

別添2

添付書類 六

変更に係る試験研究用原子炉等原子炉施設の場所に関する気象、地盤、水理、地震、
社会環境の状況に関する説明書

令和元年9月19日付け原規規発第1909192号をもって設置変更承認を受けた京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請書(研究用原子炉の変更)の添付書類六の記述について、以下のとおり変更する。なお、下線部は変更箇所を示す。

(1) 「6-2 地盤」の「6-2-2 敷地周辺の地形、地質・地質構造」の「c)中央構造線断層帯」の記述を以下のとおり追加する。

c)-3 地震本部(2017a)⁽⁹³⁾による知見

地震本部(2011)⁽¹²⁾による「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)の長期評価(一部改訂)について」(以下「第一版」と言う。)は、平成29年12月に改訂が行われて、「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-由布院)の長期評価(第二版)」(地震本部(2017a)⁽⁹³⁾、以下、「第二版」と言う。)として公表された。この改訂の骨子は、区間の追加、区間の再整理、活断層帯の全体像である。

区間の追加としては、第二版では金剛山地東縁から伊予灘に至る全長約360kmの区間に加え、豊予海峡から大分平野を通り、由布岳付近に至る豊予海峡-由布院区間まで西端を延長し、全長約444kmと評価している。具体的には、第一版の長さ360kmに、別府-万年山断層帯(第二版)のうち豊予海峡-由布院区間を中央構造線断層帯の一部として見直されたものである。また、この見直しに伴い、従来の別府-万年山断層帯が細分され、「万年山-崩平山断層帯の長期評価(第一版)」(地震本部,2017b)⁽⁹⁴⁾及び「日出生断層帯の長期評価(第一版)」(地震本部,2017c)⁽⁹⁵⁾として評価された。

区間の再整理としては、断層の活動区分が見直され、6つの区間に分割されていたものが、第二版では、金剛山地、五条谷、根来、紀淡海峡-鳴門海峡、讃岐山脈南縁東部、讃岐山脈南縁西部、石槌山脈北縁西部、伊予灘、豊予海峡-由布院の10区間に区分された。敷地への影響が大きい断層帯東部としては、和泉山脈南縁断層帯が五条谷断層と根来断層に区分されている。

活断層の形状の再整理としては、従来から地質境界断層と活断層としての中央構造線の関係について様々な議論がなされてきた傾斜角が主なものである。第二版では、根来断層の深部、地下6kmまでの傾斜角を、三波川帯とその北方の領家帯の地質境界のデータを参照して北傾斜35°と推定している(地震本部,2017a)⁽⁹³⁾。ただし、活断層としての中央構造線の深部傾斜角については、五条谷区間から伊予灘区間にかけて、この中角度(約40度)の推定だけでなく、地表の断層分布の形態から推定した高角度の推定も併記され、それぞれの主な主張が記載されるにとどまっている。

- (2) 「6-2 地盤」の「6-2-4 基礎地盤の安定性評価」の「(1)地震力に対する基礎地盤の安定性評価」の「1)解析条件」の「(c)解析モデル」及び「(d)入力地震動」の記述を以下のとおり変更する。なお、下線部は変更箇所を示す。

(c)解析モデル

解析モデルの作成に際しては、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008（日本電気協会,2008⁽⁸⁹⁾）を参考にした。解析用要素分割図を第 6-2-61 図及び第 6-2-62 図に示す。原子炉建屋は平面ひずみ要素、ビーム要素、ばね要素でモデル化し、モデル化にあたっては多質点系建屋モデルの振動特性と一致させる。

動的解析における境界条件は、モデル下端を粘性境界、側面をエネルギー伝達境界とする。また、常時応力を算定するための静的解析における境界条件は、モデル下端を固定境界、側面を鉛直ローラ境界とする。境界条件を第 6-2-63 図に示す。

(d)入力地震動

入力地震動は、解放基盤表面（GL-181m）で定義された基準地震動 S_s を 1 次元波動論によって地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。第 6-2-64 図に入力地震動の設定方法を示す。

応答スペクトル法に基づく手法による基準地震動 S_s-1 及び標準応答スペクトルに基づく基準地震動 S_s-10 については、水平動及び鉛直動の位相反転を考慮する。

- (3) 「6-2 地盤」の「6-2-4 基礎地盤の安定性評価」の「(1)地震力に対する基礎地盤の安定性評価」の「4)評価結果」の記述を以下のとおり変更する。なお、下線部は変更箇所を示す。

(a)すべり安全率

27 ケースの想定すべり面に対し、基準地震動 S_s-1 から S_s-9 における最小すべり安全率を南北断面、東西断面それぞれについて第 6-2-68 図及び第 6-2-69 図に示し、基準地震動 S_s-10 に対する南北断面及び東西断面については第 6-2-70 図に示す。南北断面における最小すべり安全率は 1.9 ($S_s-1 : + -$) で、東西断面では 2.1 ($S_s-1 : - -$) であり、いずれも評価基準値である 1.5 を上回る。

以上から基礎地盤はすべりに対して十分な安全性を有している。

- (4) 「第 6-2-4 表～第 6-2-7 表、第 6-2-68 図及び第 6-2-69 図」を以下のとおり変更するとともに、「第 6-2-70 図」を追加する。なお、下線部は変更箇所を示す。

第 6-2-4 表 基準地震動 Ss による支持地盤の最大鉛直応力度 (南北断面)

対象断面	基準地震動	地震時最大鉛直応力 (kN/m ²)
南北断面	Ss-1(+, +)	657 [T=13.69秒]
	Ss-1(+, -)	606 [T=13.57秒]
	Ss-1(-, +)	774 [T=18.67秒]
	Ss-1(-, -)	624 [T=18.01秒]
	Ss-2	429 [T=19.40秒]
	Ss-3	505 [T=19.41秒]
	Ss-4	536 [T= 7.98秒]
	Ss-5	596 [T=22.08秒]
	Ss-6	551 [T= 8.08秒]
	Ss-7	409 [T= 8.00秒]
	Ss-8	436 [T= 8.44秒]
	Ss-9	454 [T= 7.00秒]
	<u>Ss-10(+, +)</u>	<u>513</u> <u>[T= 6.89秒]</u>
	<u>Ss-10(+, -)</u>	<u>564</u> <u>[T= 8.11秒]</u>
<u>Ss-10(-, +)</u>	<u>589</u> <u>[T=14.75秒]</u>	
<u>Ss-10(-, -)</u>	<u>566</u> <u>[T= 7.10秒]</u>	

※ 基準地震動 Ss-1 及び Ss-10 の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す

第 6-2-5 表 基準地震動 Ss による支持地盤の最大鉛直応力度 (東西断面)

対象断面	基準地震動	地震時最大鉛直応力 (kN/m ²)
東西断面	Ss-1(+, +)	573 [T=14.79秒]
	Ss-1(+, -)	535 [T=22.08秒]
	Ss-1(-, +)	543 [T=22.45秒]
	Ss-1(-, -)	579 [T=13.57秒]
	Ss-2	396 [T=16.84秒]
	Ss-3	407 [T=16.82秒]
	Ss-4	481 [T= 7.95秒]
	Ss-5	414 [T=24.88秒]
	Ss-6	471 [T= 7.03秒]
	Ss-7	379 [T= 7.98秒]
	Ss-8	402 [T= 8.00秒]
	Ss-9	458 [T= 7.03秒]
	<u>Ss-10(+, +)</u>	<u>527</u> [T=14.75秒]
	<u>Ss-10(+, -)</u>	<u>509</u> [T= 8.11秒]
	<u>Ss-10(-, +)</u>	<u>515</u> [T=14.75秒]
<u>Ss-10(-, -)</u>	<u>478</u> [T= 8.12秒]	

※ 基準地震動 Ss-1 及び Ss-10 の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す

第 6-2-6 表 基準地震動 Ss による原子炉建屋基礎の最大傾斜角 (南北断面)

対象断面	基準地震動	最大相対変位量 $ \delta_{AY}-\delta_{BY} $	最大傾斜 $\frac{ \delta_{AY}-\delta_{BY} }{L}$
南北断面	Ss-1(+, +)	1.09cm [T=18.68秒]	1/2500
	Ss-1(+, -)	1.34cm [T=18.68秒]	1/2000
	Ss-1(-, +)	1.34cm [T=18.68秒]	1/2000
	Ss-1(-, -)	1.09cm [T=18.68秒]	1/2500
	Ss-2	0.64cm [T=19.90秒]	1/4300
	Ss-3	0.89cm [T=19.92秒]	1/3100
	Ss-4	0.82cm [T= 8.01秒]	1/3400
	Ss-5	0.63cm [T=25.32秒]	1/4400
	Ss-6	0.63cm [T=8.58秒]	1/4400
	Ss-7	0.61cm [T= 6.40秒]	1/4500
	Ss-8	0.60cm [T=5.43秒]	1/4600
	Ss-9	0.80cm [T= 7.31秒]	1/3400
	<u>Ss-10(+, +)</u>	<u>0.73cm</u> [T= 8.11秒]	<u>1/3800</u>
	<u>Ss-10(+, -)</u>	<u>0.72cm</u> [T= 8.12秒]	<u>1/3800</u>
	<u>Ss-10(-, +)</u>	<u>0.72cm</u> [T= 8.12秒]	<u>1/3800</u>
	<u>Ss-10(-, -)</u>	<u>0.73cm</u> [T= 8.11秒]	<u>1/3800</u>

※基準地震動 Ss-1 及び Ss-10 の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※最大相対変位量、最大傾斜は各基準地震動における最大値で、〔 〕はその発生時刻を示す。

第 6-2-7 表 基準地震動 Ss による原子炉建屋基礎の最大傾斜角 (東西断面)

対象断面	基準地震動	最大相対変位量 $ \delta_{AY}-\delta_{BY} $	最大傾斜 $\frac{ \delta_{AY}-\delta_{BY} }{L}$
東西断面	Ss-1(+, +)	0.89cm 〔T=18.67秒〕	1/3100
	Ss-1(+, -)	0.91cm 〔T=17.14秒〕	<u>1/3000</u>
	Ss-1(-, +)	0.91cm 〔T=17.14秒〕	<u>1/3000</u>
	Ss-1(-, -)	0.89cm 〔T=18.67秒〕	1/3100
	Ss-2	0.37cm 〔T=18.53秒〕	<u>1/7500</u>
	Ss-3	0.10cm 〔T=18.38秒〕	1/26700
	Ss-4	0.40cm 〔T= 7.94秒〕	1/7000
	Ss-5	0.43cm 〔T=24.90秒〕	<u>1/6500</u>
	Ss-6	0.63cm 〔T=7.07秒〕	1/4400
	Ss-7	0.34cm 〔T= 7.30秒〕	<u>1/8100</u>
	Ss-8	0.26cm 〔T=7.33秒〕	<u>1/10900</u>
	Ss-9	0.54cm 〔T= 7.46秒〕	<u>1/5100</u>
	<u>Ss-10(+, +)</u>	<u>0.59cm</u> 〔T=15.88秒〕	<u>1/4700</u>
	<u>Ss-10(+, -)</u>	<u>0.56cm</u> 〔T= 8.11秒〕	<u>1/5000</u>
	<u>Ss-10(-, +)</u>	<u>0.56cm</u> 〔T= 8.11秒〕	<u>1/5000</u>
	<u>Ss-10(-, -)</u>	<u>0.59cm</u> 〔T=15.88秒〕	<u>1/4700</u>

