

目 次

第 1	はじめに	4
第 2	地震に対する安全性の確認	4
1	地震に対する安全性確認の概要	4
2	安全上重要な原子炉施設を設置する地盤の変位について	5
(1)	概要	5
(2)	調査内容	5
(3)	基礎地盤の地質	6
(4)	断層の分布と活動性	6
3	基準地震動の策定	13
(1)	概要	13
(2)	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	13
①	敷地周辺の過去の地震発生状況から抽出する地震	13
②	活断層の分布状況から抽出する活断層	14
③	検討用地震の選定	15
④	検討用地震の地震動評価	16
(3)	震源を特定せず策定する地震動	16
(4)	基準地震動の策定	17
4	基礎地盤及び周辺斜面の安定性	41
(1)	概要	41
(2)	調査内容	41
(3)	基礎地盤の分類	41
(4)	基礎地盤の安定性	41
(5)	基礎底面の傾斜	42
(6)	周辺斜面の安定性評価	43

5	建物・構築物，機器・配管系の安全性の確認	44
	(1) 建物・構築物の安全性	44
	(2) 機器・配管系の安全性	45
6	津波に対する安全性の確認	46
	(1) 概要	46
	(2) 敷地周辺に影響を及ぼした過去の津波	47
	(3) 基準津波	47
	(4) 基準津波に対する安全性	47
	(5) 二次的な影響に対する評価	47
第3	まとめ	48

第1 はじめに

被告九州電力は、本件原子力発電所における安全性について平成24年5月17日付「答弁書」第6章で述べた。

その後、被告九州電力は、原子力規制委員会設置法の制定に伴う原子炉等規制法の改正を踏まえ、最新の知見を取り入れ、平成25年7月8日、原子力規制委員会へ、本件原子力発電所 原子炉設置変更許可、工事計画認可、保安規定変更認可を一括して申請し、現在、新規制基準への適合性審査が行なわれている。

本準備書面は、平成25年7月時点における地震及び津波に対する安全性について改めて主張を行うものであるが、本内容については、現在、国による審査の途中であり、審査の状況を踏まえ、今後必要に応じて再度主張を行う予定である。

本準備書面の記載の概要は以下のとおりである。

- ・ 安全上重要な原子炉施設は、活断層等の露頭がない地盤に設置していることを改めて確認。
- ・ 地震について、新たな知見（地震調査研究推進本部における評価等）を踏まえても、安全上重要な原子炉施設は、基準地震動に対し、安全であることを改めて確認。
- ・ 津波については、地震及び地震以外の要因の検討を実施し、新たな知見（地震調査研究推進本部における評価等）を取り入れた結果、津波高さに変更はあるものの、敷地高さは十分に高く、原子炉施設の安全性に影響がないことを改めて確認。

第2 地震に対する安全性の確認

1 地震に対する安全性確認の概要

被告は、以下で述べるように、本件原子力発電所に関し、地質調査等に基づき、安全上重要な原子炉施設を設置する地盤に将来活動する可能

性のある断層等はないことを確認するとともに、「基準地震動（最大加速度¹540ガル²）」を策定し、安全上重要な原子炉施設（表1）について、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ことを確認した。

表1 安全上重要な原子炉施設の例

原子炉格納容器, 原子炉容器, 1次冷却材ポンプ, 蒸気発生器, 加圧器, 余熱除去設備, 安全注入設備 ³ , 原子炉格納容器スプレイ設備, 非常用ディーゼル発電機, 制御棒クラスタ, 制御棒駆動装置など
--

2 安全上重要な原子炉施設を設置する地盤の変位について

(1) 概要

安全上重要な原子炉施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動による地盤の変位により安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、安全上重要な原子炉施設を設置する地盤（以下、基礎地盤という。）に、将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認する必要がある。

「将来活動する可能性のある断層等」については、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できない断層等とした。

(2) 調査内容

玄海原子力発電所の敷地において、地表地質調査、ボーリング調査等の詳細な調査を実施し、基礎地盤の地質や断層の分布及びその活動性を検討した。

(3) 基礎地盤の地質

基礎地盤付近の地質は、古第三紀⁴～新第三紀⁵に形成された佐世保層群を基盤とし、これに貫入した玢岩⁶と、これらを不整合に覆う八ノ久保砂礫層、東松浦玄武岩類及び沖積層によって構成されている。

このうち、基礎地盤を構成する主な地質は、砂岩⁷及び頁岩⁸から成る佐世保層群であり、相当な拡がりをもって広く分布していることを確認した。

(4) 断層の分布と活動性

3号炉及び4号炉の試掘坑⁹で確認された断層は計4本（G-1断層，G-2・4断層，G-3断層，G-5断層）であり、位置を図1に示す。

また、1号炉及び2号炉の試掘坑で確認された断層は計7本（g-1断層，g-2断層，g-3断層，g-4断層，g-5断層，g-6断層，g-7断層）であり、位置を図2に示す。

試掘坑で確認された断層は、①佐世保層群の層理¹⁰に走向がほぼ平行な断層（G-1断層，g-1断層，g-4断層，g-5断層，g-6断層，g-7断層），②佐世保層群の層理に走向がほぼ直交する断層（G-2・4断層，G-3断層），③佐世保層群に貫入した玢岩の岩脈¹¹に沿う断層（g-2断層，g-3断層）及び玢岩脈と同系統の断層（G-5断層）に区分した。

3号炉及び4号炉周辺で最も規模が大きいG-1断層は、3号炉及び4号炉南側の試掘坑（N坑，Y=425坑，S坑，G-1断層調査坑（Y=492坑，X=789坑））で確認された。ボーリング調査（F-1～F-5）によるG-1断層付近の地質鉛直断面図を図3に、G-1断層調査坑（Y=492坑）の地質展開図を図4に示す。本断層は佐世保層群の層理に走向がほぼ平行な逆断層¹²で、破碎幅¹³は最大45cmである。

1号炉及び2号炉周辺で最も規模が大きいg-1断層は、1号炉及び2号炉の試掘坑（連絡坑，中東横坑）及び1号炉基礎掘削面で確認した。本

断層は佐世保層群の層理に平行な断層のため変位は確認できないが、破碎幅は最大 40cm である。

G-2・4断層及びG-3断層は、いずれもその走向が佐世保層群の層理にほぼ直交する高角度の正断層¹⁴で、延長は短く破碎幅及び落差も小規模である。

3号炉及び4号炉の試掘坑で確認したG-5断層は、佐世保層群の地層と同走向であるが、傾斜は逆であり、近接する玢岩の岩脈と走向・傾斜が同系統であることから、玢岩の貫入に伴う局所的かつ小規模なものと判断した。また、1号炉及び2号炉の試掘坑で確認された玢岩の岩脈に沿う断層（g-2断層、g-3断層）は、No. 1横坑、連絡坑、中東横坑及び玢岩追跡坑（B）で確認され、約 100m 連続するが、その岩脈の延長である No. 2横坑では玢岩の岩脈と佐世保層群の境界は密着している。

G-1断層の活動性について検討するため、3号炉及び4号炉のN坑よりG-1断層の傾斜に沿ってG-1断層調査坑（Y=492坑）を掘削した。

その結果、本断層が基礎岩盤を被覆する東松浦玄武岩類中に延びていないことから、東松浦玄武岩類の噴出以前にその活動を終えたと判断した。

基礎掘削面地質観察結果によると、G-2・4断層の北西方向の延長部は本断層にほぼ直交する玢岩中に延びていないことから、G-2・4断層及び同系統のG-3断層は玢岩の貫入以前にその活動を終えたと判断した。

1号炉及び2号炉付近の佐世保層群に貫入している玢岩をトレンチ調査¹⁵により追跡調査した結果、玢岩は東松浦玄武岩類に覆われていることから、玢岩の貫入時期は佐世保層群の堆積後から東松浦玄武岩類の噴出前の間であり、玢岩の岩脈に沿う断層及び同系統の断層の生成時期及び活動時期も同様と判断した。なお、3号炉及び4号炉の試掘坑においてG-1断層が幅約 1.5m 及び約 3m の2本の玢岩を変位させていることを確認しており、玢岩の貫入時期はG-1断層の活動よりも古いと判断した。

以上より、基礎地盤付近に認められる断層の生成時期及び活動時期はすべて東松浦玄武岩類の噴出時期よりも古いと考え、少なくとも新第三紀鮮新世¹⁶以降における活動はなく、基礎地盤に将来活動する可能性のある断層等はないと判断した。

