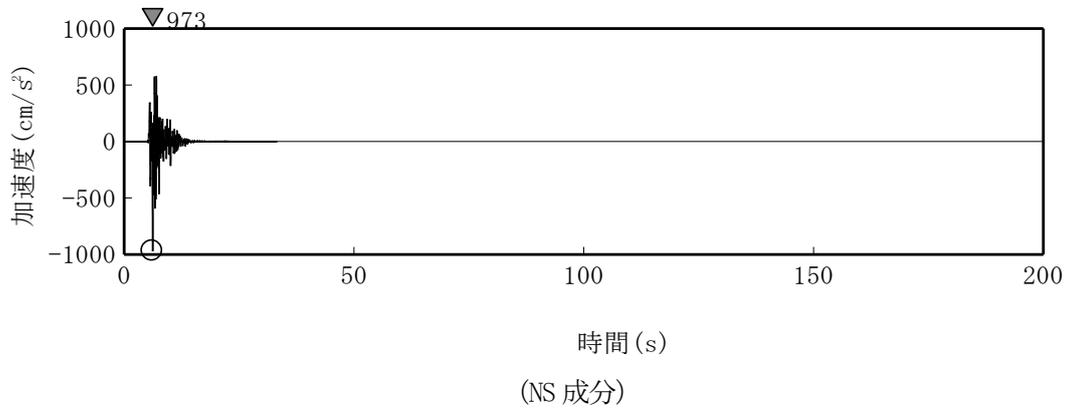


(基準地震動 $S_s - D_V$)

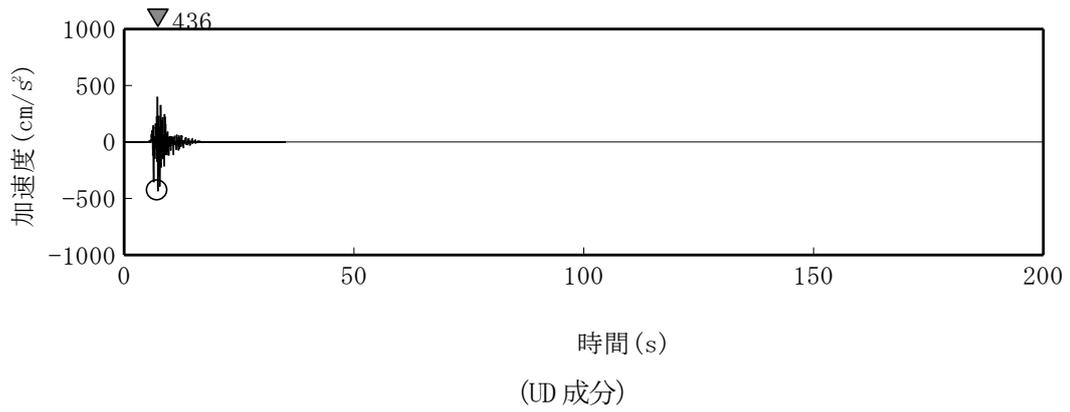
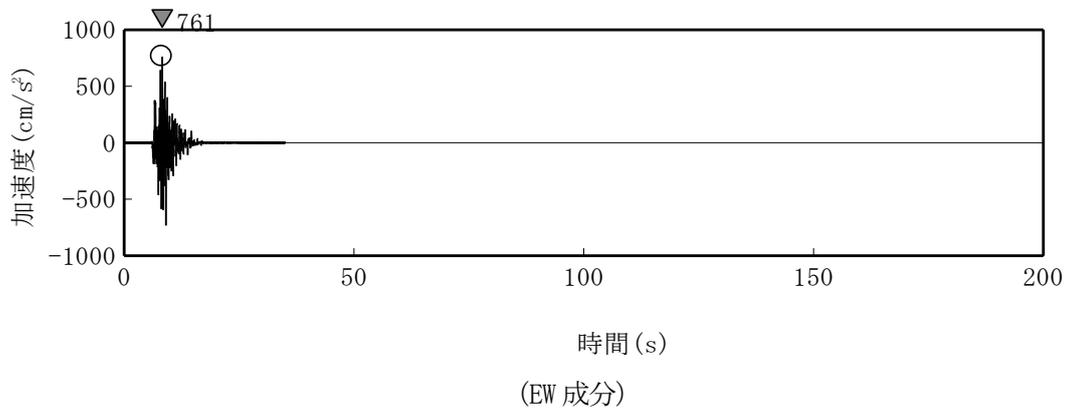
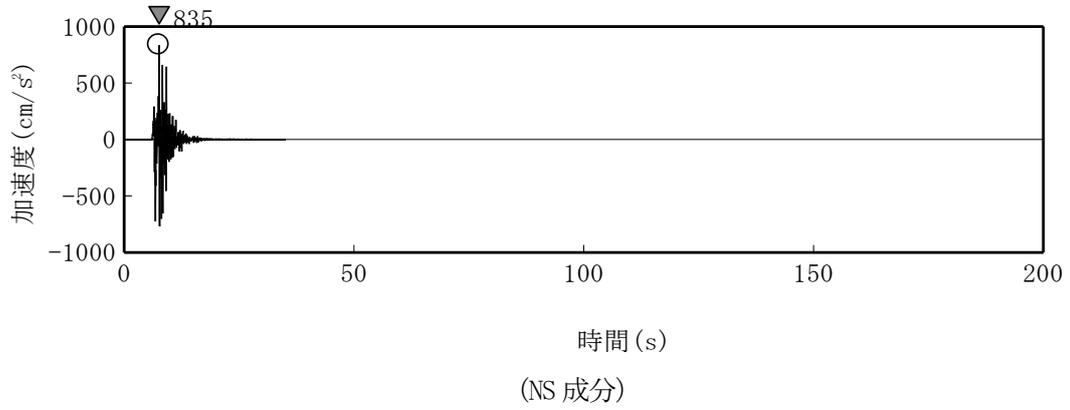
第 5.6.35 図 応答スペクトル比