※基準地震動 Ss-1 及び Ss-10 の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※最大相対変位量、最大傾斜は各基準地震動における最大値で、〔 〕はその発生時刻を示す。

南北断面 評価結果 すべり安全率 —: 想定すべり面 ()は発生時刻(秒) 平成28年2月3日 国土交通省 国土院 国土院

基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率	基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率
Ss-1(+,+)		⑤	2.4 [18.63]	Ss-1(-,+)		⑤	2.0 [18.63]
Ss-1(+,-)		⑤	1.9 [18.64]	Ss-1(-,-)		27	1.9 [18.63]
Ss-2		⑤	3.3 [19.86]	Ss-3		⑤	2.8 [19.89]
Ss-4		⑤	2.7 [8.31]	Ss-5		①	3.5 [23.28]
Ss-6		⑤	3.8 [7.98]	Ss-7		⑤	3.9 [6.16]
Ss-8		⑤	4.8 [6.98]	Ss-9		⑤	3.6 [7.14]

※ 基準地震動Ss-1の(+,+)は位相回転なし、(-,+)=水平反転、(+,-)=軸面反転、(-,-)=水平反転かつ軸面反転を示す

第 6-2-68 図 基準地震動(Ss-1~Ss-9)によるすべり安全率の最小値 (南北断面)

東西断面 評価結果 すべり安全率

平成26年2月5日
審査委員会資料掲載

— :想定すべり面 ()は発生時刻(秒)

基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率	基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率
Ss-1(+,+)		⑤	2.3 [18.65]	Ss-1(-,+)		⑤	2.3 [39.02]
Ss-1(+,-)		⑦	2.2 [39.00]	Ss-1(-,-)		⑤	2.1 [18.66]
Ss-2		⑤	6.1 [18.68]	Ss-3		⑤	5.9 [18.40]
Ss-4		⑤	3.8 [8.01]	Ss-5		⑤	3.8 [22.91]
Ss-6		⑤	3.4 [7.06]	Ss-7		⑤	3.7 [6.20]
Ss-8		⑤	5.6 [5.91]	Ss-9		⑤	3.9 [8.68]

※ 基準地震動Ss-1の(++)+は位相反転なし、(-+)+は水平反転、(+)-は鉛直反転、(-)-は水平反転かつ鉛直反転を示す

**第 6-2-69 図 基準地震動(Ss-1～Ss-9)によるすべり安全率の最小値
(東西断面)**

南北断面 評価結果 すべり安全率 ———:想定すべり面 ()は発生時刻(秒)

基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率	基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率
Ss-10(+,+)		⑤	2.9 (6.20)	Ss-10(-,+)		⑤	3.4 (6.20)
Ss-10(+,-)		⑤	3.2 (6.20)	Ss-10(-,-)		⑤	3.0 (6.20)

※ 基準地震動Ss-10の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す

東西断面 評価結果 すべり安全率 ———:想定すべり面 ()は発生時刻(秒)

基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率	基準地震動	すべり面形状	すべり面番号	最小すべり安全率
Ss-10(+,+)		⑤	3.2 (6.21)	Ss-10(-,+)		⑤	3.1 (6.21)
Ss-10(+,-)		⑤	3.1 (6.21)	Ss-10(-,-)		⑤	3.2 (6.21)

※ 基準地震動Ss-10の(+,+)は位相反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す

第6-2-70図 基準地震動(Ss-10)によるすべり安全率の最小値

(5) 文献を以下のとおり追加する。

(93) 地震調査研究推進本部(2017a)：中央構造線断層帯(金剛山地東縁-由布院)の長期評価(第二版)

(94) 地震調査研究推進本部(2017b)：万年山-崩平山断層帯の長期評価(第一版)

(95) 地震調査研究推進本部(2017c)：日出生断層帯の長期評価(第一版)

(6) 「6-4 地震」の「6-4-6 基準地震動」の「(2)震源を特定せず策定する地震動」の「(3) 検討用地震の選定と震源近傍の観測記録の収集」の「(b)Mw6.5 未満の地震」の記述を以下のとおり変更する。

(b) Mw6.5 未満の地震

第 6-4-20 表に示した地震のうち、2000 年鳥取県西部地震及び 2008 年岩手・宮城内陸地震を除いた Mw6.5 未満の 14 地震について、震源近傍の観測記録を収集し、地震動レベルや観測点の地盤情報等について整理した。

その結果、加藤・他(2004)⁽⁵³⁾の地震動レベルとの対比から、2004 年北海道留萌支庁南部地震、2013 年栃木県北部地震、2011 年和歌山県北部地震、2011 年茨城県北部地震、2011 年長野県北部地震の 5 地震を抽出した。なお、観測記録のうち、2004 年北海道留萌支庁南部地震の観測記録については、信頼性の高い解放基盤波が得られているが、これ以外の 4 地震の観測記録については解放基盤波の算定結果の信頼性に課題を残し、更なる知見の蓄積が必要であり、今後とも継続的に知見の収集と基盤波評価のためのはぎ取り解析等の検討を進める必要がある。

以上を踏まえ、Mw6.5 未満の地震としては 2004 年北海道留萌支庁南部地震を対象とし、佐藤・他(2013)⁽⁶²⁾による震源近傍の K-NET 港町観測点(HKD020)での地表観測記録(最大加速度 1127 cm/s^2)から評価された解放基盤波を「震源を特定せず策定する地震動」の対象とする。この際、基盤地震動評価における地盤物性値等の妥当性を検討するとともに、GL-6m 以深の減衰定数を 3%とした場合の基盤地震動評価結果(水平成分)を採用した。第 6-4-58 図に水平動及び鉛直動の加速度波形と応答スペクトルを示す。なお、応答スペクトルには加藤・他(2004)⁽⁵³⁾による結果も併せて示した。

以上の検討を踏まえ、敷地の地盤物性(敷地解放基盤は $V_s=1.6\text{km/s}$ 程度)を考慮し、佐藤・他(2013)⁽⁶²⁾による 2004 年北海道留萌支庁南部地震による基盤地震動及び加藤・他(2004)⁽⁵³⁾が提案した応答スペクトルを「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルとして設定する。

(7) 「6-4 地震」の「6-4-6 基準地震動」の「(2)震源を特定せず策定する地震動」の「(3) 検討用地震の選定と震源近傍の観測記録の収集」の記述を以下のとおり追加する。

(c) 標準応答スペクトルに基づく地震動

第 6-4-21 表に示した標準応答スペクトルに適合するよう、地震基盤相当面 ($V_s=2200\text{m/s}$ 以上) における模擬地震波を作成し、地下構造モデルを用いて解放基盤表面における「標準応答スペクトルに基づく地震動」を設定する。模擬地震波は、複数の方法に基づき検討した結果から、一様乱数の位相を有する正弦波の重ね合わせによって作成する。振幅包絡形は、Noda et al.(2002)に基づく形状とし、模擬地震波の判定基準と併せて第 6-4-22 表に示す。作成した模擬地震波の時刻歴波形、応答スペクトル及び標準応答スペクトルに対する模擬地震波の応答スペクトル比を第 6-4-59 図及び第 6-4-60 図に示す。これらの図から、第 6-4-22 表に示した判定基準である標準応答スペクトルと模擬地震波の応答スペクトル値の比は 0.85 を上回っており、また応答スペクトル強さ (SI 値) の比は、水平動で 1.01、鉛直動で 1.03 となり、1.0 を超えている。

標準応答スペクトルに基づく地震動を評価するための地下構造モデルは、「6-4-5 敷地地盤の振動特性」の「(4)地盤構造モデル」の「(1)一次元速度構造モデル」で示した地盤モデルを用いた。標準応答スペクトルが定義される地震基盤相当面は、S 波速度(V_s)が $V_s=2200\text{m/s}$ 以上であることを踏まえ、第 6-4-5 表の $V_s=2436\text{m/s}$ の花崗岩上面である GL-184m として設定する。標準応答スペクトルに基づく地震動(基準地震動 S_s-10)の時刻歴波形及び応答スペクトルを第 6-4-61 図に示す。

- (8) 「6-4 地震」の「6-4-6 基準地震動」の「(1)敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の「(5)断層モデルを用いた手法による地震動評価」の記述を以下のとおり追加する。

(d) 中央構造線断層帯に対する地震本部(2017a)⁽⁷³⁾を踏まえた地震動評価への影響

地震本部(2011)⁽⁴⁹⁾による「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)の長期評価(一部改訂)について」(以下「第一版」と言う。)は、平成 29 年 12 月に改訂が行われて、「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-由布院)の長期評価(第二版)」(地震本部,2017a)⁽⁷³⁾ (以下、「第二版」と言う。)として公表された。その改訂の骨子は、区間の追加(断層全長の変更)、断層の活動区分の変更、断層傾斜角の評価である。第一版では全長を約 360 km (金剛山地東縁-伊予灘)と評価していたのに対し、第二版では全長を約 444km (金剛山地東縁-由布院)と西端を豊予海峡-由布院区間まで延長して評価しており、全長が約 80 km長くなっている。

一方、本節「(a)内陸地殻内地震」においては、第一版の中央構造線断層帯(長さ 360 km)に別府-万年山断層帯の連動の可能性を考慮し、全長約 480km の断層を基本モデルとして考慮し、地震動を評価している。この基本モデルは、第二版における中央構造線断層帯の全長と地震本部(2017b)⁽⁷⁴⁾における万年山-崩平山断層帯とを連動させたものに対応している。

以上から、第二版による断層全長が約 444 kmに変更された影響は、より長い全長を考

慮した基本震源モデルを設定しているとともに、本節「(a)内陸地殻内地震」に示すとおり、断層長が長くなっても地震動レベルが変わらないことを確認していることから、第二版による地震動評価への影響はない。

また、活動区分の変更としては、第二版では6区分から10区分に変更となり、和泉山脈南縁断層帯が五条谷区間と根来区間に分割されており、「(3) 震源モデルの設定」の「(a)内陸地殻内地震」の「(b)不確かさの考慮」によると、強震動の生成に大きく貢献するアスペリティの位置を敷地直下（五条谷断層と根来断層を跨ぐ）に配置しており、強震動評価への影響はない。なお、活断層としての中央構造線の傾斜角の評価としては、「6-2 地盤」の「6-2-2 敷地周辺の地形、地質・地質構造」の「(3)調査結果」の「(3)敷地周辺陸域及び海域の地質構造」の「(b)敷地を中心とする半径 30km 範囲内の活断層(陸域)」の「(c)中央構造線断層帯」の「(c)-3 地震本部(2017a)⁽⁹³⁾による知見」で述べたように、五条谷区間から伊予灘区間にかけて中角度(40 度)と高角度の両論が併記され、さらなる調査実施の必要性とその結果に基づく断層深部の傾斜角の見直しの可能性が示されている。これに関して、岡田(2020)⁽⁷⁵⁾は、地震本部が中央構造線全域で地質境界を中角度としている根拠について、四国東部では地質境界は地表まで高角度とする異なる見解を述べている。このように、地質境界や活断層の深部の傾斜角の推定は未だ研究の途上にあり、今後の調査の進展を引き続き注視する必要がある。こうした最近の議論を踏まえても、「(3) 震源モデルの設定」の「(a)内陸地殻内地震」の「(a)基本震源モデルの設定」で示した傾斜角 43 度という現時点の評価は、強震動予測に重要な地震規模の推定の不確かさを考慮する中で、大きな断層面積の評価や敷地への影響の観点から、活断層としての中央構造線の傾斜角の推定値として妥当なものとする。