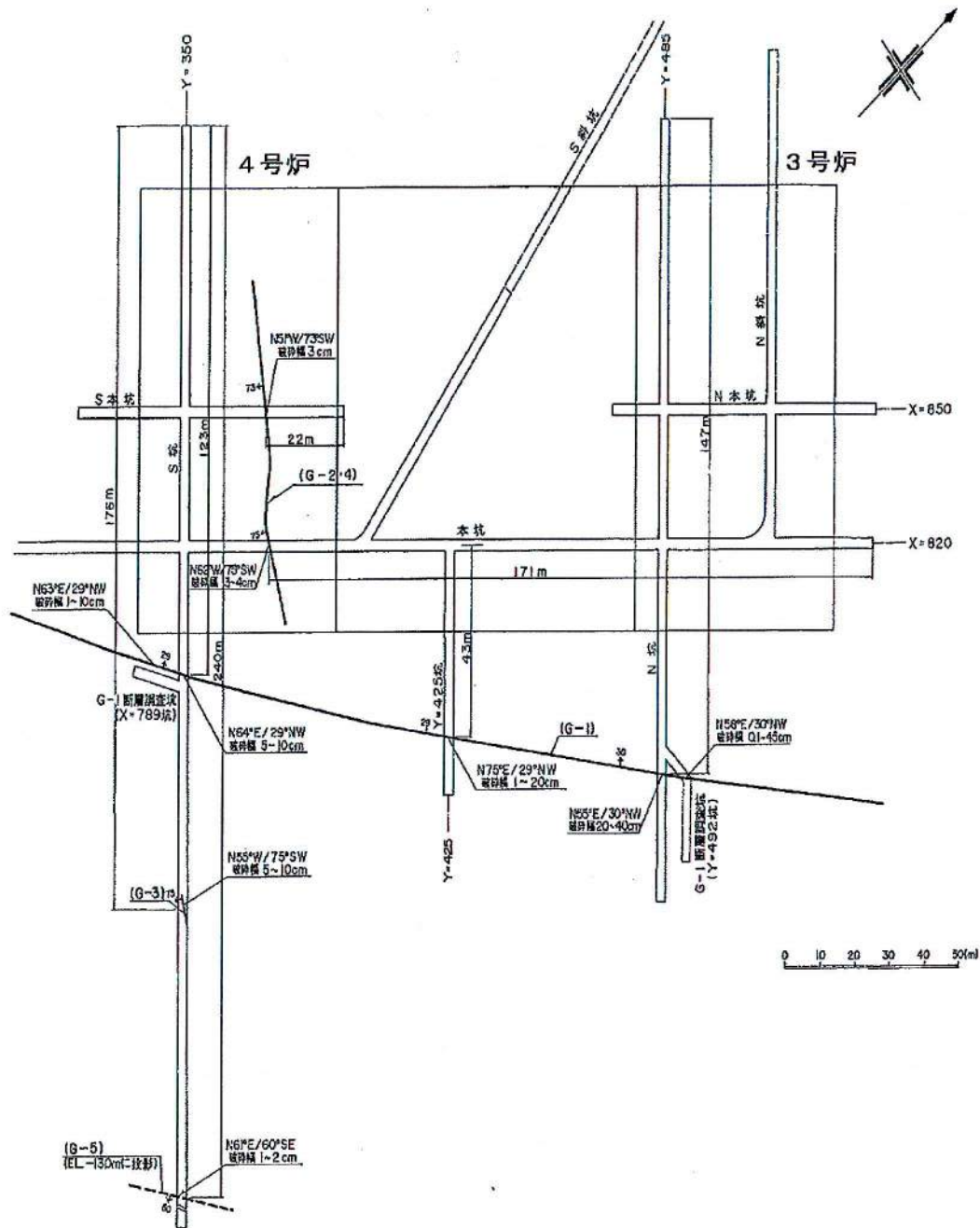


図1 3号及び4号炉の試掘坑で確認された断層位置図

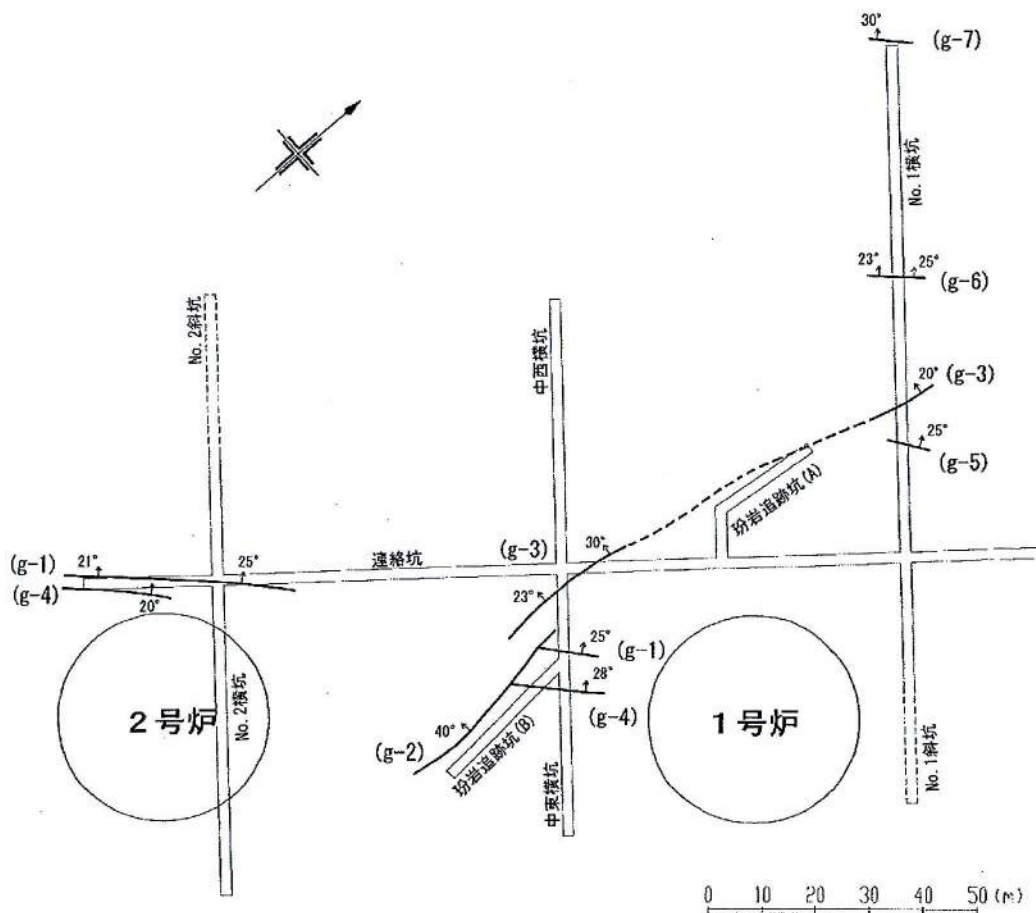


図2 1号及び2号炉の試掘坑で確認された断層位置図

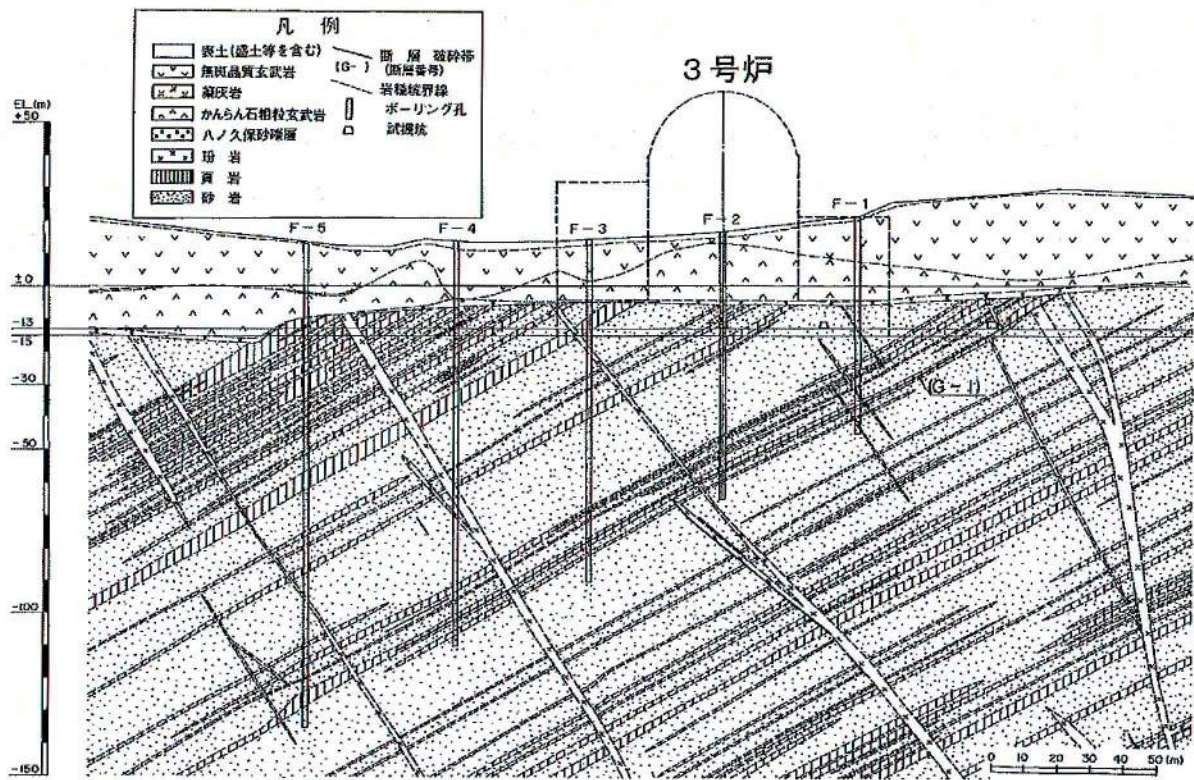


図3 G-1断層付近の地質鉛直断面図

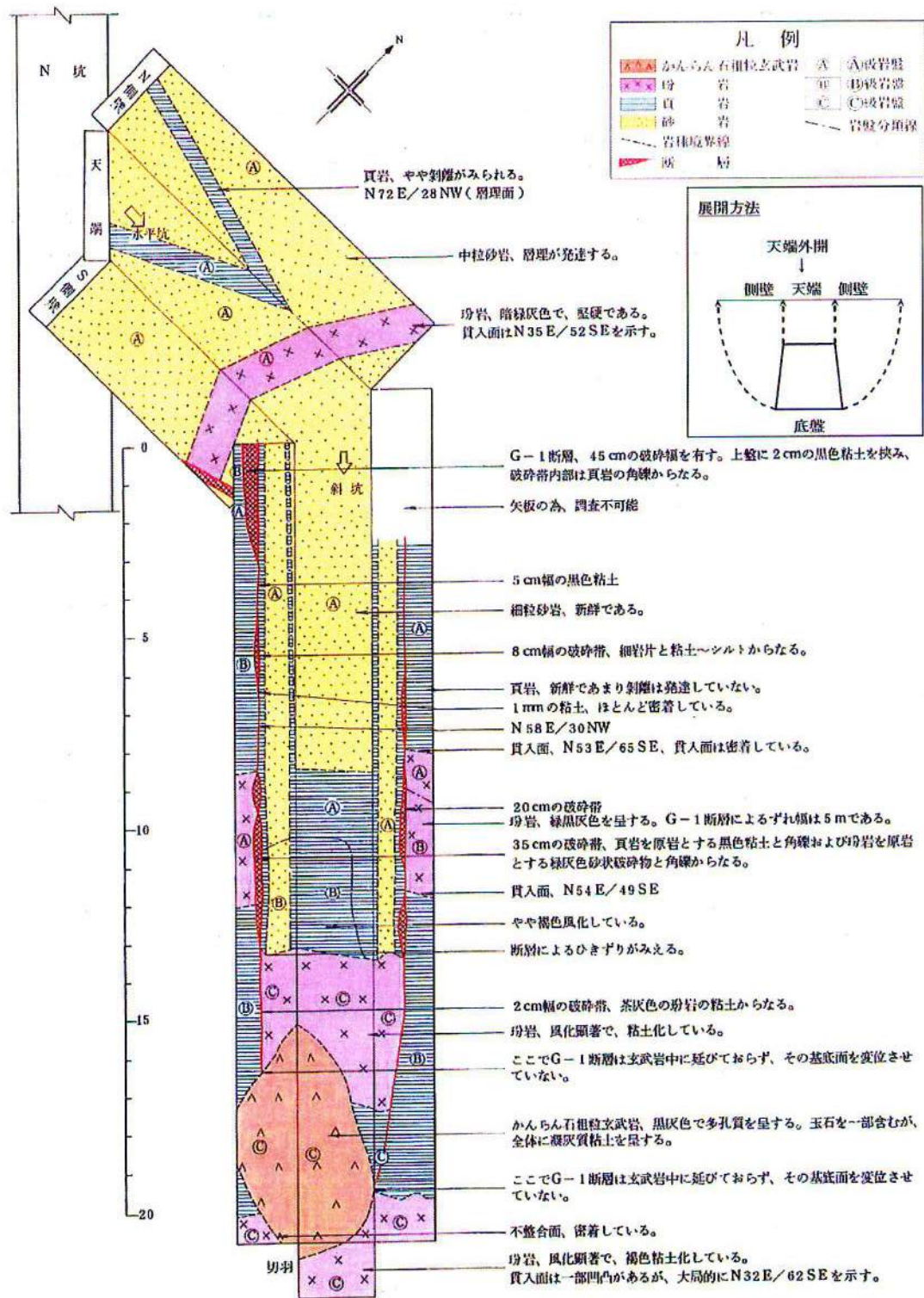


図4 G-1断層調査坑(Y=492坑)の地質展開図

3 基準地震動の策定

(1) 概要

基準地震動の策定については、まず、敷地周辺における活断層や敷地周辺における過去の地震発生状況等を考慮して、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、敷地における応答スペクトル¹⁷に基づく地震動評価¹⁸及び断層モデルを用いた手法による地震動評価¹⁹を実施し、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」を評価した。

次いで、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²⁰の全てを事前に評価しうるとは言い切れないとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」を評価した。

最後に、「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、基準地震動を策定した。

基準地震動の策定フローを図5に示す。

(2) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

① 敷地周辺の過去の地震発生状況から抽出する地震

日本国内の被害地震に関する地震史料や明治以降の地震観測記録を基に、主な地震の震央位置、地震規模等を取りまとめた地震カタログ²¹を用いて、敷地から200km程度以内の被害地震の震央分布を図6に示す。

図6によると、敷地から半径100km以内において、陸域及び海域の浅いところで発生する内陸地殻内地震として、679年筑紫の地震（M6.5～7.5）、1700年壱岐（壱岐）・対馬の地震（M7.0）及び2005年福岡県西方沖地震（M7.0）が発生している。敷地からの震央距離が200km程度の日向灘周辺から九州地方内陸部にかけて、海洋プレート内地震である1909年宮崎県西部の地震（M7.6）が発生している。また、敷地からの