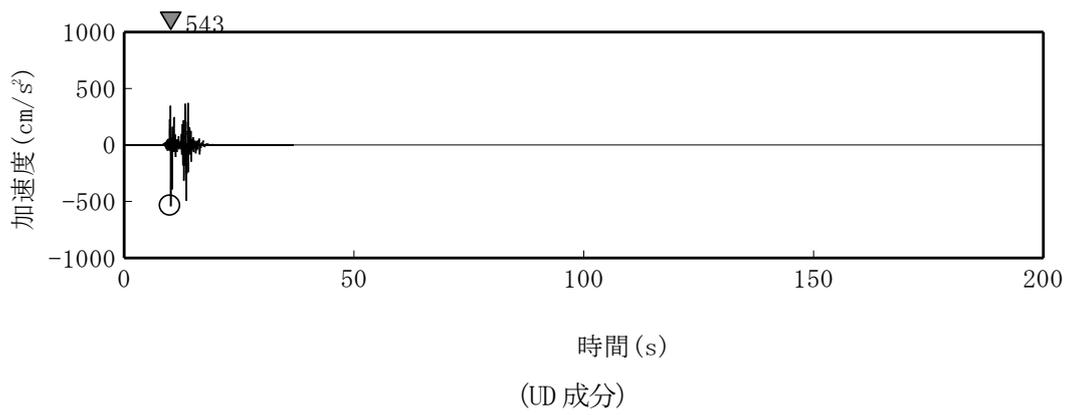
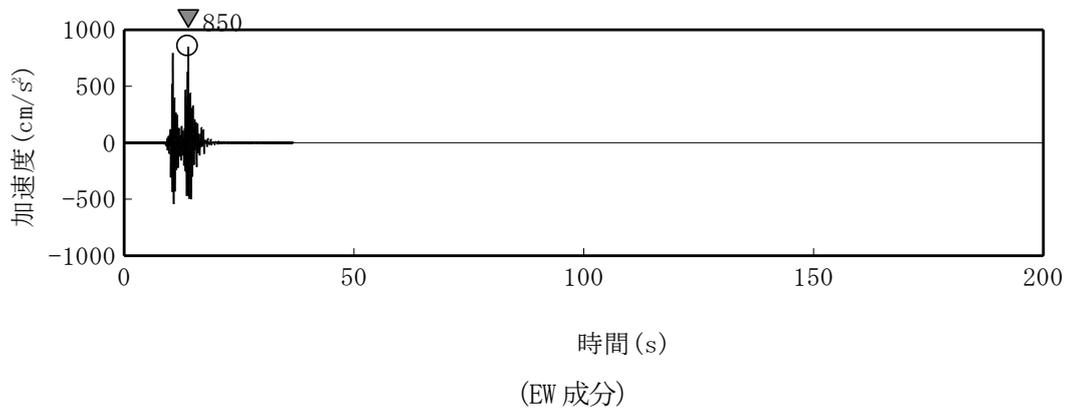
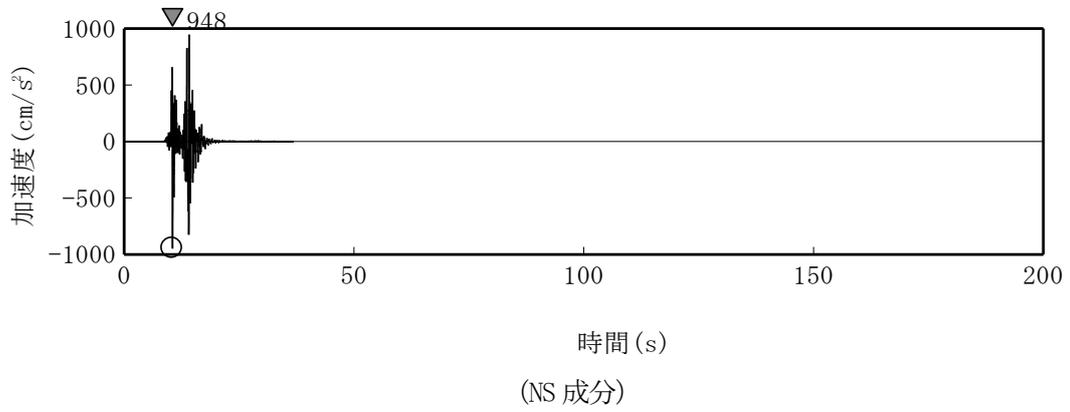
第 5. 6. 36 図 基準地震動 Ss-D の時刻歴波形