(9) 「6-4 地震」の「6-4-6 基準地震動」の「(3)基準地震動 Ss の策定」の記述を以下のとおり変更する。

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を考慮して以下のように策定する。

1) 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 Ss

水平動に対しては、中央構造線断層帯による地震、上町断層帯による地震及び想定海洋プレート内地震の応答スペクトル法による評価結果を包絡するスペクトルとして策定し、その結果を第 6-4-62 図に示す。策定した応答スペクトルは、南海トラフ沿いの巨大地震（陸側ケース）及び想定海洋プレート内地震の断層モデルによる評価結果や「震源を特定せず策定する地震動」を包絡している（第 6-4-63 図）。一方、鉛直動については、想定海洋プレート内地震の応答スペクトル法による評価結果、全ての検討用地震の断層モデルによる評価結果や「震源を特定せず策定する地震動」の内、第 6-4-58 図に示した 2004 年北海道留萌支庁南部地震及び加藤・他(2004)⁽⁵³⁾によるスペクトルを包

絡するスペクトルとして策定し、第 6-4-64 図及び第 6-4-65 図にその結果を示す。策定した応答スペクトルを Ss-1 とし、水平動及び鉛直動の応答スペクトル値を第 6-4-23 表に示す。

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 Ss-1 は応答スペクトルに適合する模擬地震波で表すものとする。

模擬地震波は、応答スペクトルに適合する周期－振幅特性と一様乱数の位相をもつ正弦波の重ね合わせによって作成するものとし、振幅包絡線の経時変化は Noda et al.(2002)⁽³⁵⁾に基づき第 6-4-24 表に示す形状とする。模擬地震波 Ss-1 (水平) 及び Ss-1 (鉛直) の時刻歴波形や目標応答スペクトルと模擬地震波の応答スペクトルとの比をそれぞれ第 6-4-66 図及び第 6-4-67 図に示す。

2) 断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss

検討用地震のうち、南海トラフ沿いの巨大地震（陸側ケース）及び想定海洋プレート内地震の断層モデルによる評価結果（水平動）はすべて Ss-1 に包絡されるため、内陸地殻内地震（中央構造線断層帯及び上町断層帯による地震）における評価結果（統計的グリーン関数法のみ）から 1 秒以下の短周期領域で Ss-1 を超えるケースを選定し、基準地震動 Ss とする。結果として 8 ケースが選定され、長周期領域も含めたハイブリッド波を基準地震動 (Ss-2～Ss-9) とし、第 6-4-68 図及び第 6-4-69 図に示す。第 6-4-70 図にはそれらの応答スペクトルに加え、応答スペクトルに基づく手法による Ss-1、鉛直動で Ss-1 を短周期領域の一部で上回る標準応答スペクトルに基づく地震動(基準地震動 Ss-10)による応答スペクトル (第 6-4-61 図) も加え、Ss-1～Ss-10 までの 10 ケースの応答スペクトルを示す。また、Ss-1～Ss-10 の最大加速度を第 6-4-25 表にまとめて示す。

3) 基準地震動 Ss の超過確率の参照

参考として、日本原子力学会 (2007)⁽⁶³⁾の方法に基づいて敷地における地震動の一様ハザードスペクトルを求める。評価に使用する各種諸元は原則として地震本部(2013)⁽⁶⁴⁾に基づき、地震動伝播モデルは Noda et al.(2002)⁽³⁵⁾の方法を用いる。地震動評価のばらつきは対数標準偏差で 0.53 とし、内陸補正のあり・なしをロジックツリーの分岐 (第 6-4-71 図) として考慮する。

基準地震動 Ss との比較を第 6-4-72 図に示す。同図より、基準地震動の年超過確率は $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度である。

(10) 「6-4 地震」の「6-4-7 入力地震動の評価」の記述を以下のとおり変更する。

6-4-7 入力地震動の評価

策定した基準地震動 Ss-1～Ss-10 に対して原子炉建屋基礎盤位置での建屋入力地震動を評価する。

(1) 評価手法

「6-4-4 敷地地盤の振動特性」に示した解放基盤表面（GL-181m）から建屋基礎盤位置（GL-7.3m）までの1次元地盤構造モデルを用い、水平動に対して解放基盤表面（GL-181m）から建屋基礎盤位置（GL-7.3m）までの地盤の非線形特性を考慮した地震応答解析を実施し、建屋基礎盤位置（自由表面と仮定）における入力地震動を評価した。非線形地震応答解析に対しては、等価線形地震応答解析を原則とし、等価線形の適用限界を超える場合には時刻歴非線形地震応答解析を実施した。なお、鉛直動については線形地震応答解析により評価した。

(2) 評価結果

基準地震動 Ss-1～Ss-10 に基づく入力地震動を第 6-4-73 図～第 6-4-82 図に示す。Ss-1～Ss-9 までの水平動については時刻歴非線形地震応答解析の結果で、Ss-10 については等価線形地震応答解析の結果である。鉛直動はすべて線形地震応答解析結果である。図には、時刻歴加速度波形、応答スペクトル及び最大加速度分布及びせん断ひずみ分布を示す。

(11) 文献を以下のとおり追加する。

(73) 地震調査研究推進本部(2017a)：中央構造線断層帯(金剛山地東縁-由布院)の長期評価(第二版)

(74) 地震調査研究推進本部(2017b)：万年山－崩平山断層帯の長期評価（第一版）

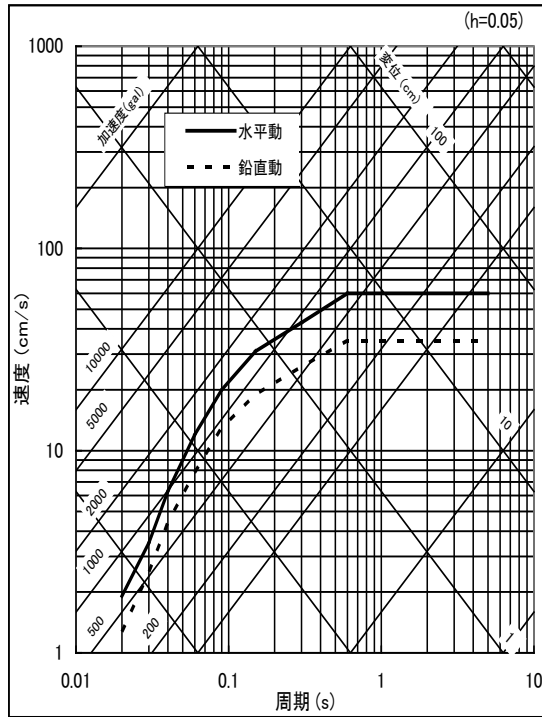
(75) 岡田篤正(2020)：中央構造線断層帯－最長活断層帯（四国）の諸性質－，古今書院

第 6-4-21 表 標準応答スペクトル

コントロールポイント

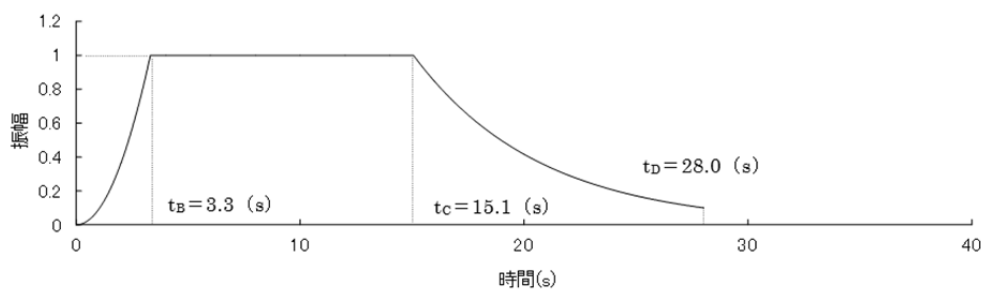
周期 (s)	水平動	鉛直動
	擬似速度 (cm/s)	擬似速度 (cm/s)
0.02	1.910	1.273
0.03	3.500	2.500
0.04	6.300	4.400
0.06	12.000	7.800
0.09	20.000	13.000
0.15	31.000	19.000
0.30	43.000	26.000
0.60	60.000	35.000
5.00	60.000	35.000

擬似速度応答スペクトル



第 6-4-22 表 模擬地震波の包絡形の経時的変化と策定の判定基準

	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		t_B	t_C	t_D
水平	28.0	3.3	15.1	28.0
鉛直	28.0	3.3	15.1	28.0



$$\begin{aligned}
 t_B &= 10^{0.5M-2.93} \\
 t_C - t_B &= 10^{0.3M-1.0} \\
 t_D - t_C &= 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6} \\
 E(t) &= \begin{cases} (t/t_B)^2 & 0 \leq t < t_B \\ 1 & t_B \leq t < t_C \\ \exp[(\ln 0.1)(t-t_C)/(t_D-t_C)] & t_C \leq t \leq t_D \end{cases}
 \end{aligned}$$

振幅包絡形の経時特性 (M6.9、 $X_{eq}10\text{km}$)

$$① R(T) = \frac{S_{v1}(T)}{S_{v2}(T)} \geq 0.85 \quad (0.02 \leq T)$$

T : 周期 (s)

$S_{v1}(T)$: 模擬地震波の応答スペクトル値

$S_{v2}(T)$: 目標とする応答スペクトル値

$$② SI\text{比} = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt} \geq 1.0$$

SI : 応答スペクトル強さ

$S_v(T)$: 模擬地震波の応答スペクトル (cm/s)

$\bar{S}_v(T)$: 目標とする応答スペクトル (cm/s)

T : 固有周期 (s)

模擬地震波の策定のための判定基準

第 6-4-23 表 応答スペクトル(Ss-1)のコントロールポイント

水平動

周期 (秒)	応答速度 (cm/s)
0.02	3
0.1	40
0.17	80
0.3	105
0.6	130
1.0	125
5.0	100

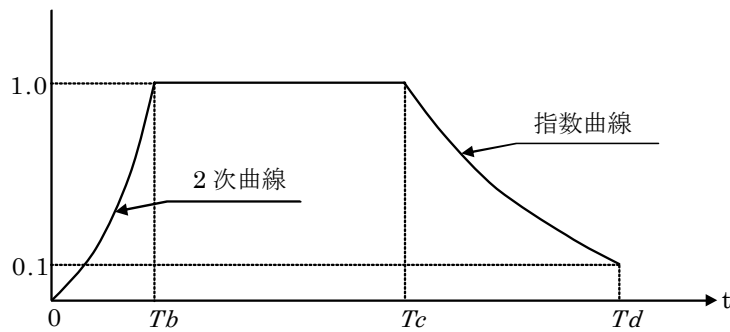
鉛直動

周期 (秒)	応答速度 (cm/s)
0.02	1.1
0.1	16
0.17	28
0.3	43
0.6	43
1.0	40
5.0	36

第 6-4-24 表 基準地震動 Ss-1 の模擬地震動策定手法

模擬地震波	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的变化 (s)		
		T_b	T_c	T_d
S s - 1 (水平)	62.5	11.7	36.8	62.5