震央距離が 200km 程度を超える日向灘周辺では、M7クラスの地震が見られる。

その他の地震として、雲仙普賢岳の噴火活動に伴って発生した 1792 年雲仙岳の地震 ($M6.4 \pm 0.2$) がある。

気象庁震度階級関連解説表(2009)によれば、震度 5 弱の現象や被害として、耐震性が低い木造建物(住宅)は、『壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。』とされている。また、震度 5 強の現象や被害として、耐震性が低い木造建物(住宅)は、『壁などにひび割れ・亀裂がみられることがある。』、耐震性が低い鉄筋コンクリート造建物は、『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。』とされている。

したがって、地震によって建物等に被害が発生するのは、震度 5 弱程度以上であり、敷地に大きな影響を与えた地震として、震度 5 弱程度以上を目安に選定する。

図 6 に示した地震について、震央距離を横軸、マグニチュードを縦軸として描いたものが図 7 であり、敷地における旧気象庁震度階級区分も書き加えている。

この図によると、敷地で震度 5 弱程度以上となる地震には、1700 年沓岐・対馬の地震及び 2005 年福岡県西方沖地震がある。なお、これらの地震は、地震発生様式としては内陸地殻内地震に分類される。その他の地震発生様式(プレート間地震²²、海洋プレート内地震²³等)については、その発生位置から敷地までの距離が十分に離れており、敷地での震度が 5 弱以上と推定される地震はない。

② 活断層の分布状況から抽出する活断層

活断層の調査にあたっては、敷地からの距離に応じて、陸域及び海域について、文献調査、変動地形学的調査²⁴、地球物理学的調査²⁵、地表

地質調査²⁶等の調査を実施し、既往調査結果や最新の知見²⁷も踏まえて検討を行い、断層の活動性や連続性を安全側に評価²⁸した。特に、敷地近傍については、より精度の高い詳細な調査を実施した。

敷地周辺の半径 30km 以内及び半径 30km 以遠の主な活断層分布を図 8 及び図 9 に示す。

敷地周辺の主な活断層として、陸域については、竹木場断層、今福断層、城山南断層、楠久断層、国見断層及び真名子－荒谷峠断層がある。海域については、F－h 断層及び糸島半島沖断層群がある。

また、半径 30km 以遠の主な活断層として、警固断層帯、佐賀平野北縁断層帯、日向峠－小笠木峠断層帯、宇美断層、西山断層帯、水縄断層帯、雲仙断層群、対馬南方沖断層、対馬南西沖断層群、宇久島北西沖断層群、F_{TW}－3、F_{TW}－4、中通島西方沖断層群及びF_{TW}－1 がある。

活断層の調査結果に基づき、図 8 及び図 9 に示した活断層による地震について、震央距離を横軸、マグニチュードを縦軸として、敷地における旧気象庁震度階級区分も書き加えたものを図 10 に示す。図 10 によると、敷地において、周辺の活断層から想定される地震による揺れは、宇美断層、水縄断層帯、雲仙断層群、宇久島北西沖断層群、F_{TW}－3、F_{TW}－4、中通島西方沖断層群及びF_{TW}－1 による地震を除き、建物等に被害が発生するとされている震度 5 弱程度以上と推定される。

③ 検討用地震の選定

上記①、②を踏まえ、敷地に特に大きな影響を及ぼすと想定される地震を Noda et al. (2002)²⁹の方法により算定した応答スペクトルを基に評価し、検討用地震として選定する。

1700 年壱岐・対馬の地震 (M7.0)、2005 年福岡県西方沖地震 (M7.0) 及び敷地周辺の主な活断層による地震の応答スペクトルを図 11 に示す。図 11 より、検討用地震として、「竹木場断層による地震」及び「城山南

断層による地震」を選定する。

④ 検討用地震の地震動評価

検討用地震による地震動は、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う。応答スペクトルに基づく地震動評価では、NS 方向と EW 方向共通の水平方向の地震動及び鉛直方向の地震動を、断層モデルを用いた手法による地震動評価では、NS 方向、EW 方向及び鉛直方向 (UD 方向) 方向それぞれの地震動を評価する。

応答スペクトルに基づく地震動評価は、Noda et al. (2002)の方法を用いる。Noda et al. (2002)の方法は、岩盤における観測記録に基づいて提案された距離減衰式で、解放基盤表面³⁰における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを予測することができ、敷地における地震観測記録に基づいて補正することにより、地震の分類に従った震源特性、伝播特性及び敷地地盤の特性を的確に把握することが可能である。

断層モデルを用いた手法による地震動評価については、要素地震³¹として適切な観測記録が敷地で得られているため、経験的グリーン関数法³²及び経験的グリーン関数法と理論的方法³³によるハイブリッド合成法³⁴を用いる。

基準地震動の策定過程においては、地震動に影響する各パラメータに不確かさがあることを考慮し、応力降下量³⁵、断層傾斜角、断層長さ及び震源断層の拡がりについて不確かさを考慮した地震動評価を行う。また、アスペリティ³⁶の位置の不確かさとしては、敷地に最も近い位置とし、破壊開始点³⁷の不確かさは、敷地への影響の程度を考慮し、アスペリティの破壊が敷地に向かう方向となる³⁸複数ケースを選定する。

(3) 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うるとは言い切れないとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」を評価する。

加藤ほか(2004)³⁹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地震動の上限レベルの応答スペクトルを設定している。

これらを踏まえ、加藤ほか(2004)に基づき、敷地における地盤特性を考慮して評価した「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを図12及び図13に示す。

(4) 基準地震動の策定

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」の評価結果に基づき、敷地の解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動として策定する。

応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、検討用地震として選定した「竹木場断層による地震」及び「城山南断層による地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価による結果を包絡した設計用応答スペクトル⁴⁰として基準地震動 Ss-1 を設定する。

基準地震動 Ss-1 の設計用応答スペクトルを図14及び図15に示す。

断層モデルを用いた手法による地震動評価による基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果と応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動 Ss-1 の設計用応答スペクトルとの包絡関係を考慮して設定する。

断層モデルを用いた手法による地震動評価による基準地震動は、「城山南断層による地震」及び「竹木場断層による地震」の断層傾斜角の不確かさを考慮した地震動を、それぞれ基準地震動 Ss-2 及び Ss-3 とする。基準地震動 Ss-2 及び Ss-3 の応答スペクトルを図 16～図 18 に示す。

敷地ごとに震源を特定して策定する基準地震動の水平方向の応答スペクトルを図 19～図 21 に示す。

「震源を特定せず策定する地震動」による応答スペクトルは、図 22 及び図 23 のとおり、すべての周期帯において、基準地震動 Ss-1 の設計用応答スペクトルに包絡されるため、「震源を特定せず策定する地震動」は、基準地震動 Ss-1 の設計用応答スペクトルで代表させる。

基準地震動の地震波は、以上を踏まえ、応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動 Ss-1、断層モデルを用いた手法による地震動評価による基準地震動 Ss-2 及び Ss-3 によるものとする。基準地震動 Ss-1 は NS 方向と EW 方向共通の水平方向の地震動及び鉛直方向の地震動として、基準地震動 Ss-2 及び Ss-3 は NS 方向、EW 方向及び鉛直方向（UD 方向）それぞれの地震動として定義する。

基準地震動 Ss-1 の時刻歴波形を図 24 に、基準地震動 Ss-2 の時刻歴波形を図 25 に、基準地震動 Ss-3 の時刻歴波形⁴¹を図 26 に示す。また、基準地震動の最大加速度値を同図中に示す。これらの最大加速度値のうち最も大きな値は、水平方向で 540 ガル、鉛直方向で 372 ガルである。

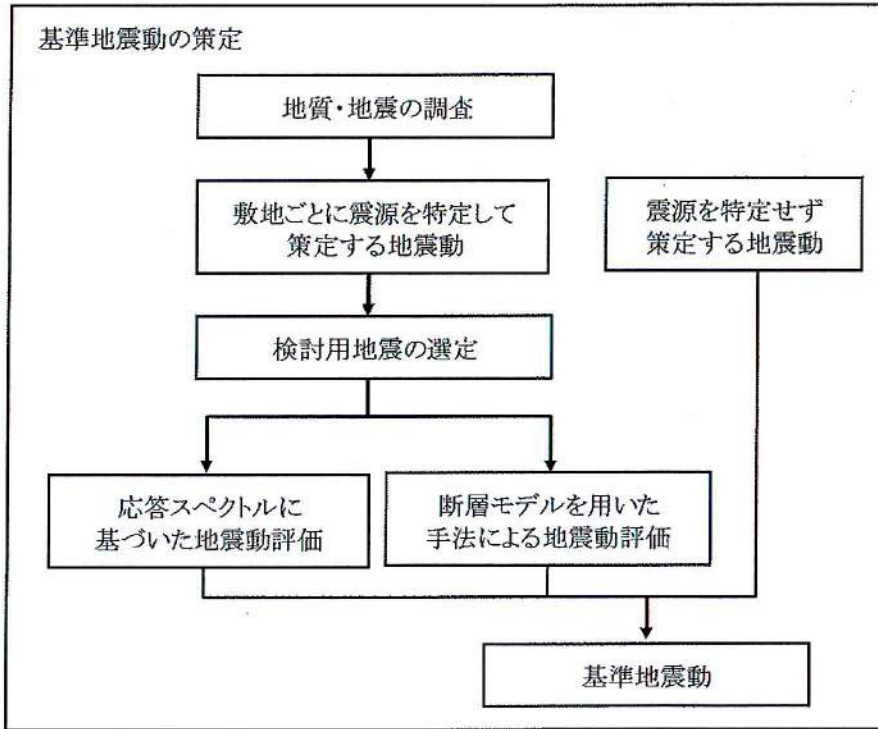
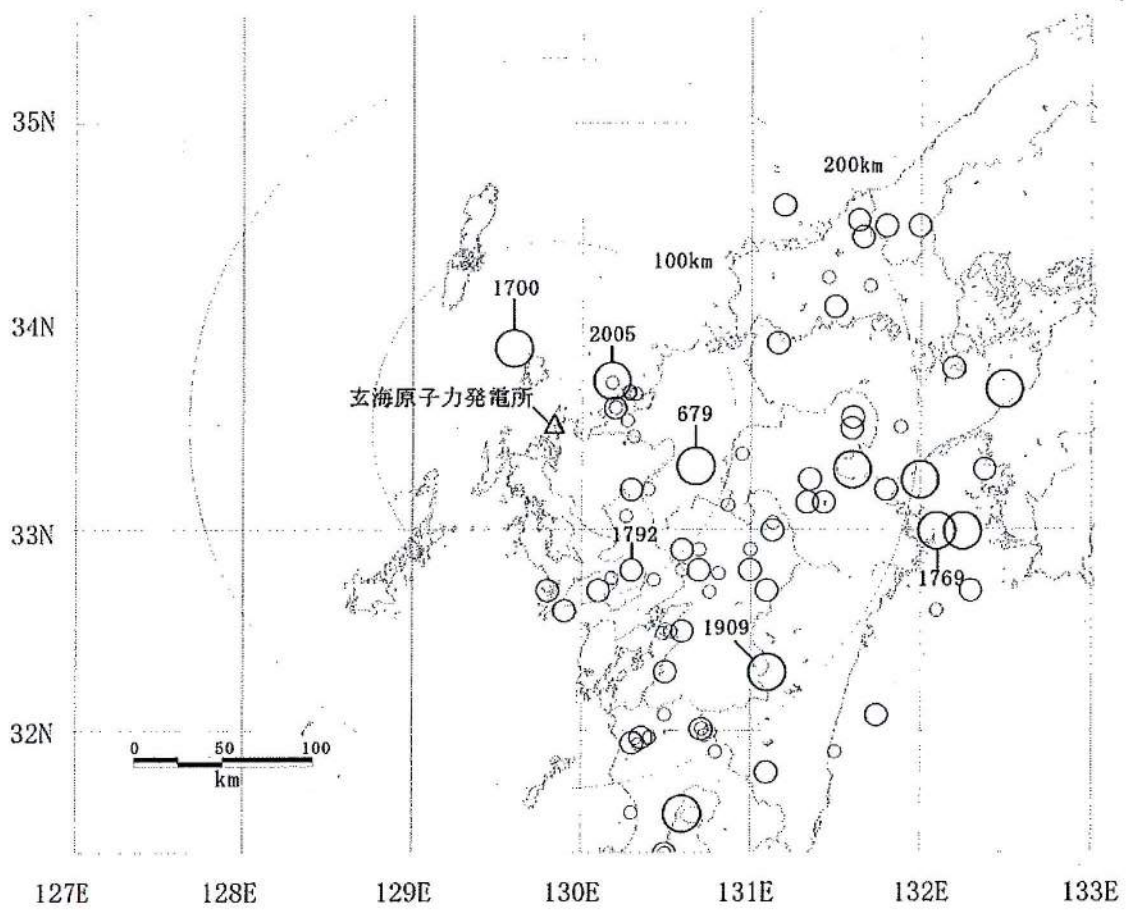