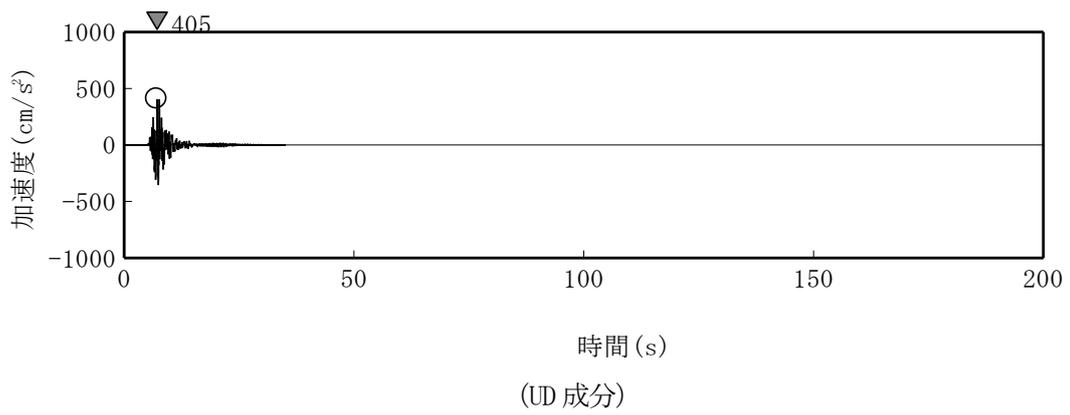
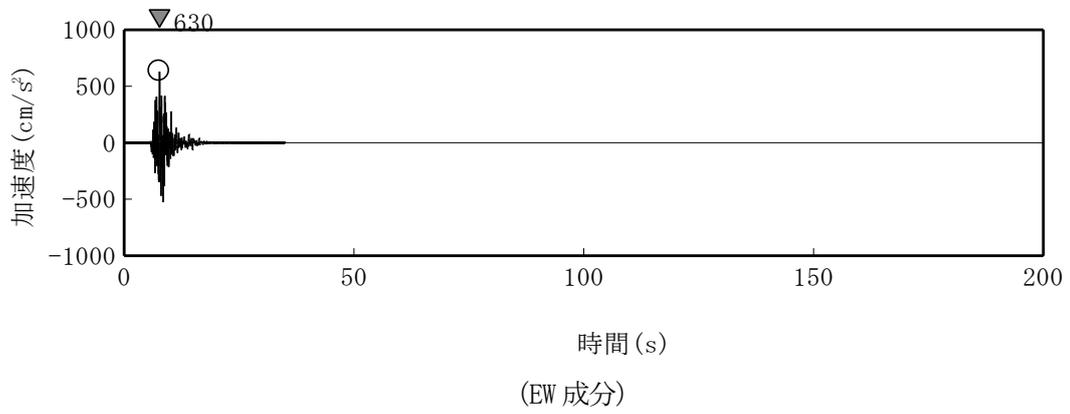
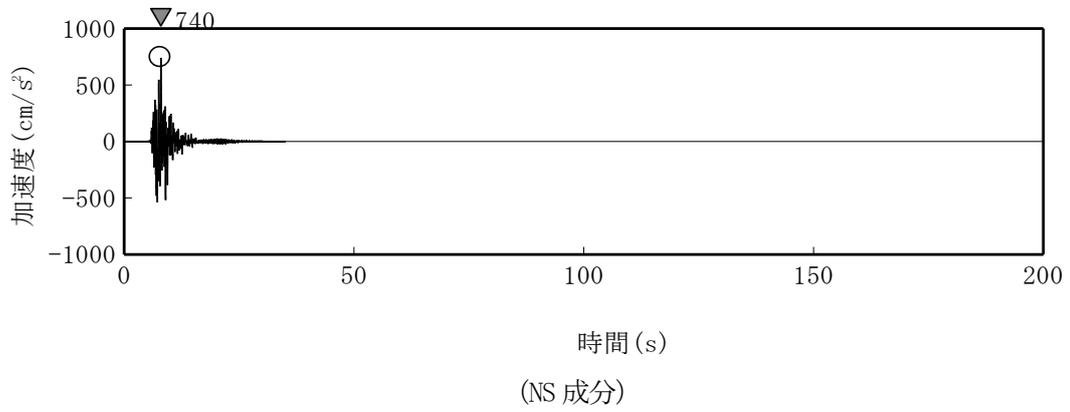
第 5. 6. 37 図(1) 基準地震動 Ss-1 の時刻歴波形