上町断層帯の地震を想定し、
M=8.0、 $X_{eq}=15.9$ (km)として評価



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

$$T_c - T_b = 10^{0.3M - 1.0}$$

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

$$E(t) = \begin{cases} (T / T_b)^2 & 0 \leq T \leq T_b \\ 1.0 & T_b \leq T \leq T_c \\ e^{\frac{\ln(0.1)}{T_d - T_c}(T - T_c)} & T_c \leq T \leq T_d \end{cases}$$

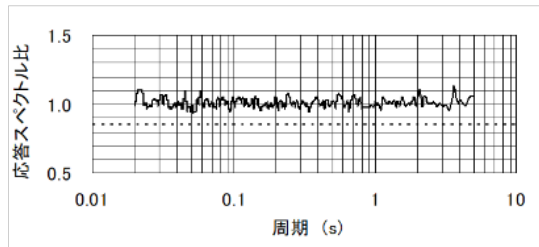
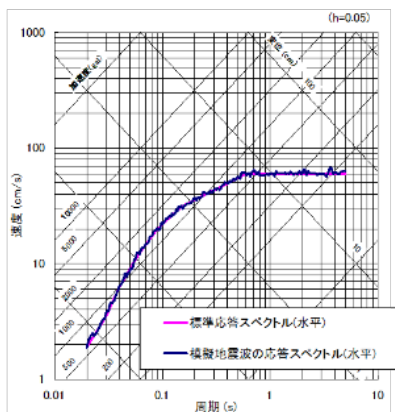
M: マグニチュード

X_{eq} : 等価震源距離

第 6-4-25 表 基準地震動 Ss-1～Ss-10 の最大加速度

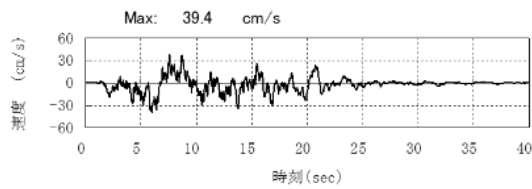
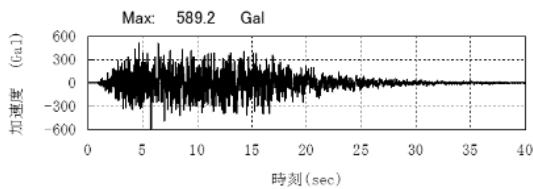
(cm/s²)

基準地震動				NS方向	EW方向	UD方向
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトル法	Ss-1	模擬地震波	944		358
	断層モデルを用いた手法	Ss-2	中央構造線断層帯 (モデル1、ケース1)	729	520	215
		Ss-3	中央構造線断層帯 (モデル1、ケース4)	1053	672	252
		Ss-4	中央構造線断層帯 (モデル1、ケース5)	673	1644	133
		Ss-5	上町断層帯 (モデル1、ケース1)	767	756	194
		Ss-6	上町断層帯 (モデル1、ケース4)	709	1184	213
		Ss-7	上町断層帯 (モデル1、ケース5)	649	674	170
		Ss-8	上町断層帯 (モデル1、ケース6)	566	683	196
		Ss-9	上町断層帯 (モデル2、ケース4)	699	1260	293
震源を特定せず策定する地震動(標準応答スペクトルによる)	応答スペクトル法	Ss-10	模擬地震波	607		400



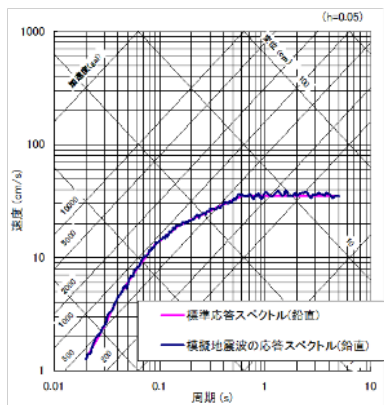
標準応答スペクトル(水平)と模擬地震波の
応答スペクトルの比

標準応答スペクトル(水平)と模擬地震波の
応答スペクトルの比較(減衰定数5%)

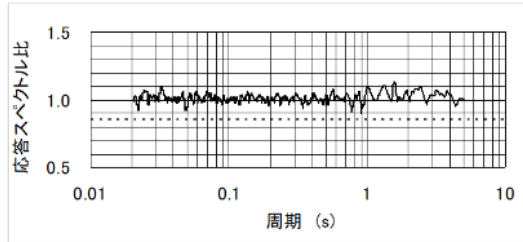


模擬地震波(水平)の加速度波形(左)と速度波形(右)

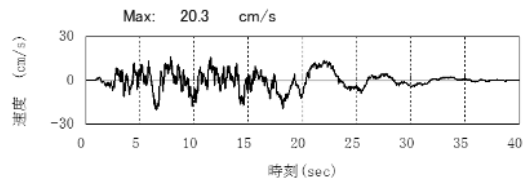
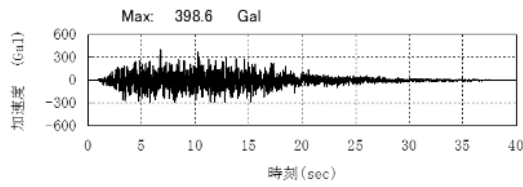
第 6-4-59 図 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波(水平動)



標準応答スペクトル(鉛直)と模擬地震波の
応答スペクトルの比較(減衰定数5%)

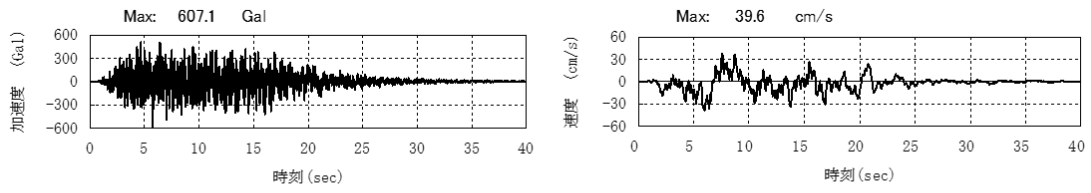


標準応答スペクトル(鉛直)と模擬地震波の
応答スペクトルの比

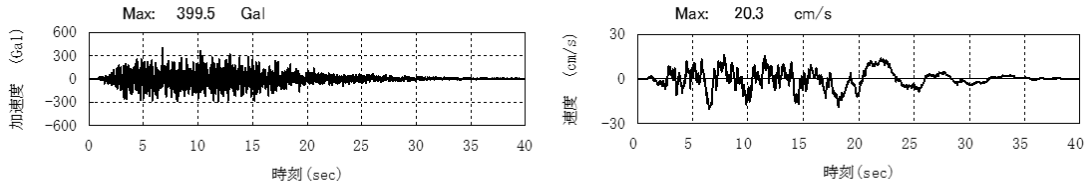


模擬地震波(鉛直)の加速度波形(左)と速度波形(右)

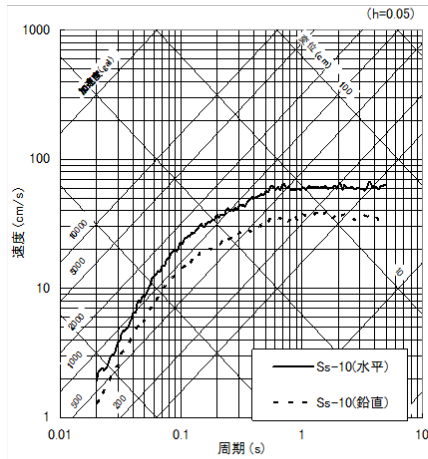
第 6-4-60 図 標準応答スペクトルに適合する模擬地震波(鉛直動)



水平動の加速度波形(左)と速度波形(右)

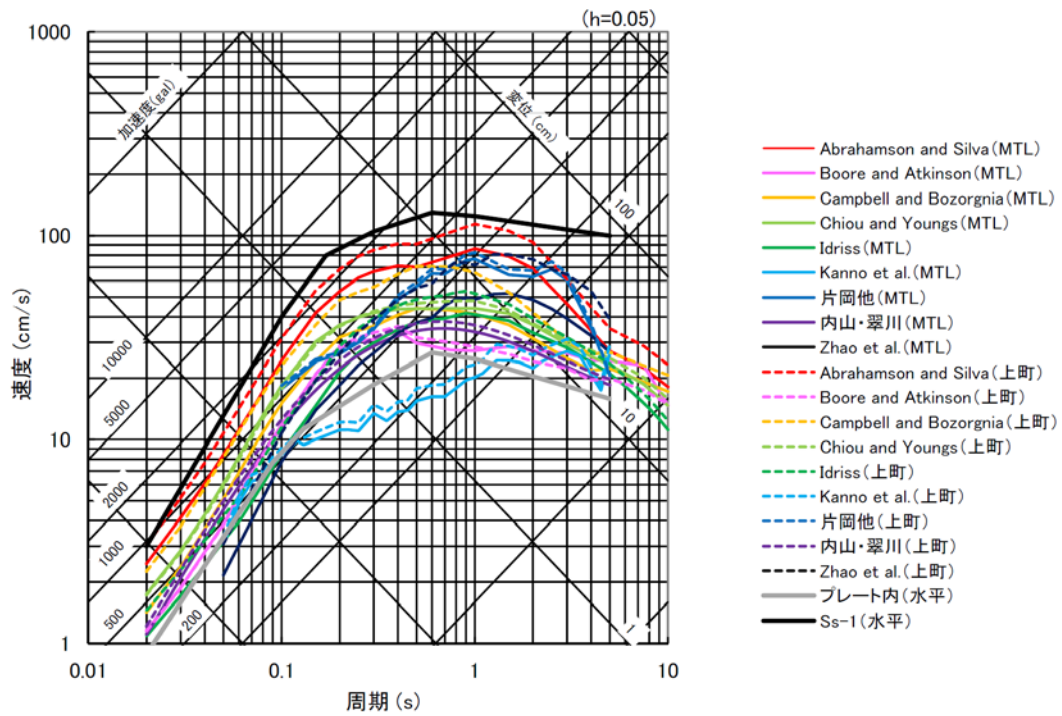


鉛直動の加速度波形(左)と速度波形(右)