図5 基準地震動の策定フロー



(数字は地震の年号)

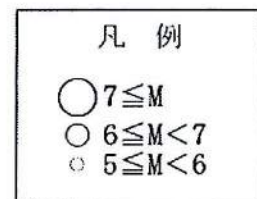
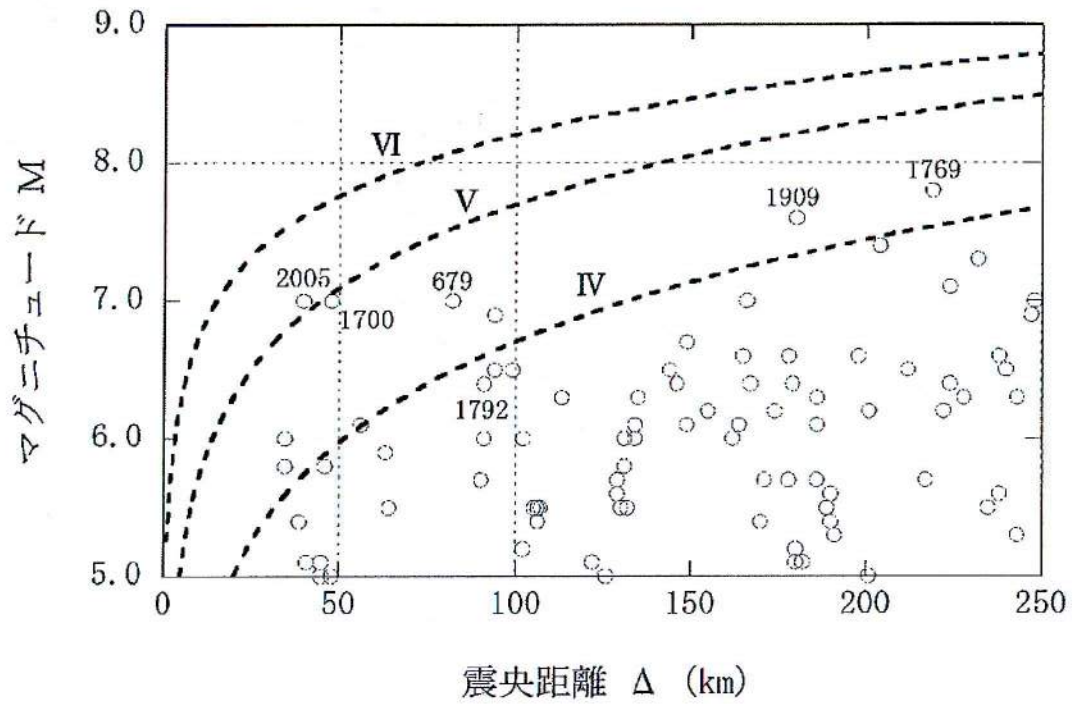


図6 敷地周辺の被害地震の震央分布



※ IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松(1969)及び勝又ほか(1971)による。
 ※ 地震諸元に幅のあるものについては中央値を用いた。

図7 敷地周辺における過去の被害地震

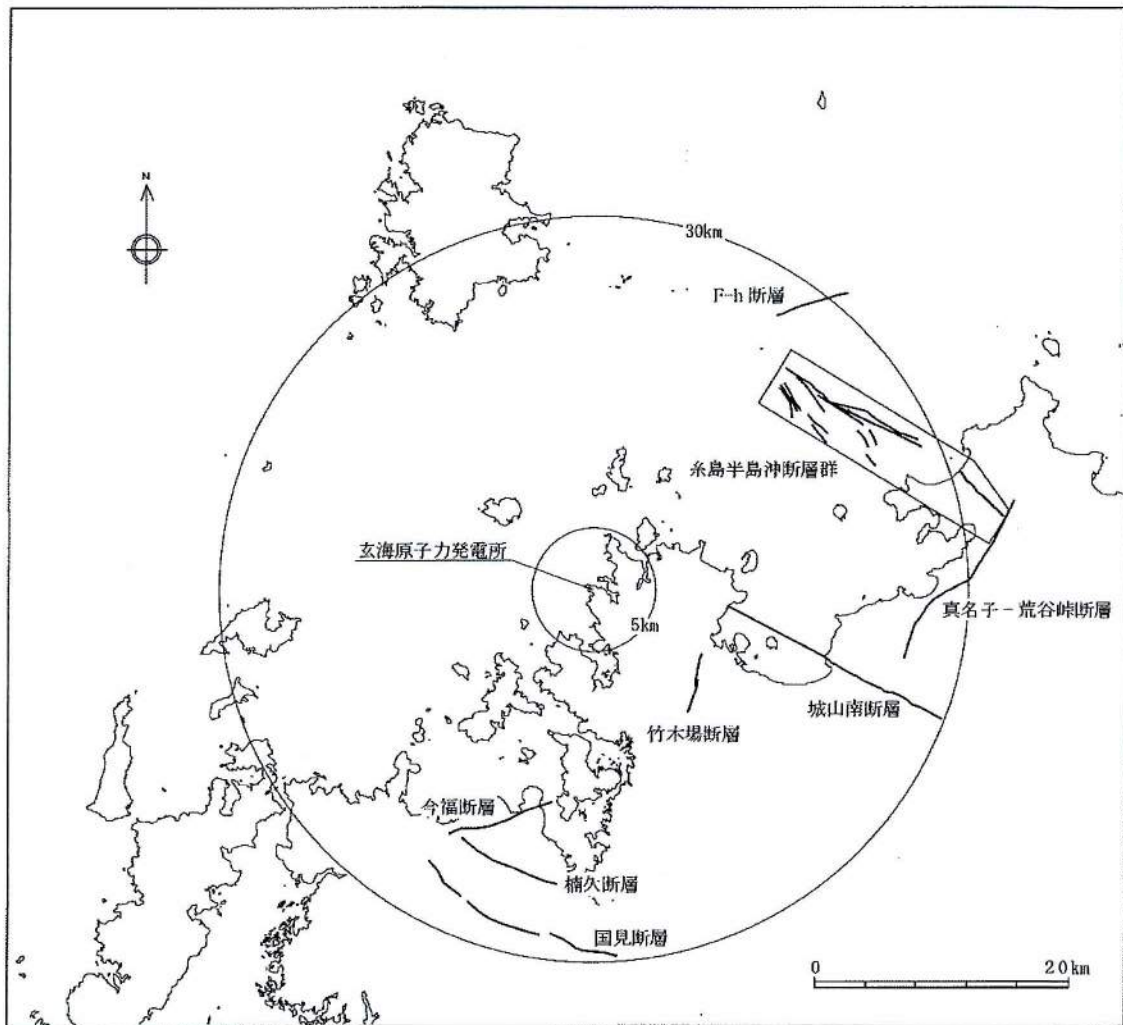


図8 敷地周辺の主な活断層分布(30km以内)

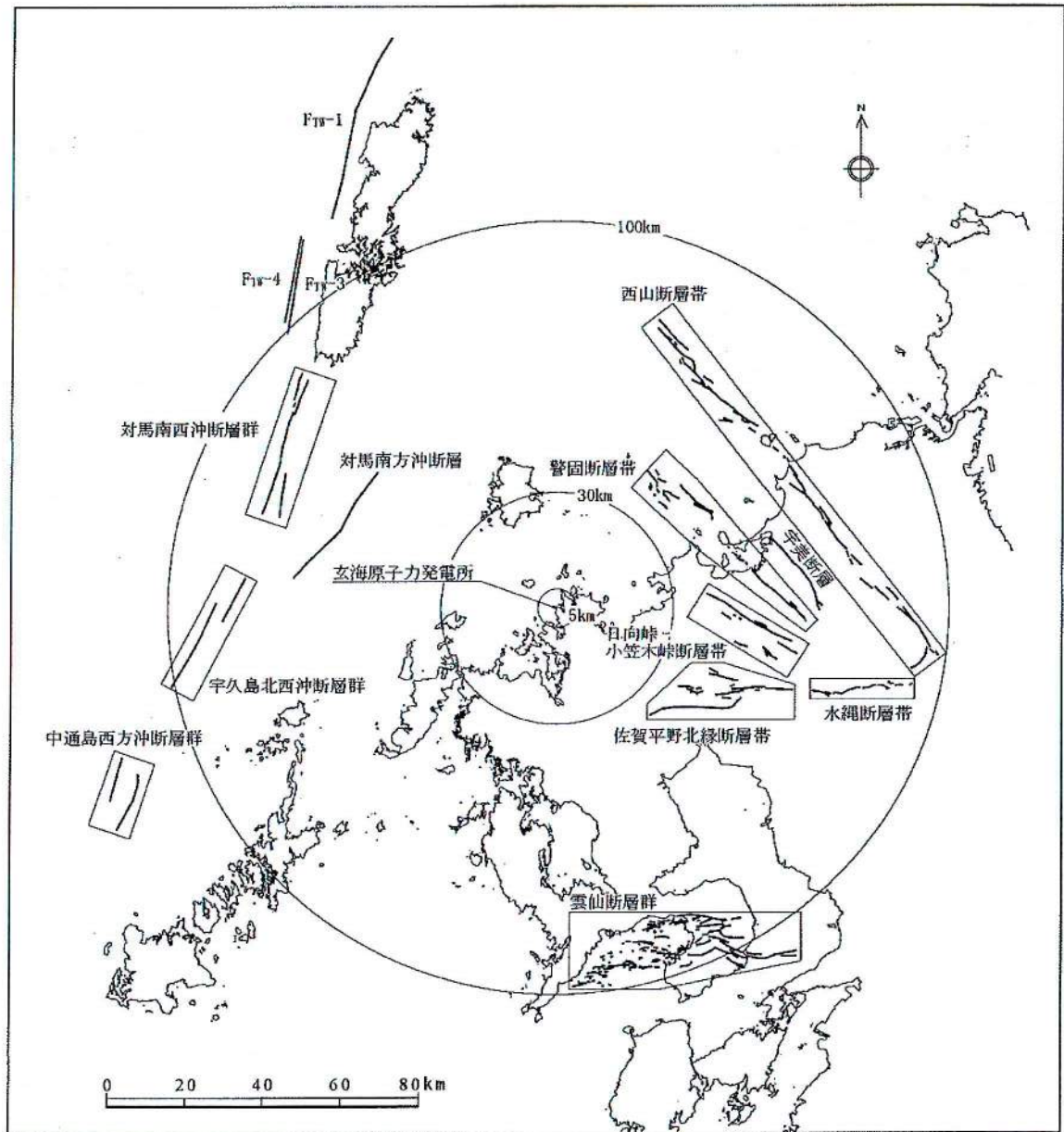
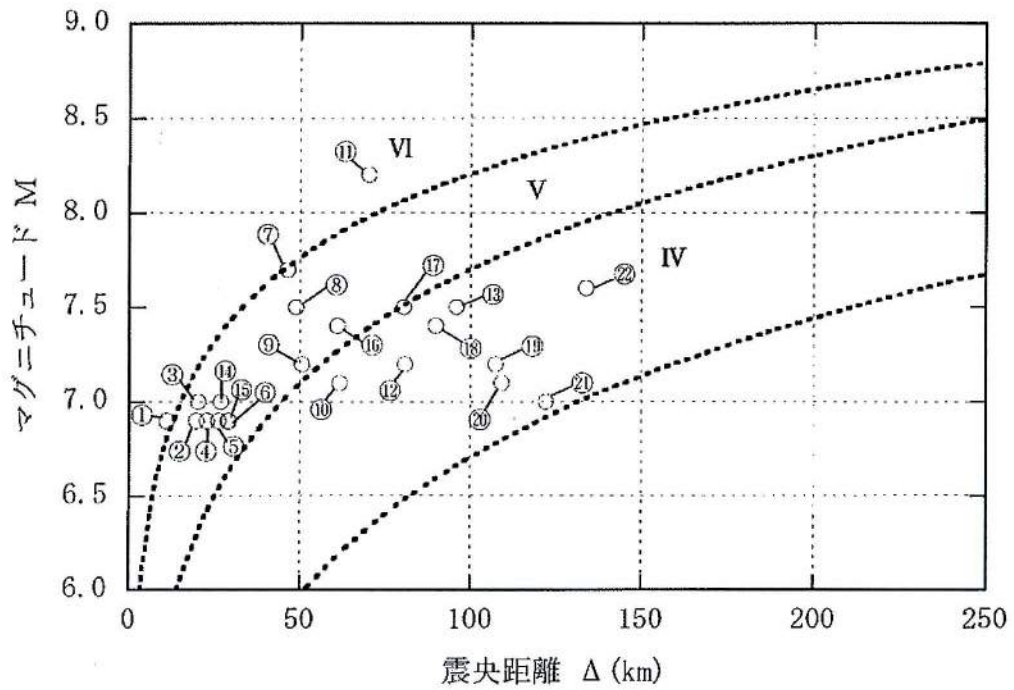