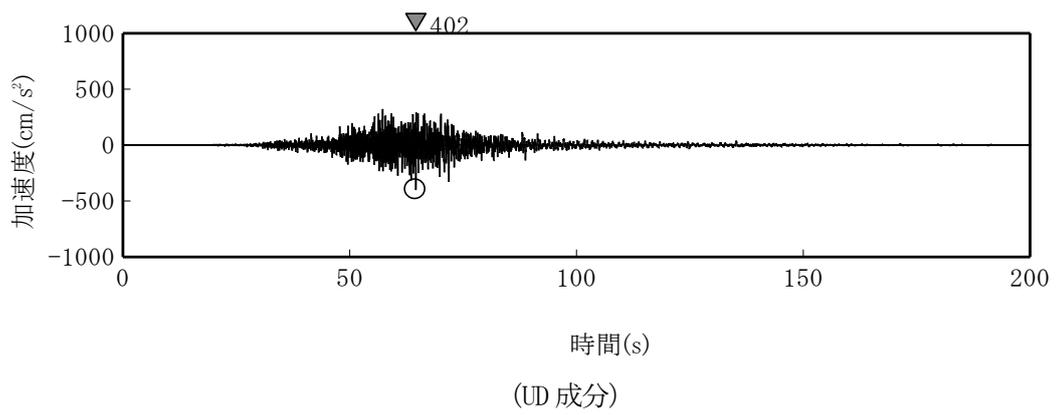
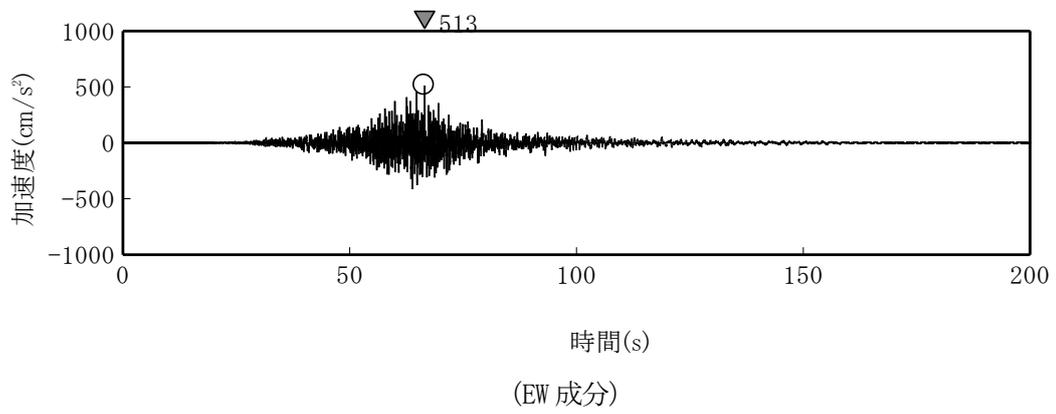
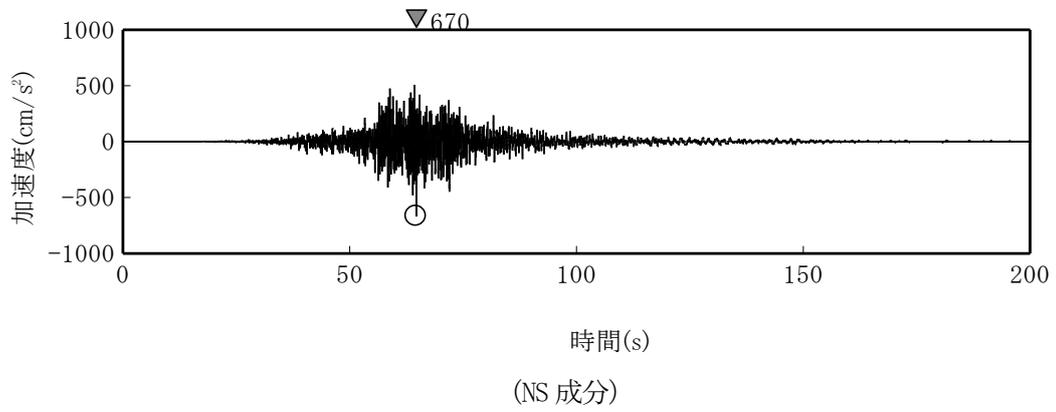
第 5. 6. 37 図(2) 基準地震動 Ss-2 の時刻歴波形