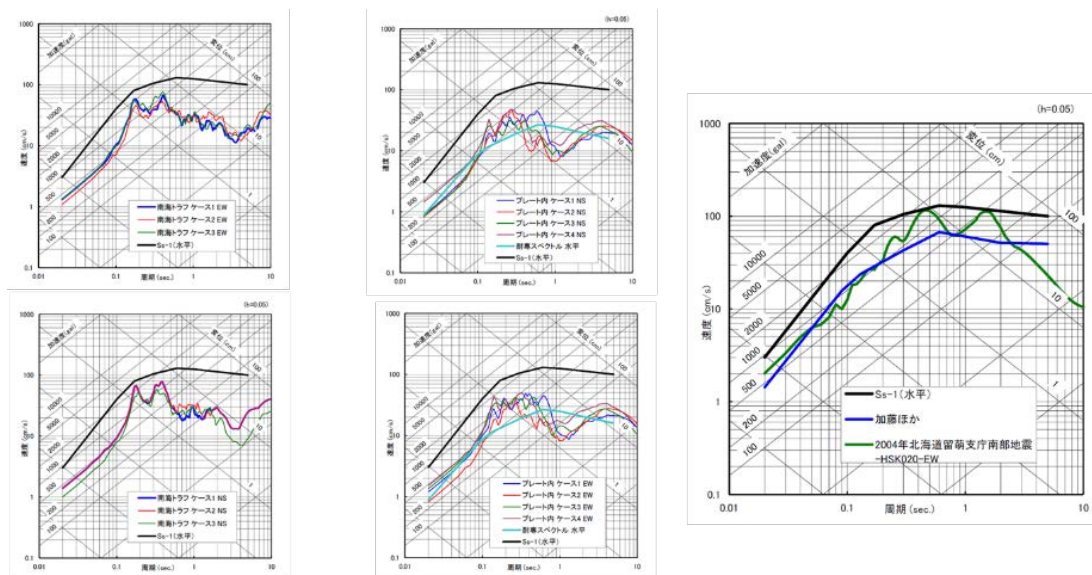


応答スペクトル(減衰定数5%)

第 6-4-61 図 基準地震動 Ss-10 の時刻歴波形と応答スペクトル



第 6-4-62 図 応答スペクトル法による基準地震動 Ss-1 (水平動)

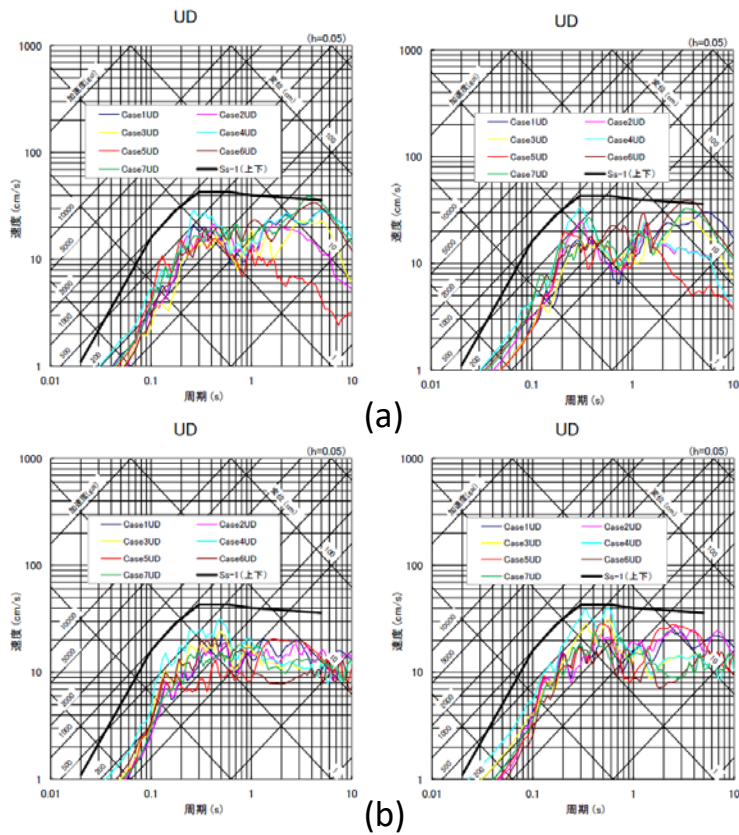


Ss-1(水平動)と南海トラフの巨大地震(左図)及び想定海洋プレート内地震(中図)の水平2成分、「震源を特定せず策定する地震動」の地震動評価結果(加藤スペクトル及び北海道留萌支庁南部の地震(EW成分))(右図)との比較



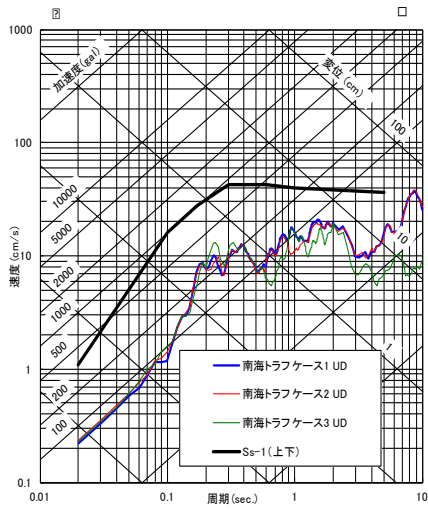
すべてSs-1(水平動)を下回っていることから基準地震動とはしない。

第 6-4-63 図 基準地震動 Ss-1 (水平動) と南海トラフ沿いの巨大地震(陸側ケース)、想定海洋プレート内地震による地震動及び震源を特定せず策定する地震動との比較

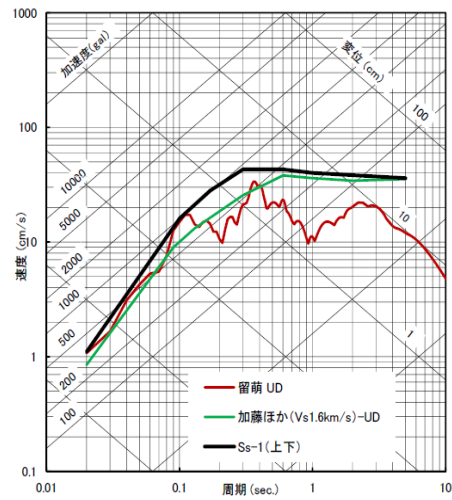


Ss-1(上下動)は、中央構造線断層帯(a)及び上町断層帯(b)による断層モデルによる結果を包絡する応答スペクトルとして設定する。
 (a)、(b)における左はモデル1、右はモデル2

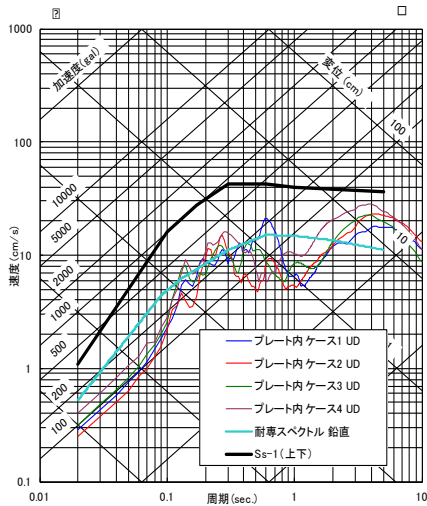
第 6-4-64 図 基準地震動 Ss-1 (鉛直動) と中央構造線断層帯及び上町断層帯による地震の地震動 (a)、(b) との比較



(c)



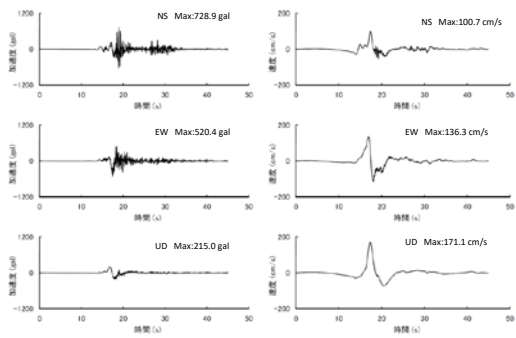
(e)



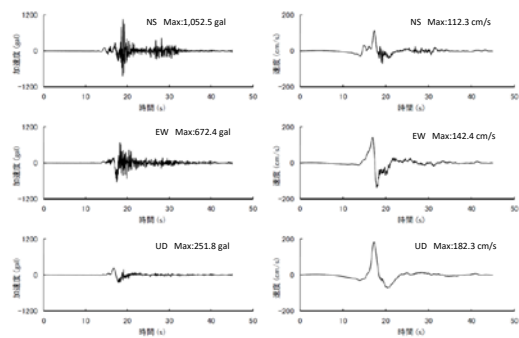
(d)

第 6-4-65 図

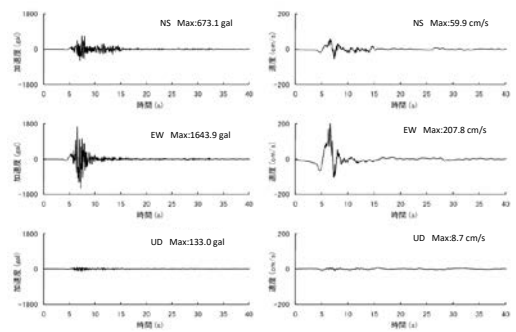
基準地震動 Ss-1 (鉛直動) と南海トラフ沿いの巨大地震 (陸側ケース) (c)、想定海洋プレート内地震の地震動 (d) 及び震源を特定せず策定する地震動 (e) との比較