図9 敷地周辺の主な活断層分布(30km以遠)



※ IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松(1969)及び勝又ほか(1971)による。

No.	断層の名称	No.	断層の名称	No.	断層の名称
①	竹木場断層	⑨	日向峠-小笠木峠断層帯	⑰	対馬南西沖断層群
②	今福断層	⑩	宇美断層	⑱	宇久島北西沖断層群
③	城山南断層	⑪	西山断層帯	⑲	F _{TW} -3
④	楠久断層	⑫	水繩断層帯	⑳	F _{TW} -4
⑤	国見断層	⑬	雲仙断層群	㉑	中通島西方沖断層群
⑥	真名子-荒谷峠断層	⑭	糸島半島沖断層群	㉒	F _{TW} -1
⑦	警固断層帯	⑮	F-h断層		
⑧	佐賀平野北縁断層帯	⑯	対馬南方沖断層		

図 10 敷地周辺の主な活断層から想定される地震

- 竹木場断層による地震
- 今福断層による地震
- 城山南断層による地震
- 楠久断層による地震
- 国見断層による地震
- 真名子-荒谷峠断層による地震
- 警固断層帯による地震
- 佐賀平野北縁断層帯による地震
- 日向峠-小笠木峠断層帯による地震
- 西山断層帯による地震
- 糸島半島沖断層群による地震
- F-h断層による地震
- 対馬南方沖断層による地震
- 対馬南西沖断層群による地震
- 1700年宍岐・対馬の地震
- 2005年福岡県西方沖地震

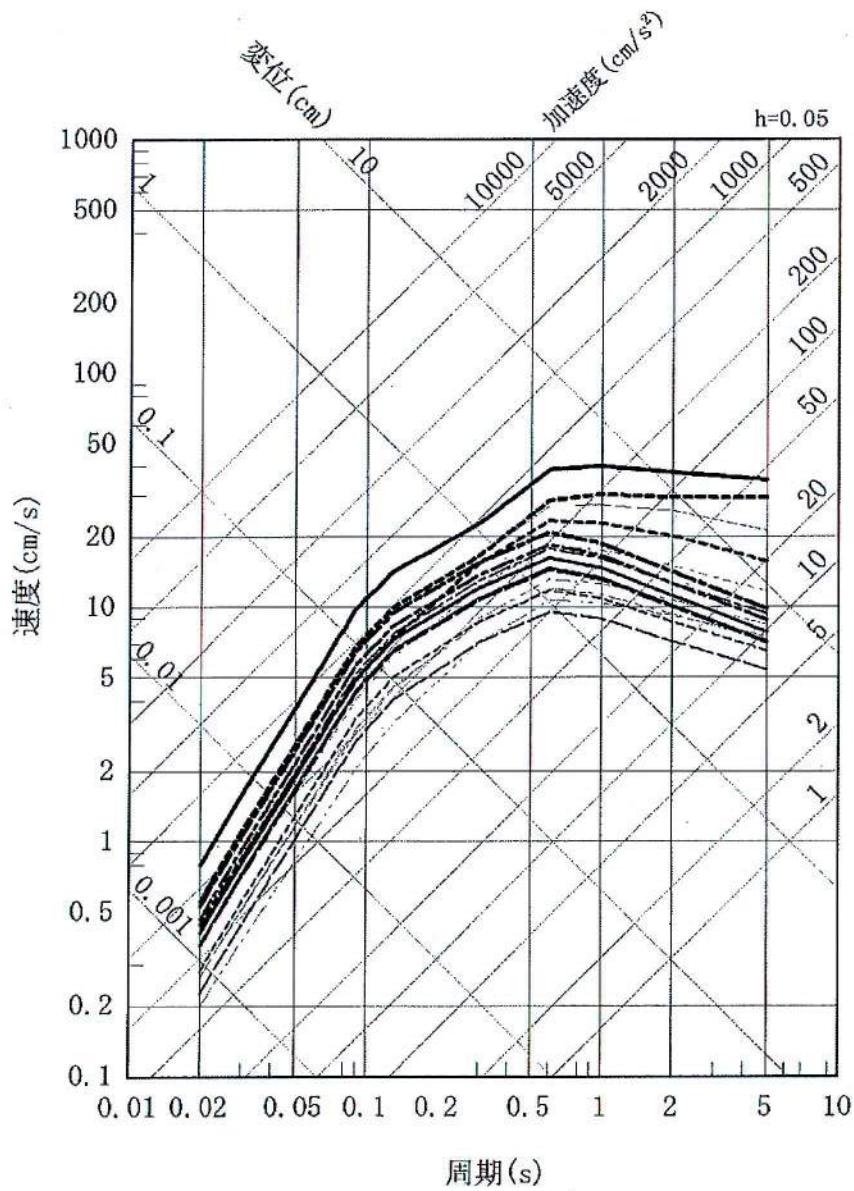


図 11 検討用地震の選定のための応答スペクトルの比較

—— 震源を特定せず策定する地震動

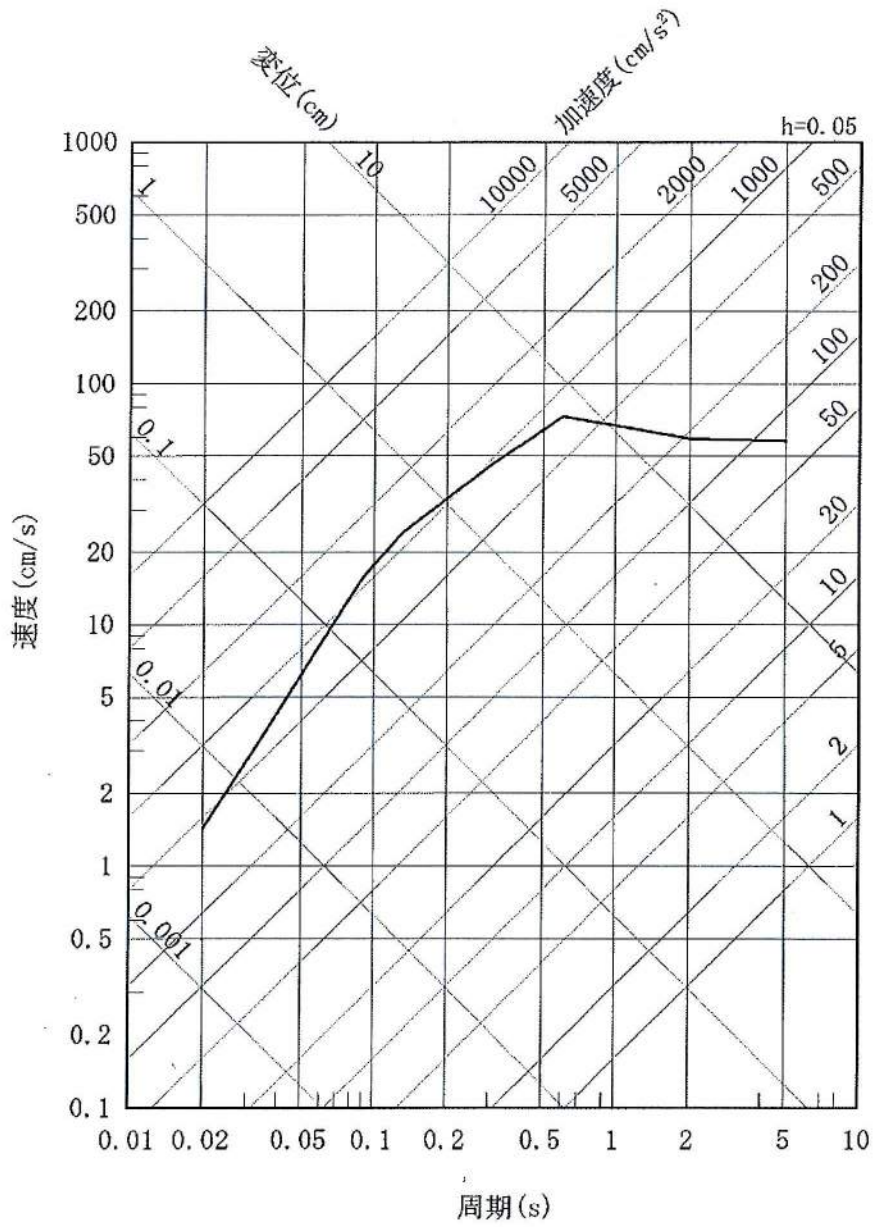


図 12 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル (水平方向)