第 5. 6. 37 図 (3) 基準地震動 Ss-3 の時刻歴波形



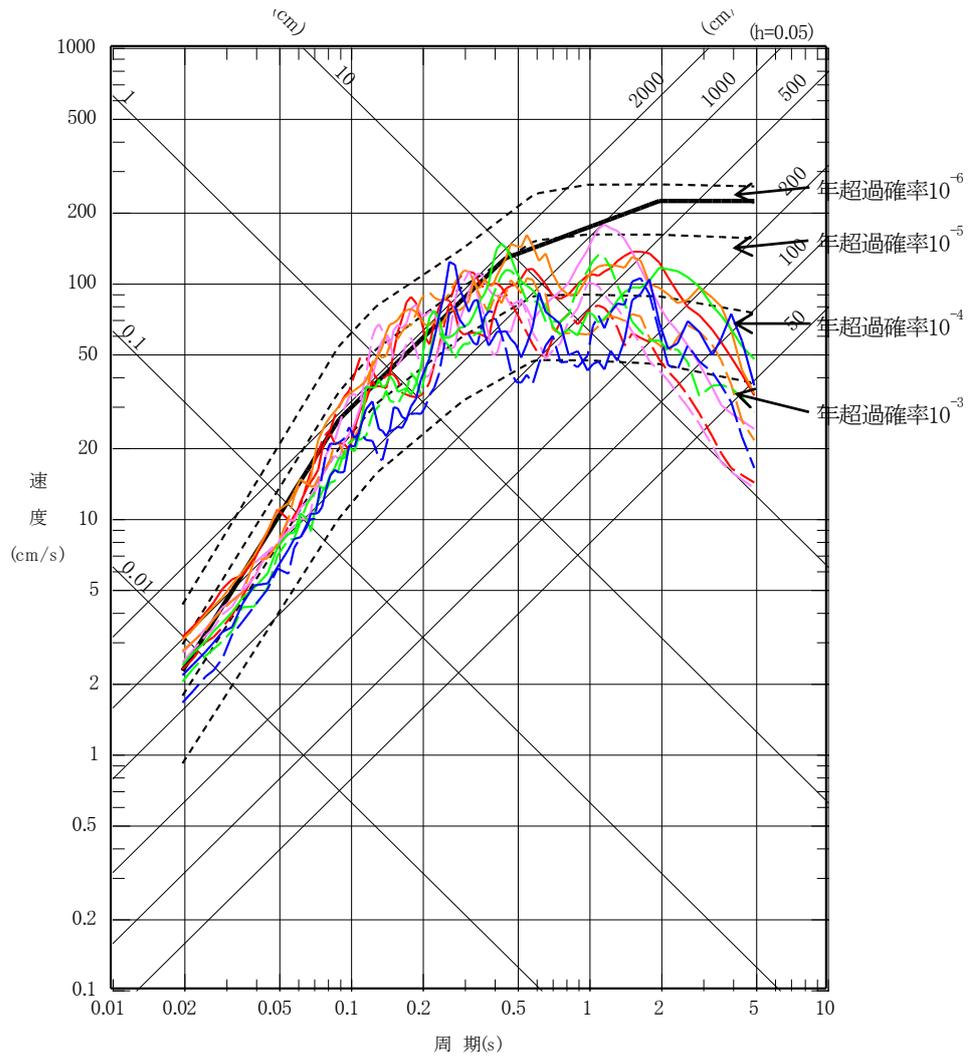
第 5. 6. 37 図(4) 基準地震動 Ss-4 の時刻歴波形



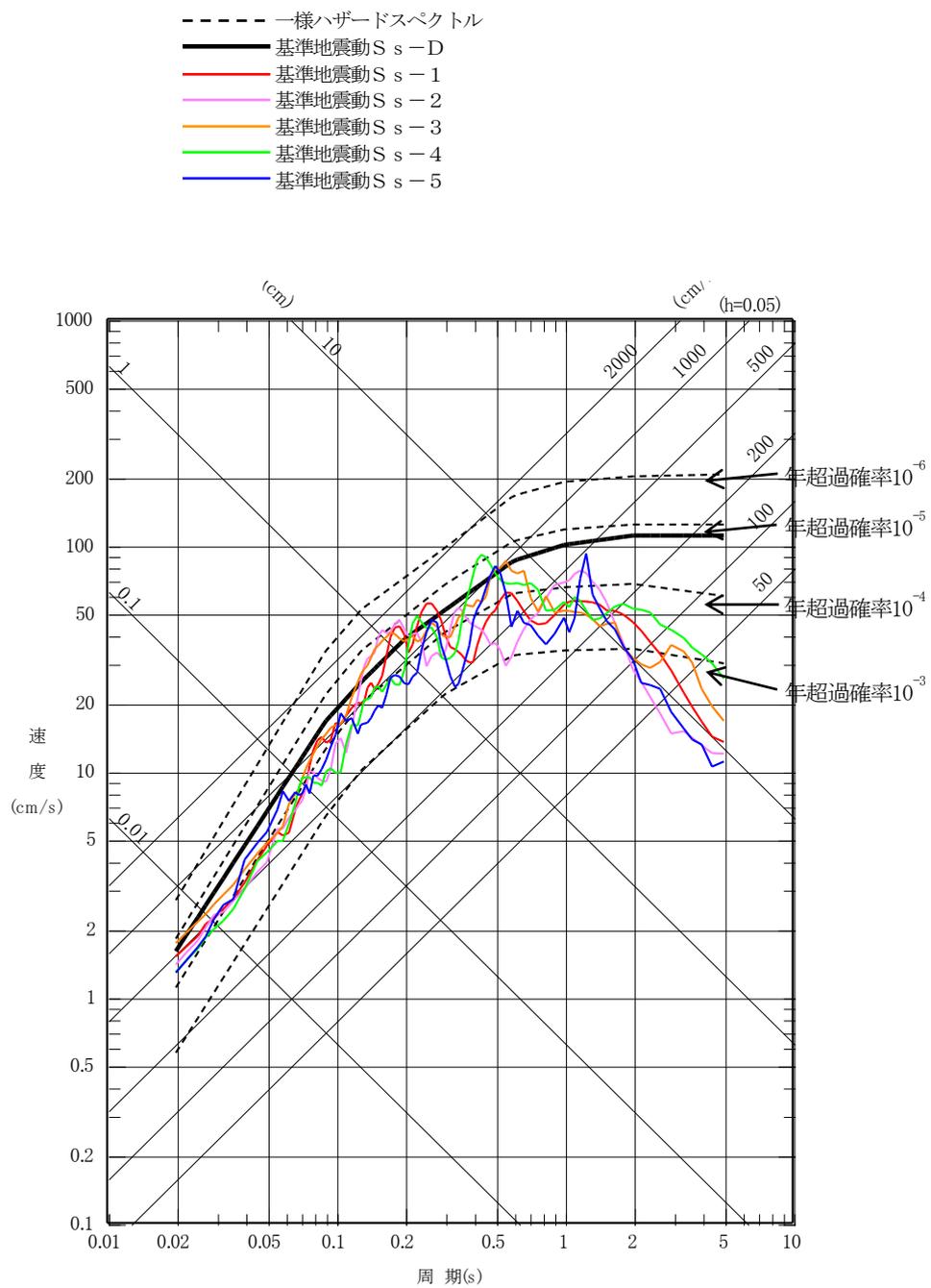
第 5. 6. 37 図(5) 基準地震動 Ss-5 の時刻歴波形

- 一様ハザードスペクトル
- 基準地震動 S_s-D
- 基準地震動 S_s-1^{※1}
- 基準地震動 S_s-2^{※1}
- 基準地震動 S_s-3^{※1}
- 基準地震動 S_s-4^{※1}
- 基準地震動 S_s-5^{※1}

※1 実線はNS成分、破線はEW成分



第 5.7.2 図(1) 一様ハザードスペクトルと
基準地震動 S_s の応答スペクトルの比較
(水平成分)



第 5.7.2 図(2) 一様ハザードスペクトルと
 基準地震動 S_s の応答スペクトルの比較
 (鉛直成分)

5-Ⅱ 地震(JMTR)

5.1 地震頻度の統計的考察

過去 750 年(1192~1942)の地震記録を金井清ら¹⁾が分析した結果によれば、大洗地区で建物に被害を及ぼした地震の度数分布は殆んどゼロであり、また同地区で感知された地震の震源として推定されたもののうち建物に被害を生じたものは磐城沖($\Delta = 20 \sim 30\text{km}$)のものであって、鹿島灘及び内陸のものは震源が深く、構造物に被害を与えた記録はほとんどない。

図3はこれらの統計的解析によって得られた今後 100 年間に発生する可能性のある各地域の地表最高震度の期待値を表わす "Kawasumi = map"²⁾である。これによれば、大洗地区では、今後 100 年間に期待される地震の最大震度として 200Gal(地表)を想定すればよい。

また、明治30年~昭和30年の59年間の水戸における観測では、震度6(烈震)以上のものは記録されていない。この間の年平均地震回数は下表のとおりである。

東海村周辺における年平均地震回数

震度 1(微震)	0.8~ 2.5 Gal	88.3 回
〃 2(軽震)	2.5~ 8 〃	11.9
〃 3(弱震)	8 ~ 25 〃	3.6
〃 4(中震)	25~ 80 〃	0.6
〃 5(強震)	80~250 〃	0.2
有感地震合計		105 回