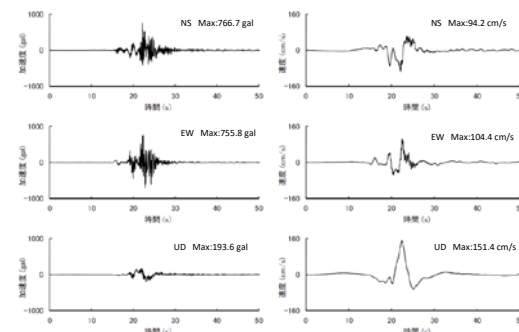
Ss-2 中央構造線断層帯 モデル1 ケース1



Ss-3 中央構造線断層帯 モデル1 ケース4

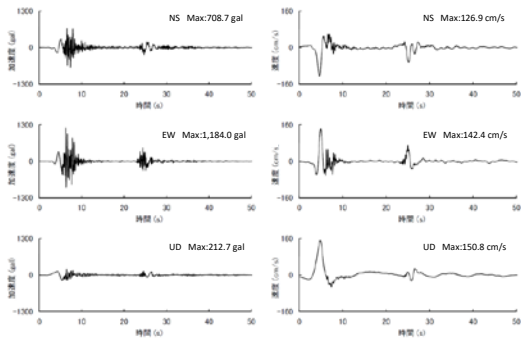


Ss-4 中央構造線断層帯 モデル1 ケース4

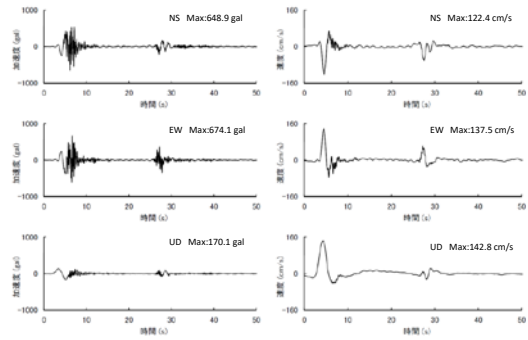


Ss-5 上町断層帯 モデル1 ケース1

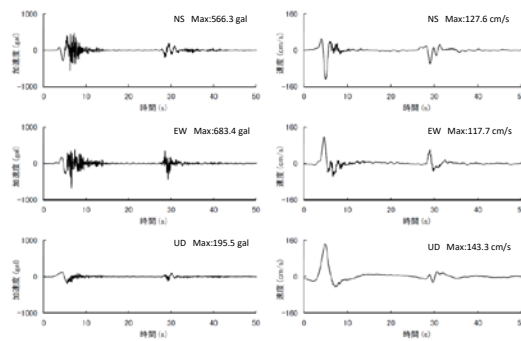
第 6-4-68 図 基準地震動 Ss-2~Ss-5 の時刻歴波形



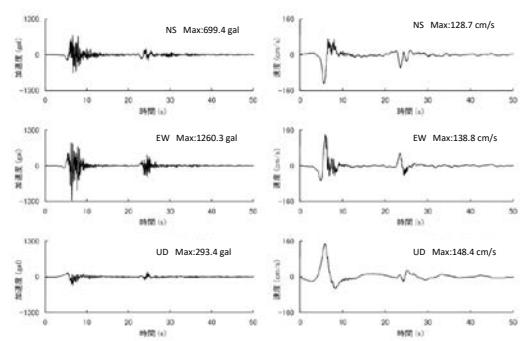
Ss-6 上町断層帯 モデル1 ケース4



Ss-7 上町断層帯 モデル1 ケース5

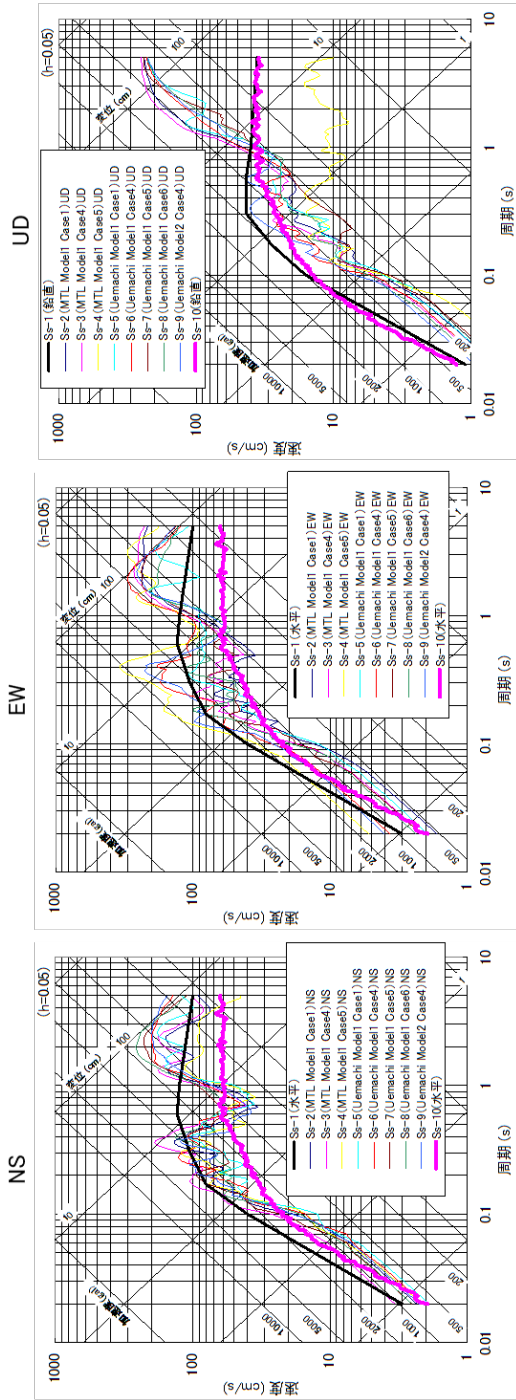


Ss-8 上町断層帯 モデル1 ケース6

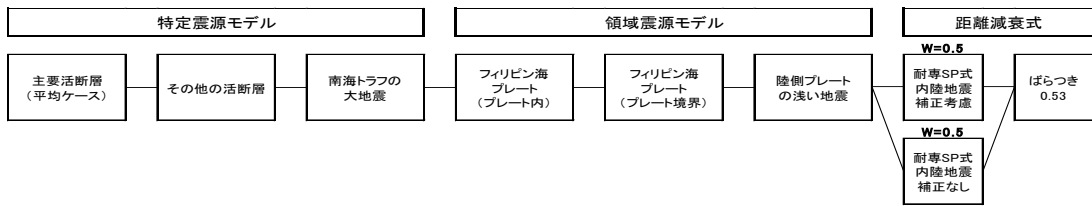


Ss-9 上町断層帯 モデル2 ケース4

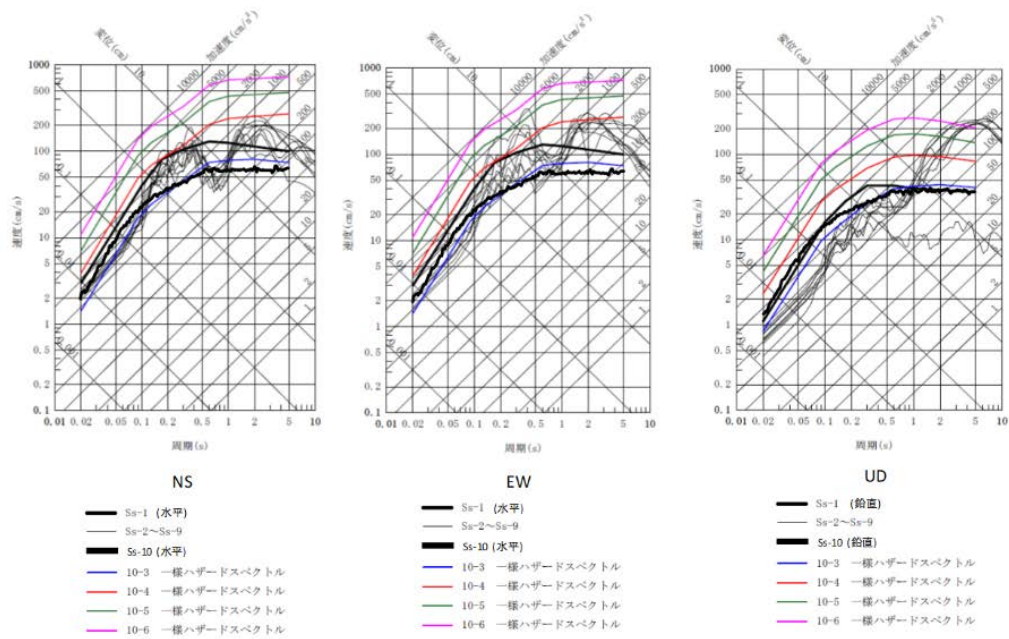
第 6-4-69 図 基準地震動 Ss-6~Ss-9 の時刻歴波形



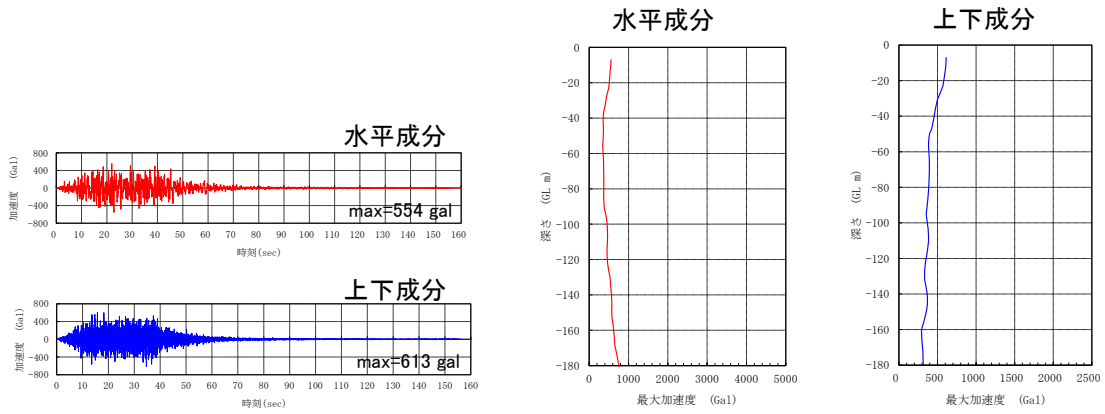
第6-4-70図 基準地震動 Ss-1~Ss-10 の応答スペクトル



第 6-4-71 図 ロジックツリーの分岐及び重み付け

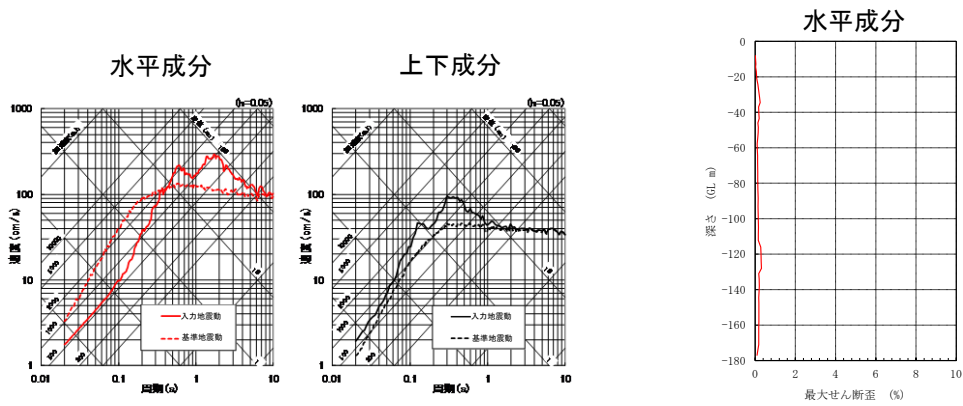


第 6-4-72 図 基準地震動 Ss-1~Ss-10 と一様ハザードスペクトルとの比較



加速度波形

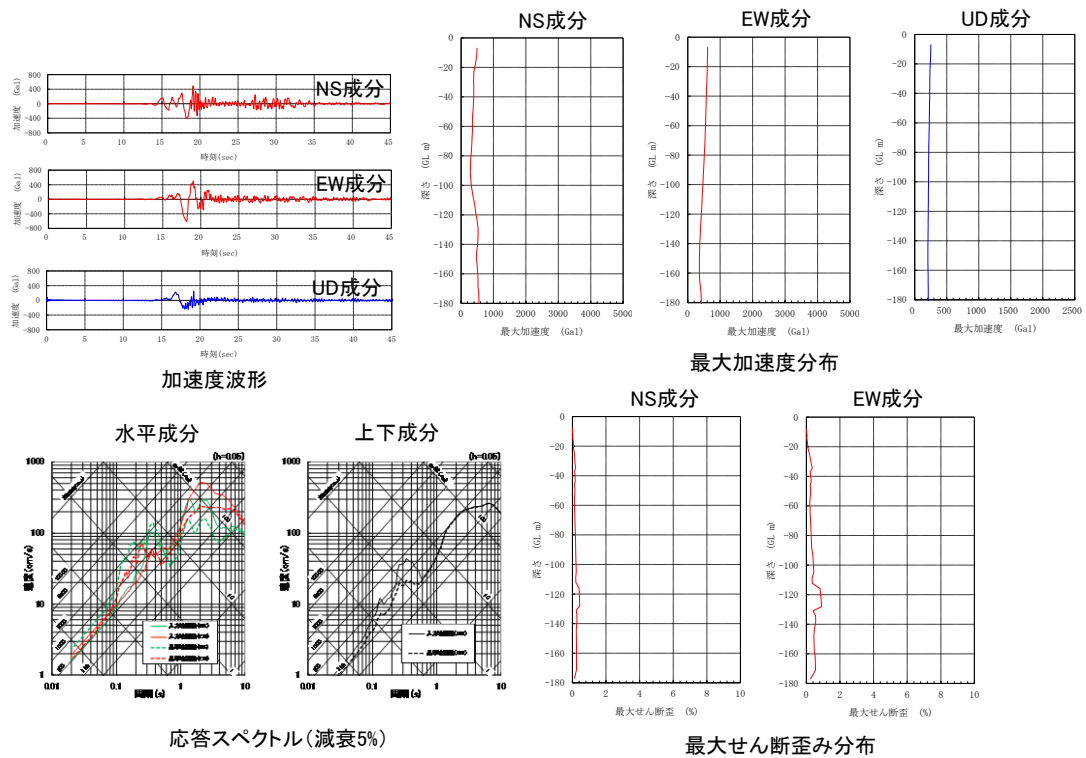
最大加速度分布



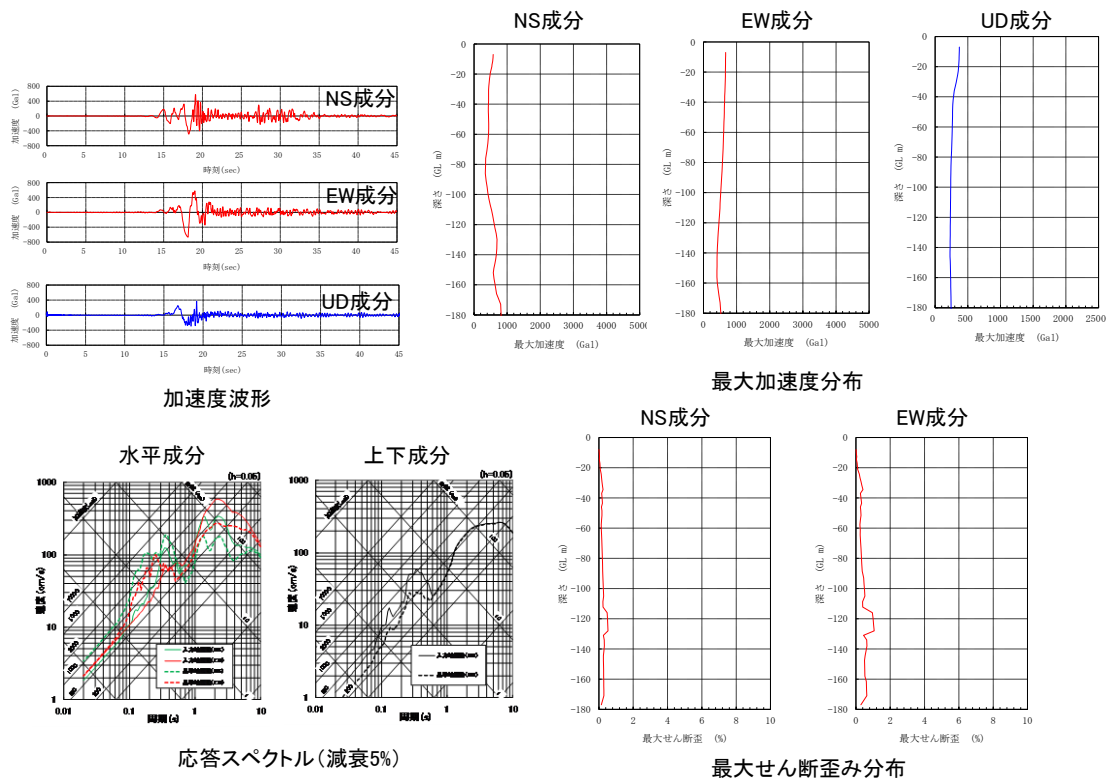
応答スペクトル(減衰5%)