—— 震源を特定せず策定する地震動

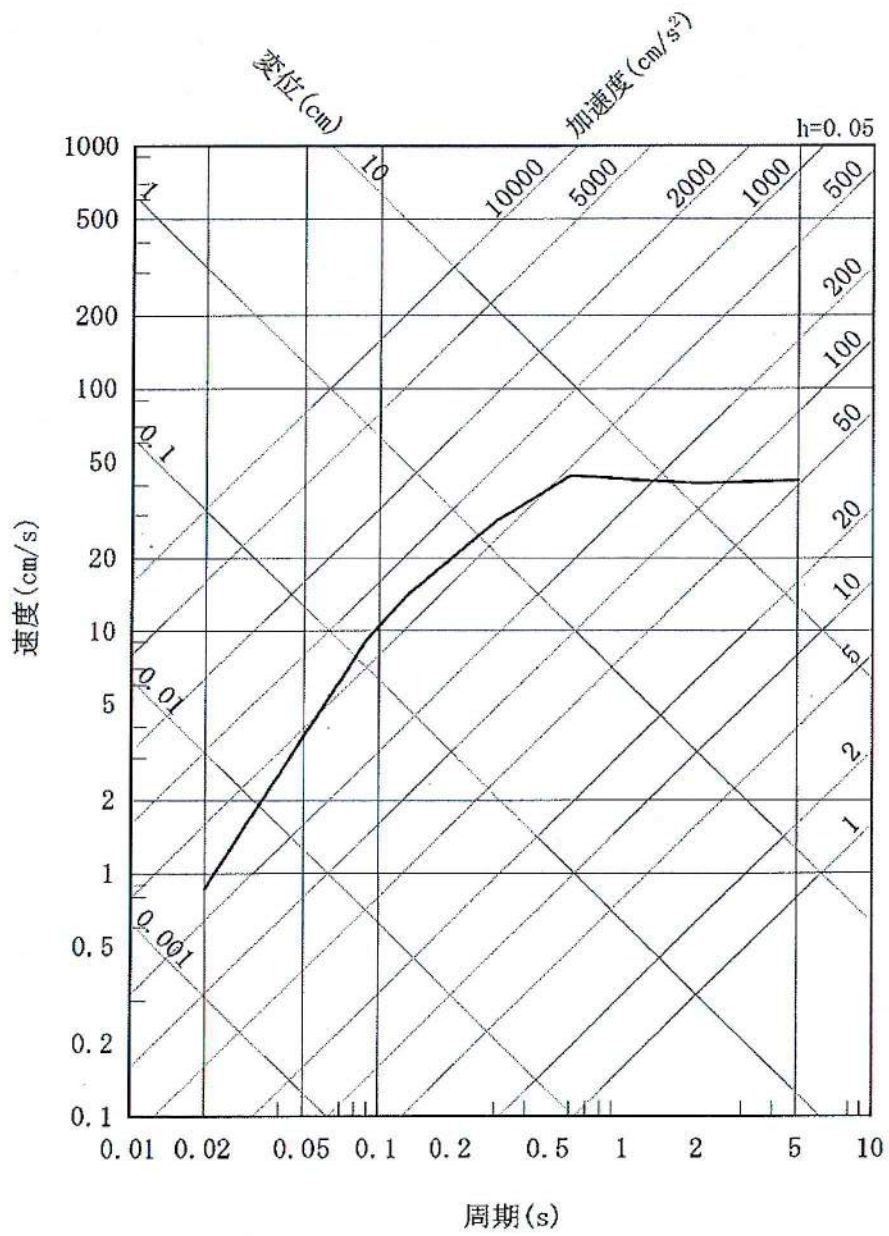


図 13 震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル (鉛直方向)

- Ss-1_H
- 検討用地震による地震動
- - - 不確かさを考慮した地震動
(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- 不確かさを考慮した地震動
(断層長さ及び震源の拡がりの不確かさを考慮したケース)

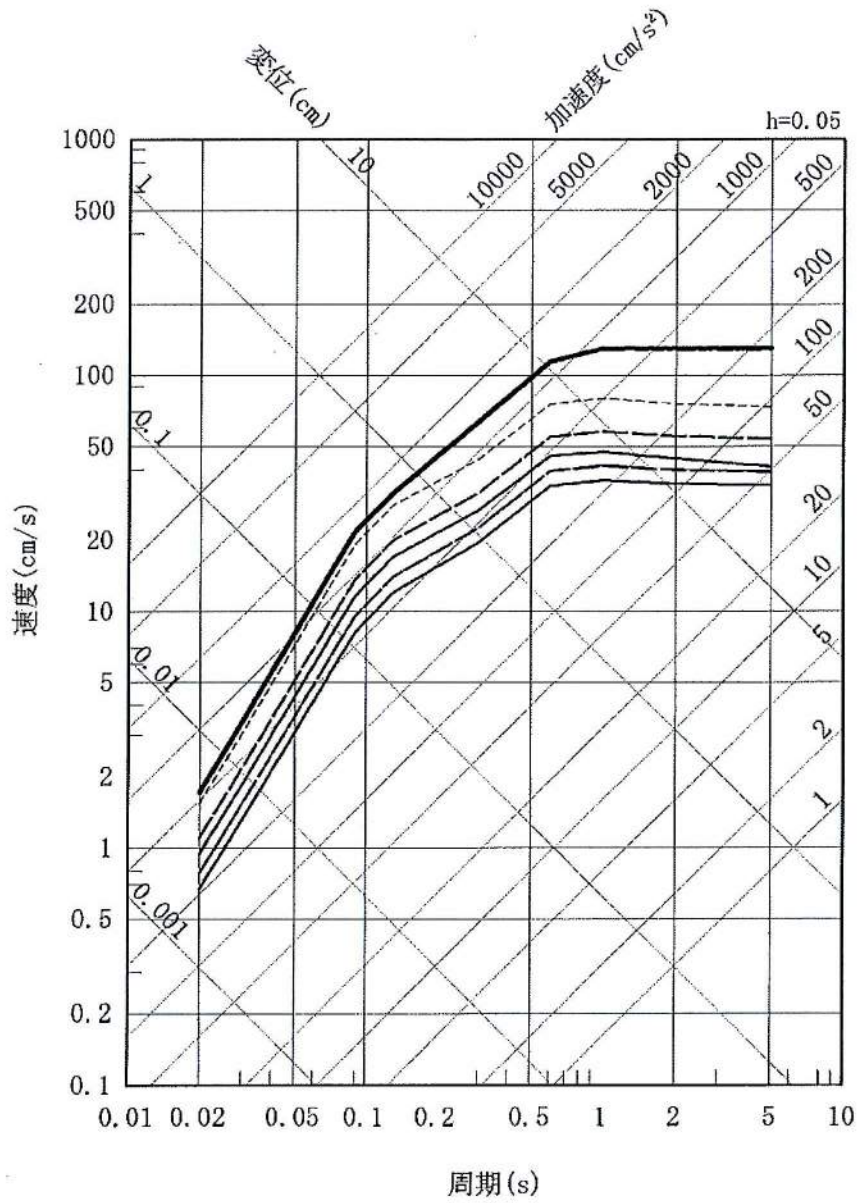


図 14 基準地震動 Ss-1 の設計用応答スペクトル及び検討用地震の
 応答スペクトル (応答スペクトルに基づく方法 : 水平方向)

- Ss-1_v
- 検討用地震による地震動
- 不確かさを考慮した地震動
(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- 不確かさを考慮した地震動
(断層長さ及び震源の拡がりの不確かさを考慮したケース)

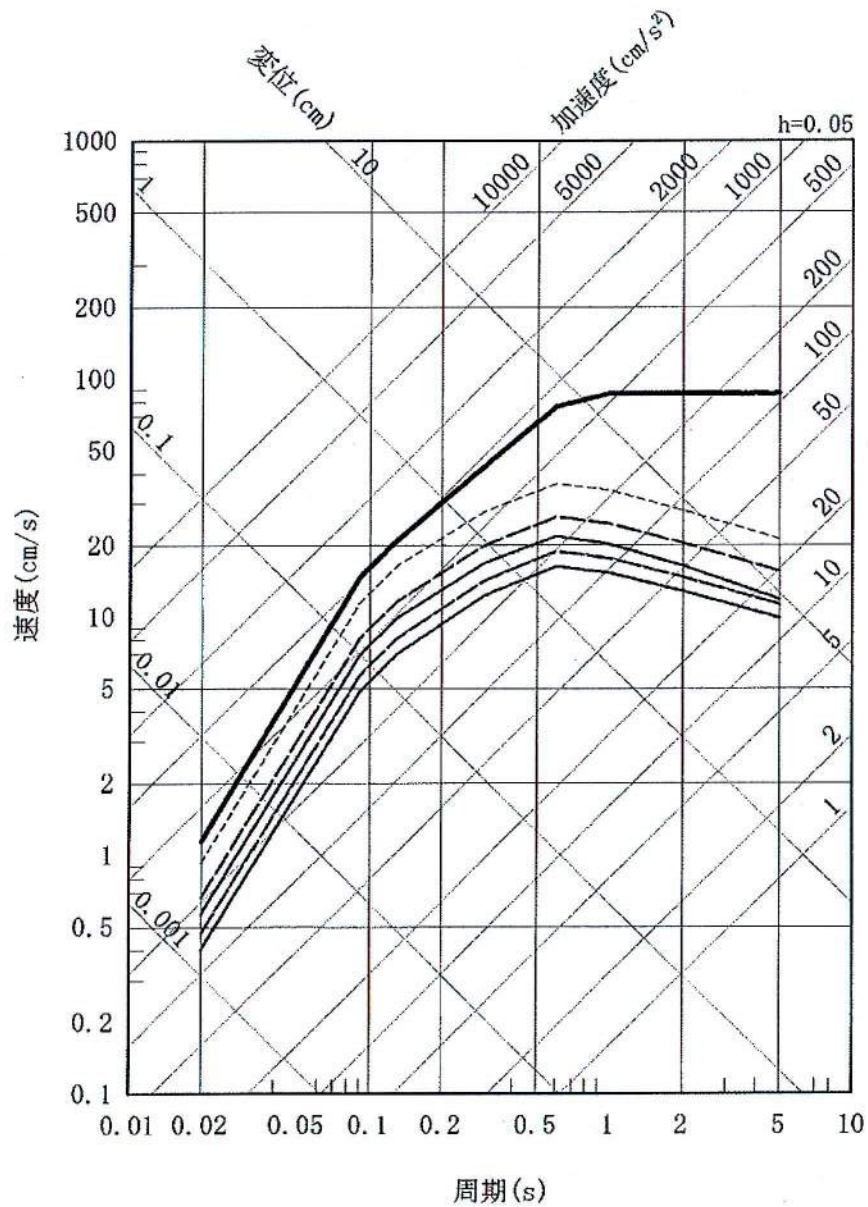


図 15 基準地震動 Ss-1 の設計用応答スペクトル及び検討用地震の
 応答スペクトル (応答スペクトルに基づく方法：鉛直方向)

- Ss-1_{II}
- - - Ss-2_{NS} (断層モデルを用いた手法 城山南断層による地震 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- - - Ss-3_{NS} (断層モデルを用いた手法 竹木場断層による地震 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- 断層モデルを用いた手法 (不確かさを考慮したケース)

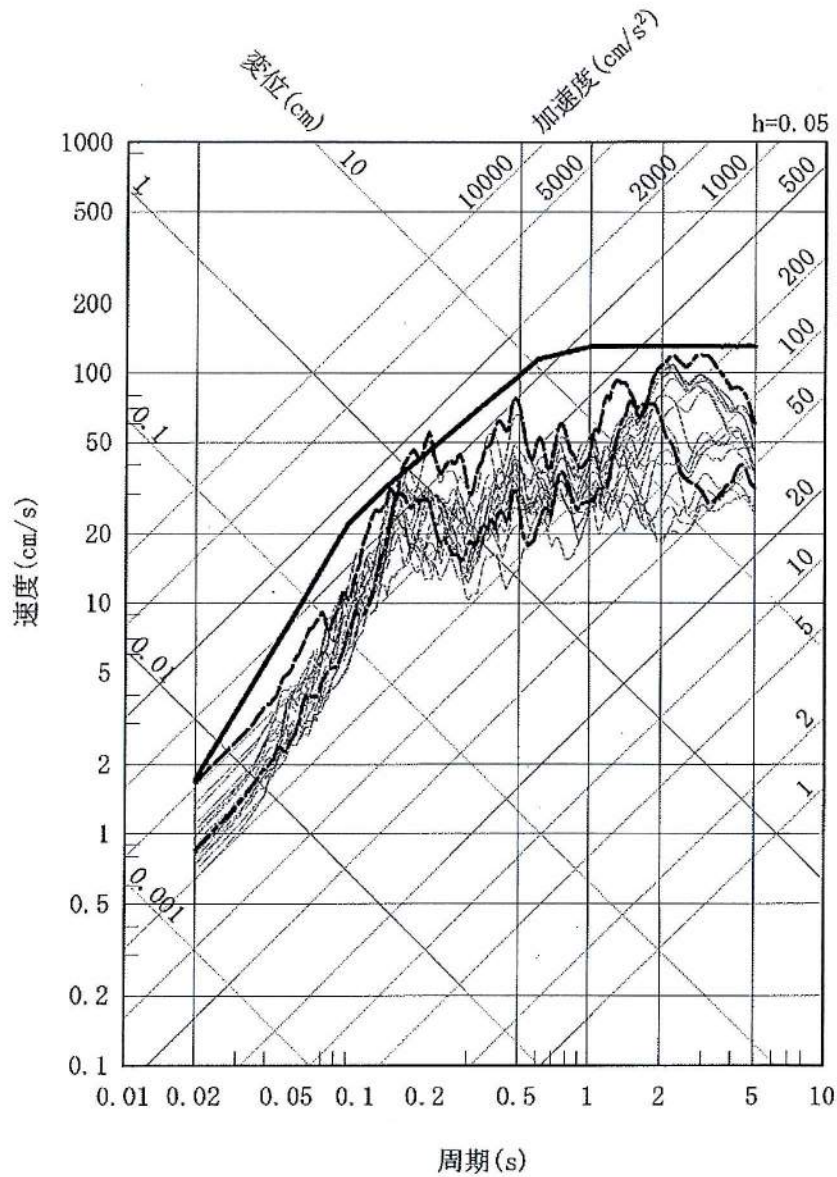


図 16 基準地震動 Ss-2 及び Ss-3 の応答スペクトル (NS 方向)