5.2 地盤の動力学的特性

大洗地盤の弾性波式地質調査によれば各地層の縦波横波の伝播速度(V_p 及び V_s)及びそれから導かれる動地盤係数 E_d は次表のごとくである。

地層の波動伝播速度と動弾性係数(JMTR区域)

地層	深さ	V_p (m/s)	V_s (m/s)	E_d (kg/cm ²)	摘要
ローム層	0 ~ 3m	300	80	340	炉建家基礎支持層
上部砂層	3 ~ 10	1,000	450	11,640	
粘土層	10 ~ 15	500	150	1,200	
下部飽水砂層	15 ~ 35	1,200	600	15,400	
砂礫層	35 ~ 200	1,700	900	43,800	
第三紀層	200 ~	2,500	(推定)1,500	135,000	

また同地域の地表での常時微動の観測結果によれば、地盤の卓越周期は約 1.0~1.2sである。

1) 金井清、吉沢静代「日本における建物に被害を受けた度数分布」東大震研彙報 28 卷 1~2 号(1950)

2) 河角広「わが国における地震危険度の分布」東大震研彙報 29 卷(1951)

5.3 設計のための想定最大地震

地震時の基礎の振動に関する研究によれば、基礎の速度スペクトル V は各種の振動周期にわたって一定と考えられ、その値は¹⁾

$$V = 2\pi \times 10^{0.61M - 1.731 \cdot \log_{10}\Delta - 1.47}$$

ここに M : 地震の大きさ(関東大地震の場合 $M=7.9$)

Δ : 震央からの距離(関東大地震の場合東海村で $\Delta=230\text{km}$)

いま図3を参照し、次の値を仮定すれば

$$M=7.5$$

$$\Delta=100\text{km}$$

$$V=2.77\text{cm/s}$$

となる。この値から基礎の加速度スペクトルを描くと図4を得る。

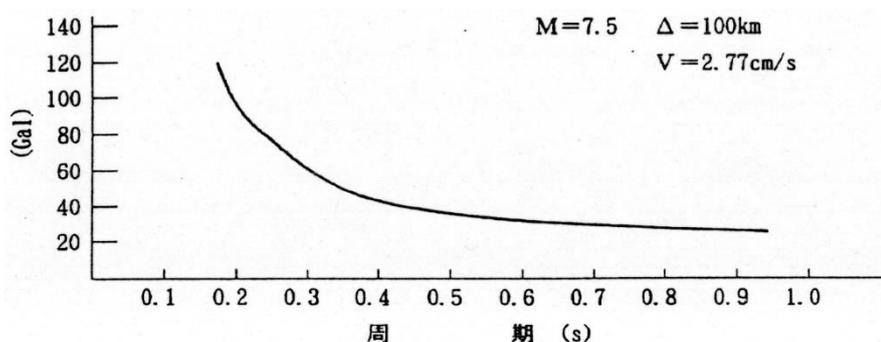


図4 予想最大地震の加速度スペクトラム

建物の固有周期が0.24~0.35間にあるものと想定すれば図4から共振の可能性を生じる地震加速度は

$$Y = V \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi V}{0.24 \sim 0.25} = 70 \sim 50\text{Gal}$$