最大せん断歪み分布

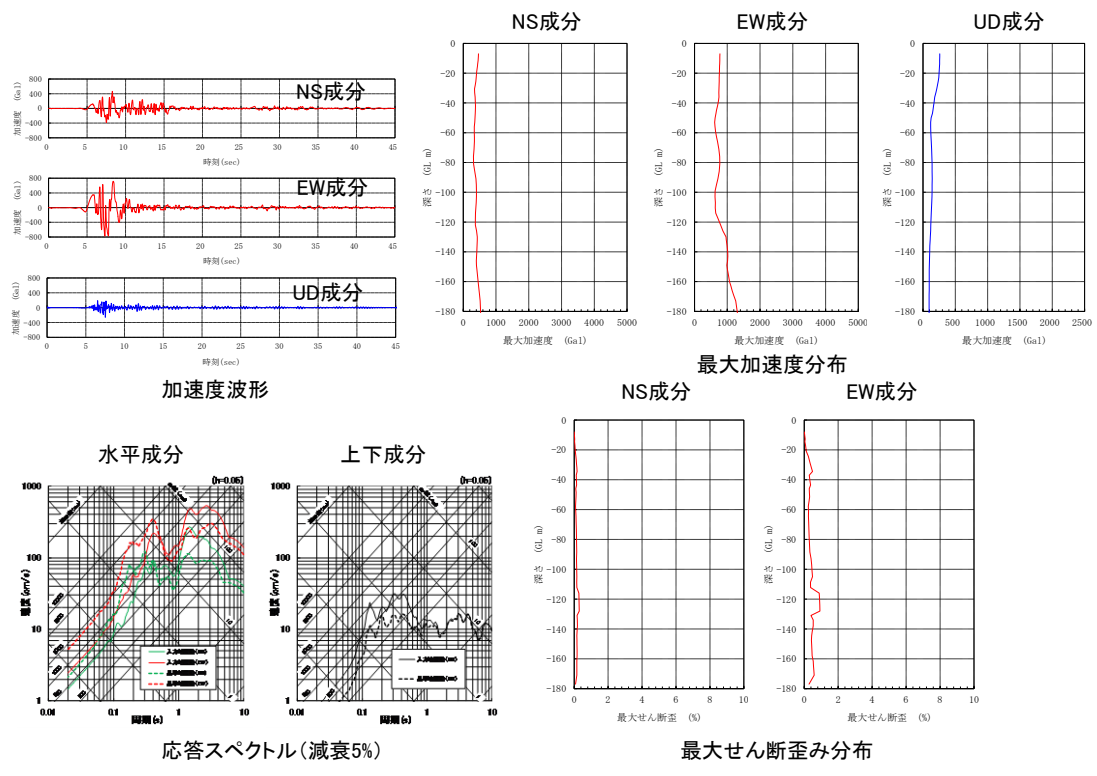
第 6-4-73 図 基準地震動 Ss-1 に基づく入力地震動



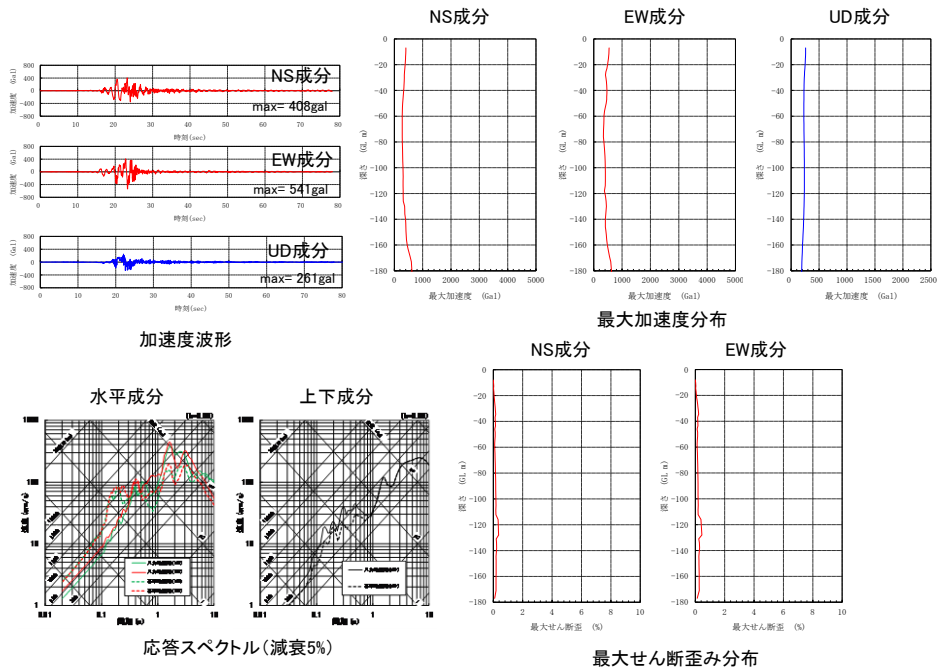
第 6-4-74 図 基準地震動 Ss-2 に基づく入力地震動



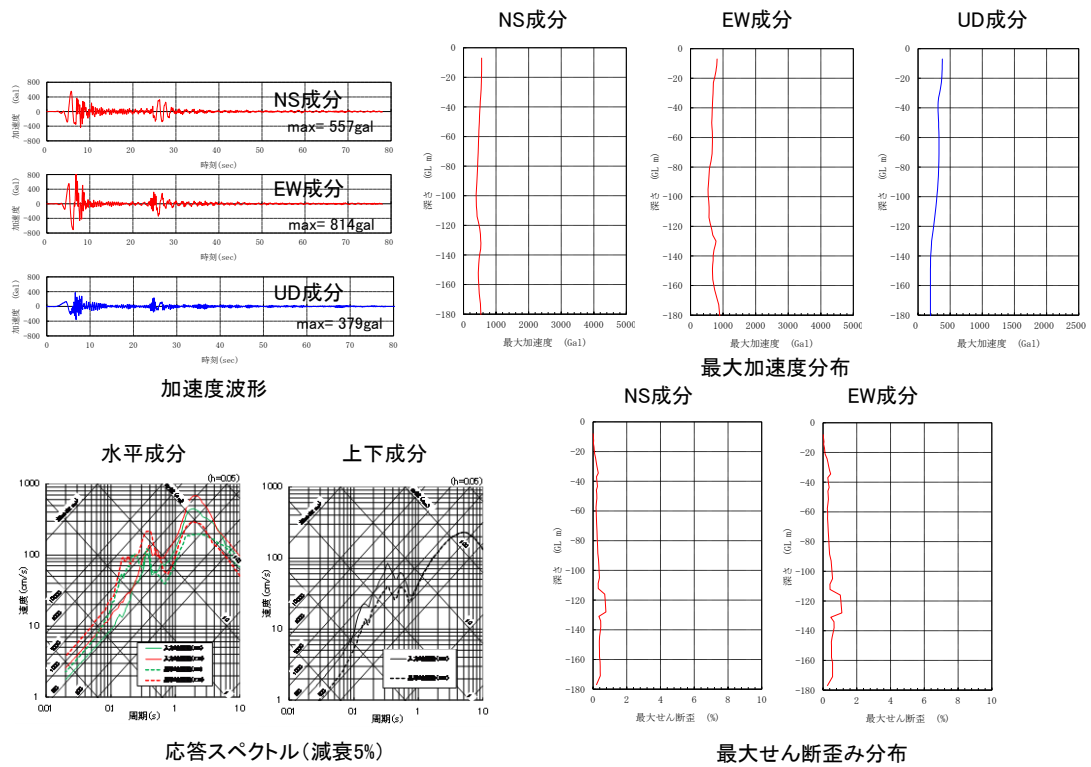
第 6-4-75 図 基準地震動 Ss-3 に基づく入力地震動



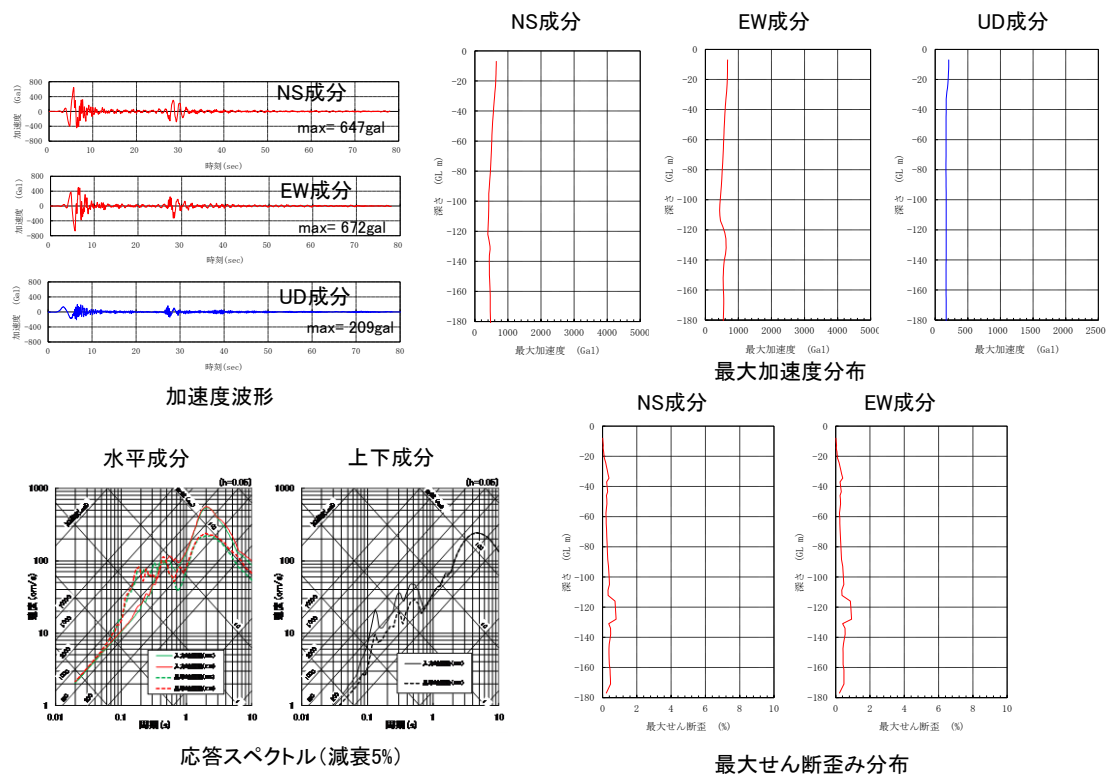
第 6-4-76 図 基準地震動 Ss-4 に基づく入力地震動



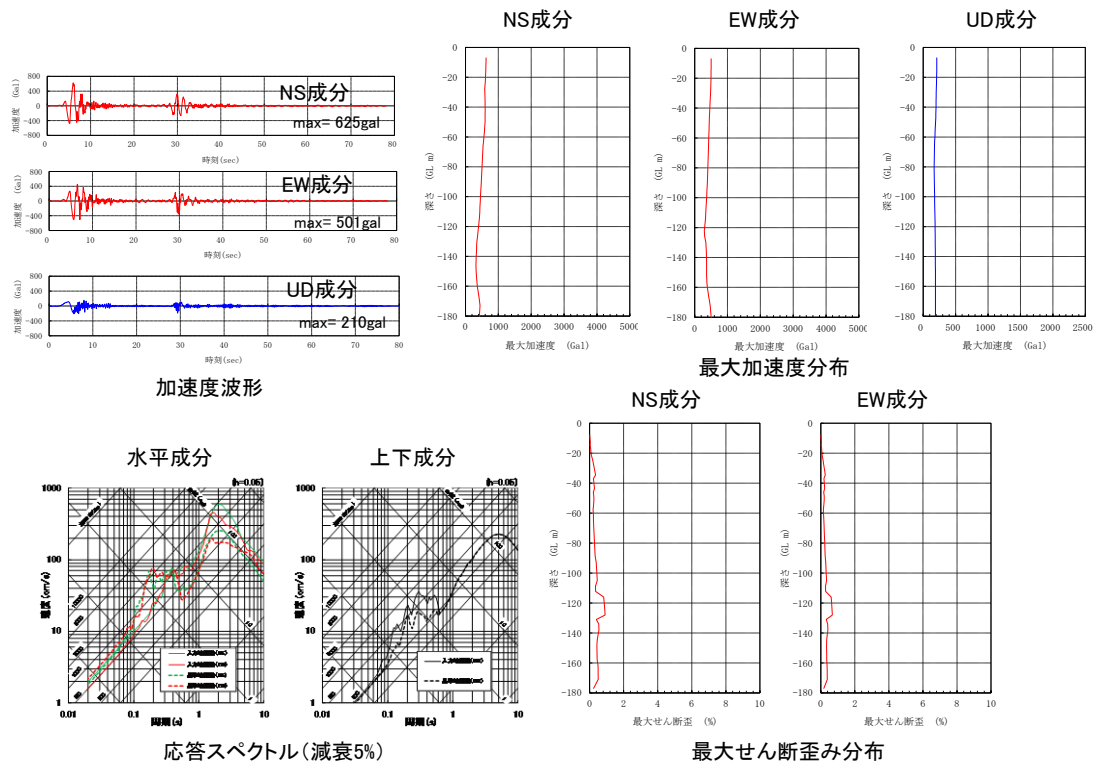
第 6-4-77 図 基準地震動 Ss-5 に基づく入力地震動