- Ss-1_H
- - - Ss-2_{EW} (断層モデルを用いた手法 城山南断層による地震 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- - - Ss-3_{EW} (断層モデルを用いた手法 竹木場断層による地震 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- 断層モデルを用いた手法 (不確かさを考慮したケース)

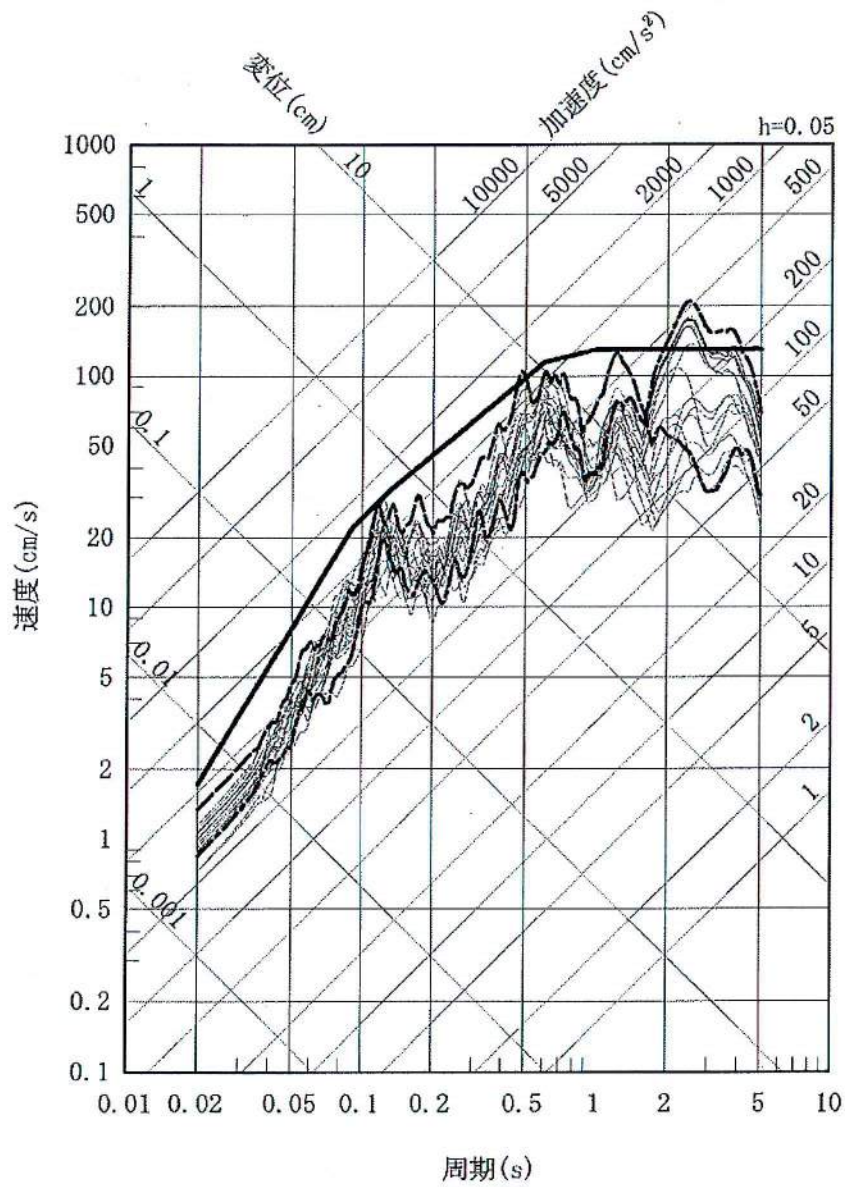


図 17 基準地震動 Ss-2 及び Ss-3 の応答スペクトル (EW 方向)

- Ss-1_v
- - - Ss-2_{UD} (断層モデルを用いた手法 城山南断層による地震 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- - - Ss-3_{UD} (断層モデルを用いた手法 竹木場断層による地震 断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)
- 断層モデルを用いた手法 (不確かさを考慮したケース)

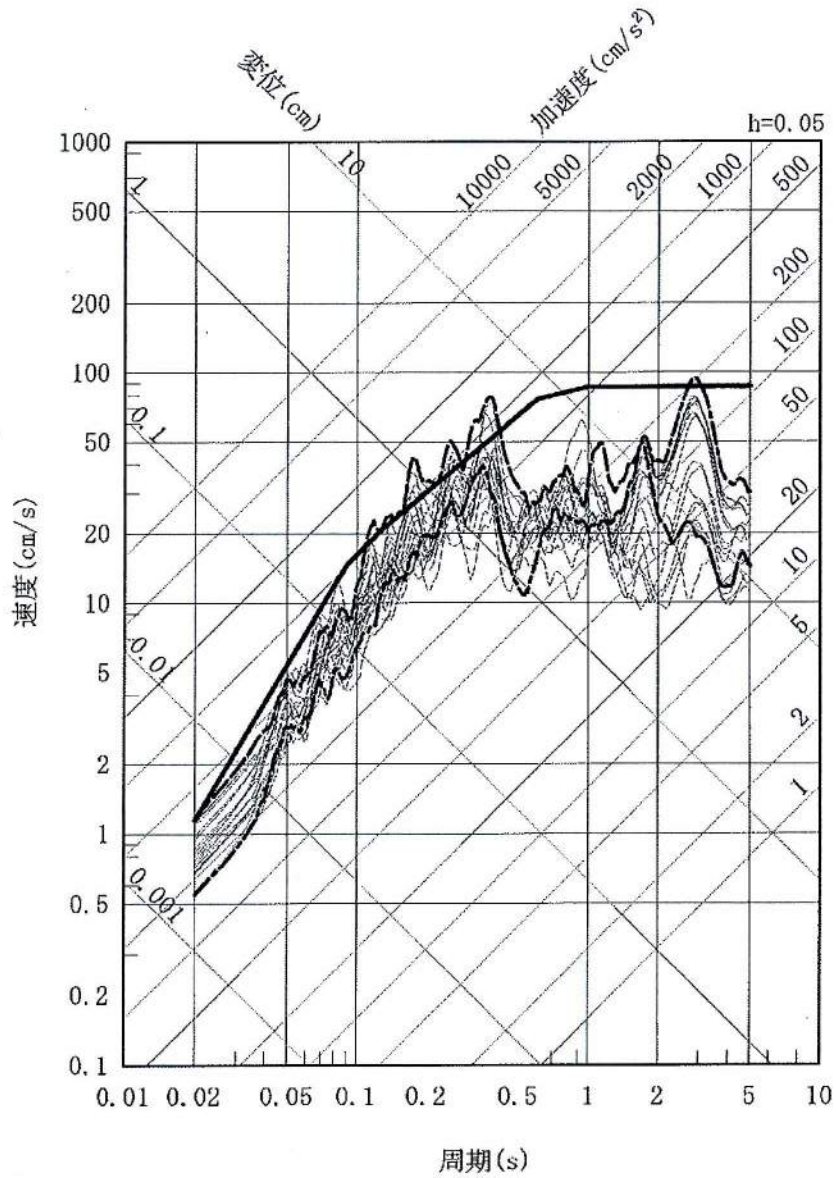


図 18 基準地震動 Ss-2 及び Ss-3 の応答スペクトル (UD 方向)

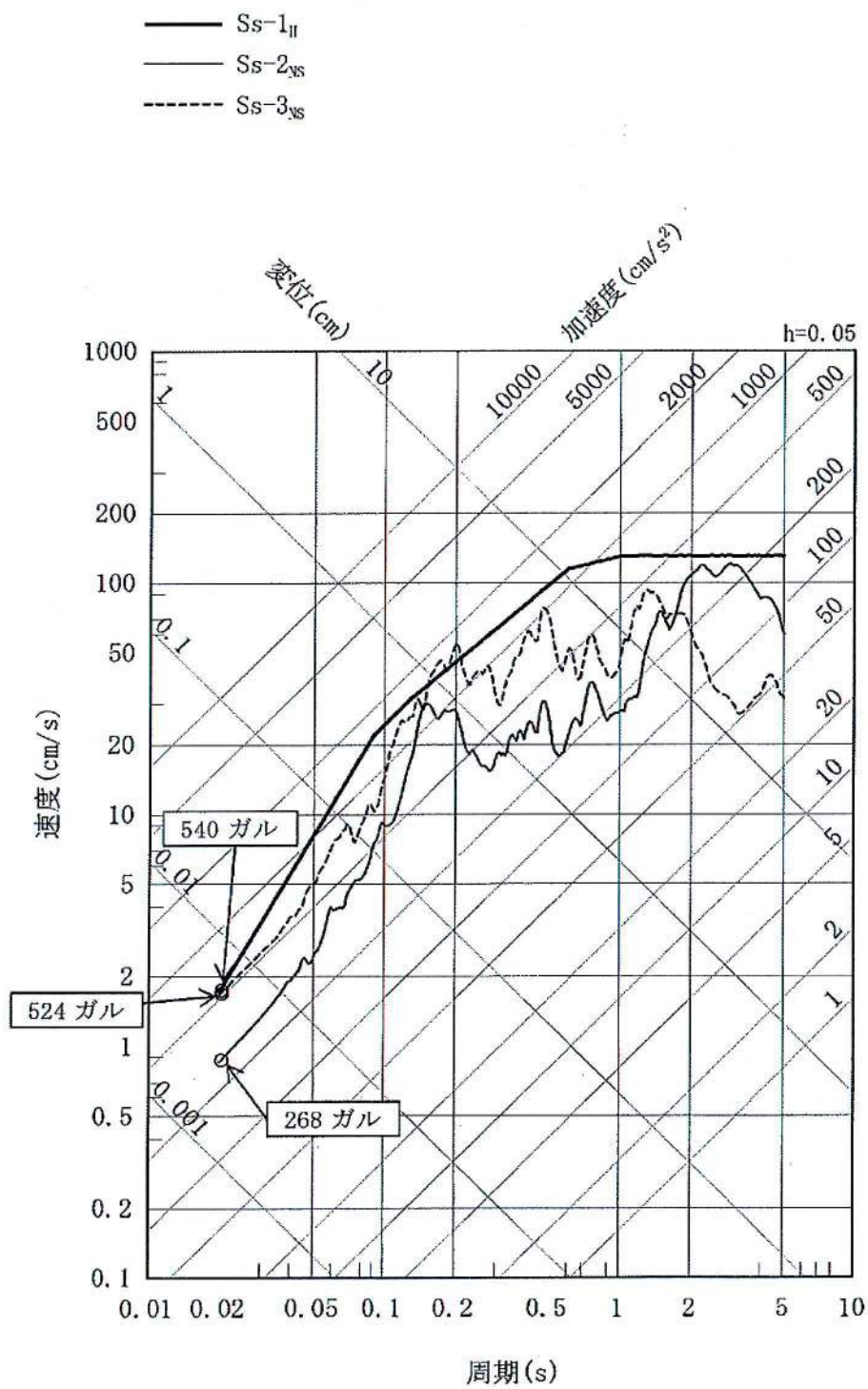


図 19 基準地震動の応答スペクトル (水平方向 : NS)