となる。

地下の地震動振幅に対する地上の増幅比率は例えば東海村では $T=0.35$ で増幅比 $=A/21$ $A=3.0$ である。したがって、その周期での地表での加速度は $50 \times 3 = 150\text{Gal}$ と考えられている。

1) 金井清「A Study of Strong Earthquake Martlon」東大震研彙報 36巻(昭和33年)

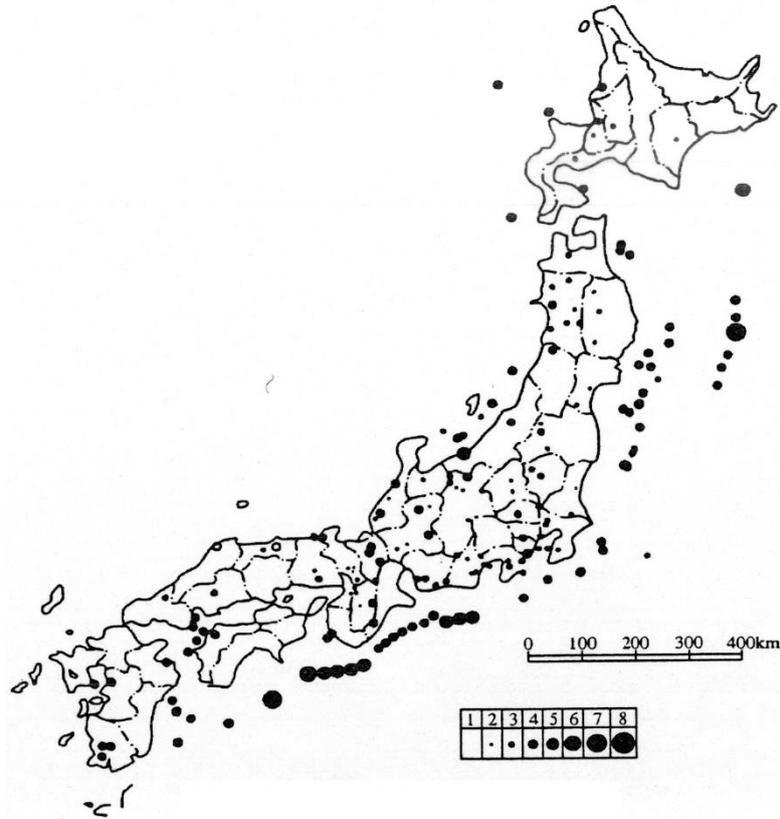


図2 日本古来の大地震分布図

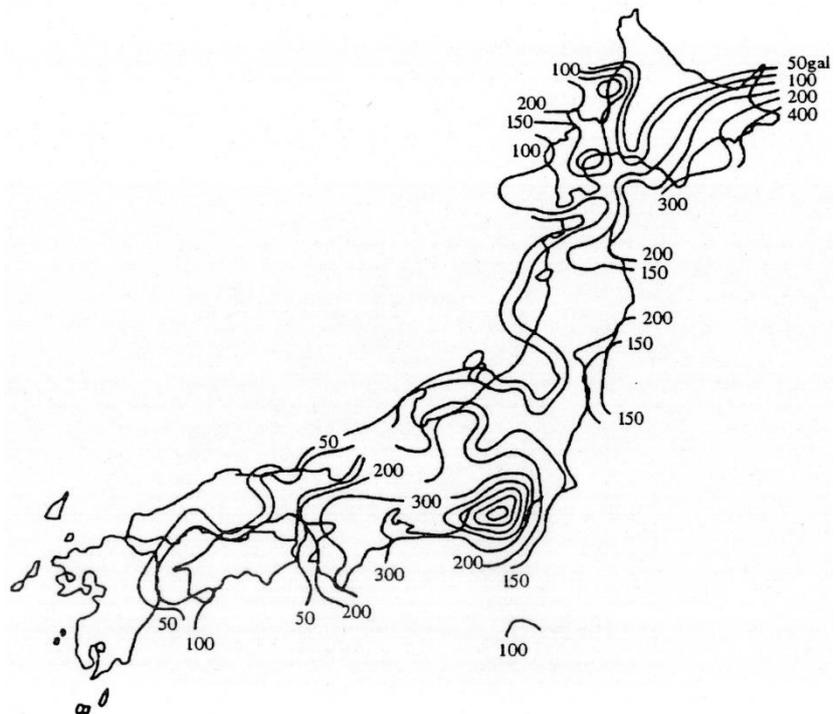


図3 今後100年間に来襲の可能性ある地震の最高震度期待値の分布(単位 gal)