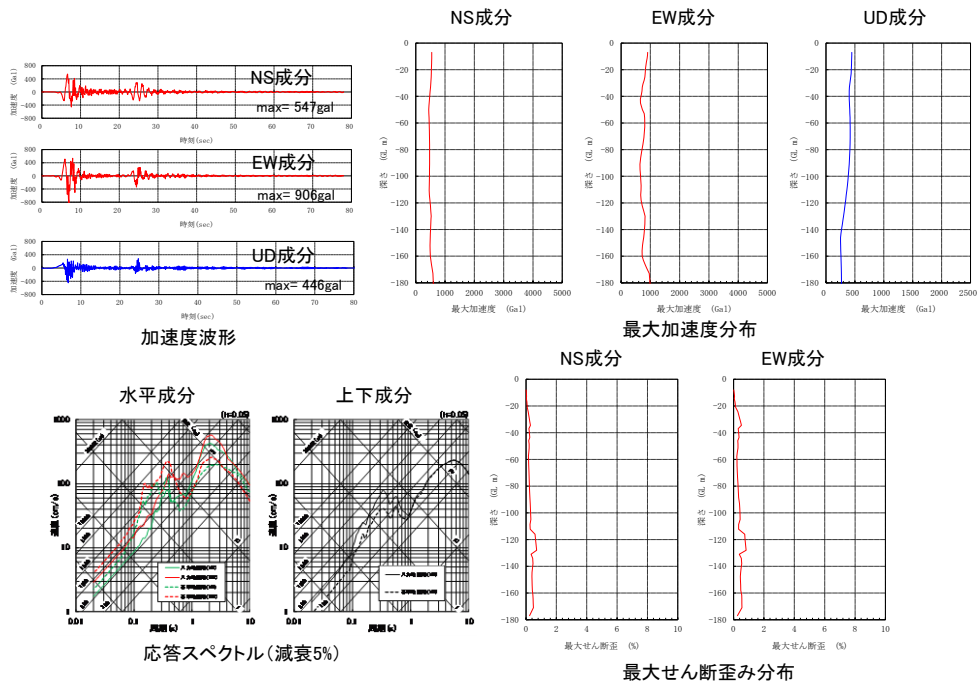
第 6-4-78 図 基準地震動 Ss-6 に基づく入力地震動



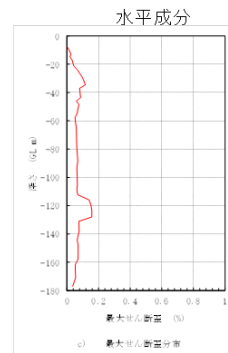
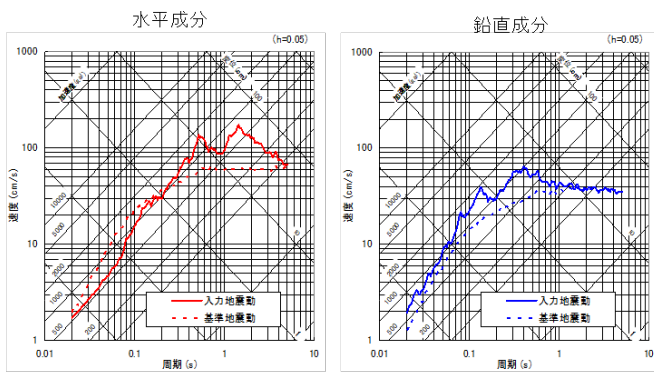
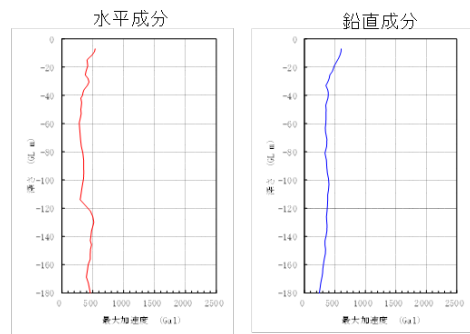
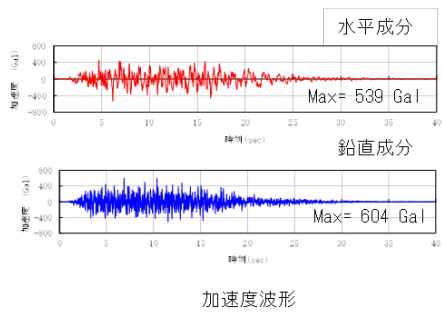
第 6-4-79 図 基準地震動 Ss-7 に基づく入力地震動



第 6-4-80 図 基準地震動 Ss-8 に基づく入力地震動



第 6-4-81 図 基準地震動 Ss-9 に基づく入力地震動



応答スペクトル(減衰5%)

最大せん断変形分布

第 6-4-82 図 基準地震動 Ss-10 に基づく入力地震動