1.3.3 設備等

1.4.5 主要施設の耐震構造

主要施設は、「1.4.3.2(2) 動的解析法」で示す解析により、それらの重要度に応じた耐震安全性を有していることを確認する。

1.4.5.1 原子炉格納施設及び原子炉建家

原子炉建家は、約 50m×約 48m のほぼ正方形の平面形状を有し、基礎底面からの高さが、約 55m の鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造及び鉄骨鉄筋コンクリート造)である。原子炉建家は、地表面下約 30m まで埋込まれ、基礎は安定な地盤に直接支持される。耐震設計に当たっては、原子炉建家の常時及び地震時の荷重が地盤に安全に伝達されるようにする。

原子炉格納容器は、原子炉建家のほぼ中央に收容され、鋼製上下部皿形鏡円筒型である。その内径及び全高は、それぞれ約 18.5m 及び約 30m であり、下部鏡部で原子炉建家基礎に固定される。

1.4.5.2 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器は、上部及び底部が半球形のたて置円筒型であり、それ自体が剛な構造である。その内径及び内高は、それぞれ約 5.5m 及び約 13.2m である。

原子炉圧力容器は、底部の圧力容器スカートで支持し、圧力容器スカートは、原子炉格納容器の内部コンクリート構造物にボルトで固定する。

更に、胴上部は、スタビライザによって、原子炉格納容器の内部コンクリート構造物で支持する。スタビライザは、原子炉圧力容器の熱膨張を拘束しないように、半径方向及び上下方向の伸びは自由とし、周方向のみを拘束する構造にすることで、水平地震動に対する原子炉圧力容器の振れ止めとなる。

即ち、原子炉圧力容器は、圧力容器スカートで下端固定、スタビライザで上部支持となっている。

1.4.5.3 制御棒駆動装置

制御棒駆動装置は、電動式駆動装置であり、原子炉圧力容器ふたに取付けられた制御棒スタンドパイプ内に収納される。制御棒スタンドパイプは、下部は原子炉圧力容器ふたに固定され、上部は防振支持梁で支持される。また、制御棒は、可撓性を有しており、地震時にも確実に炉心に挿入される。

1.4.5.4 炉内構造物

炉心に作用する水平力は、炉心周辺の固定反射体で支持する。固定反射体

は、炉心拘束機構により周方向に締め付けられ、地震時の変位は、炉心拘束機構のレストレイントリング及びラジアルキーを介して原子炉压力容器により拘束される。

1.4.5.5 炉心構成要素

炉心は、燃料体、制御棒案内ブロック等を積み上げて構成する。炉心構成要素は、それぞれダウエルピンとダウエルソケット構造により、水平方向に相互に位置決めされ、炉心は全体として炉内構造物により支持される。

1.4.5.6 1次冷却設備

1次冷却設備は、1次ヘリウム配管、中間熱交換器、1次加圧水冷却器、1次ヘリウム循環機等で構成する。

1次ヘリウム配管は、熱膨張及び耐震性を考慮した構造であり、二重管と単管により構成する。

1次ヘリウム配管の二重管の外管は、原子炉压力容器と中間熱交換器及び1次加圧水冷却器のノズルで支持する。

中間熱交換器は、コンスタントハンガで、1次加圧水冷却器は、支持コラムで、それぞれ上方より支持する。

中間熱交換器及び1次加圧水冷却器の支持構造は、熱膨張による変位を拘束せず、地震時には剛支持となるように、適切なスナバ若しくはダンパ等を設ける。

1次ヘリウム循環機は、中間熱交換器及び1次加圧水冷却器に、それぞれ短い配管により固定し、剛構造とする。

1.4.5.7 2次ヘリウム冷却設備

2次ヘリウム冷却設備は、2次ヘリウム配管、2次加圧水冷却器、2次ヘリウム循環機等で構成する。

2次ヘリウム配管は、高温となるため、熱膨張に対する十分な配慮を行った上で、地震時には剛支持となるように、中間熱交換器、2次加圧水冷却器等のノズルで支持する。

2次加圧水冷却器は、コンスタントハンガにて支持し、地震時には剛支持となるように、適切なスナバ若しくはダンパを設ける。2次ヘリウム循環機は、短い配管により2次加圧水冷却器に固定し、剛構造とする。

1.4.5.8 補助冷却設備

補助冷却設備は、補助ヘリウム配管、補助冷却器、補助ヘリウム循環機、

補助冷却水配管、空気冷却器、補助冷却水ポンプ、加圧器等から構成する。

補助ヘリウム配管は、二重管と単管により構成する。

補助ヘリウム配管、補助冷却器及び補助ヘリウム循環機は、高温となるため、熱膨張に対する十分な配慮を行った上で、地震時には剛支持となるように、スナバ若しくはダンパにより適切に支持する。

1.4.5.9 その他の設備

その他の機器・配管類については、運転荷重、地震荷重、熱膨張による荷重等により、不都合な応力が生じないように、必要に応じリジッドストップ、スナバその他の装置を使用して耐震性を確保する。

1.4.6 その他

1.4.6.1 地震感知器

ある程度以上の地震が起こった場合、原子炉を自動的に停止させるための地震感知器を設置する。

地震感知器は、試験及び保守が可能な原子炉建家の適切な場所に設置する。

1.4.6.2 耐震性の確認

原子炉施設のうち、安全上特に重要なものに対しては、必要に応じて振動試験、地震観測等により振動性状の測定を行い、また、それらの測定結果に基づく解析等により、施設の機能に支障のないことを確認するものとする。