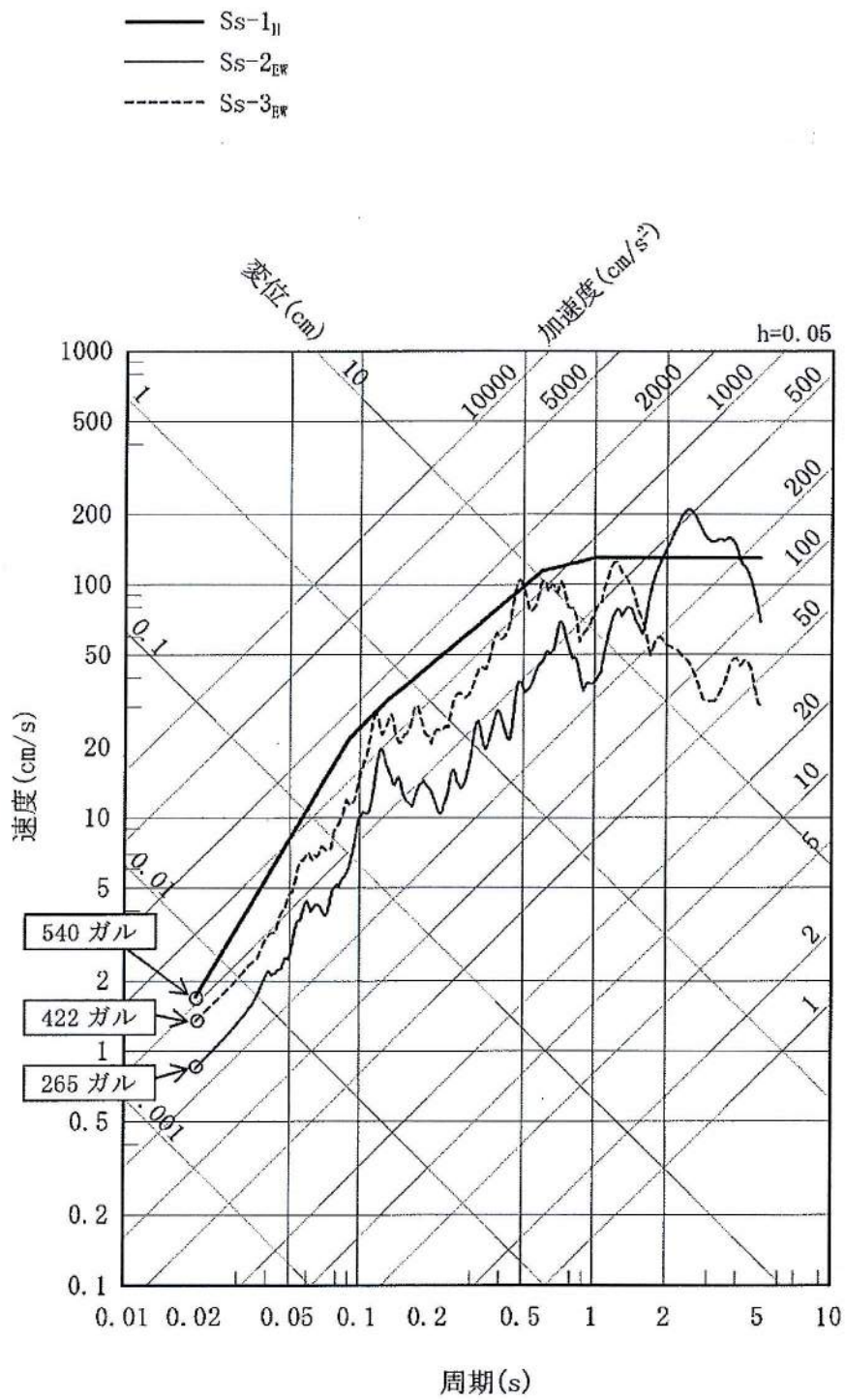


図 20 基準地震動の応答スペクトル (水平方向 : EW)

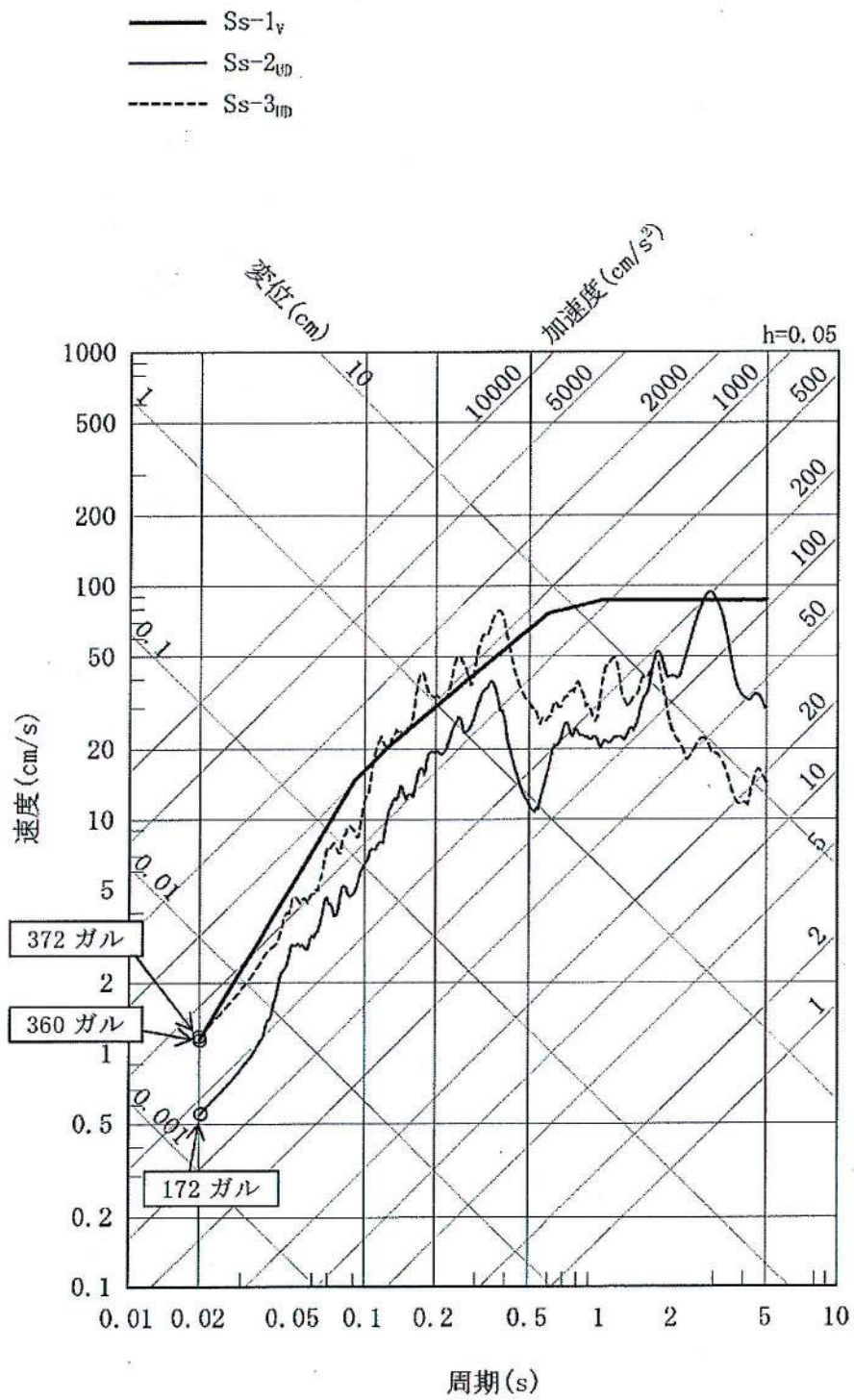


図 21 基準地震動の応答スペクトル (鉛直方向 : UD)

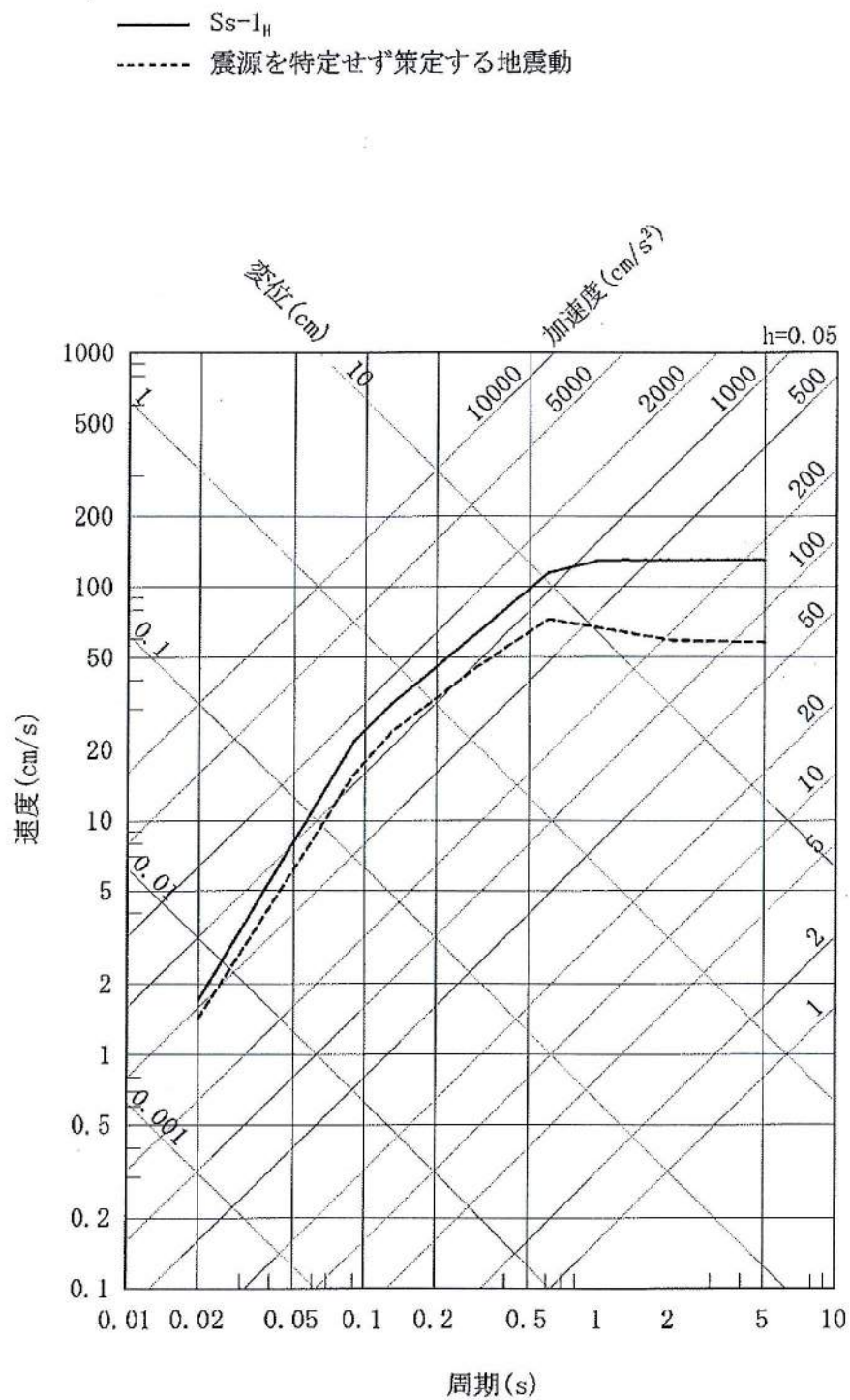


図 22 基準地震動 Ss-1 と「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル
 (水平方向)

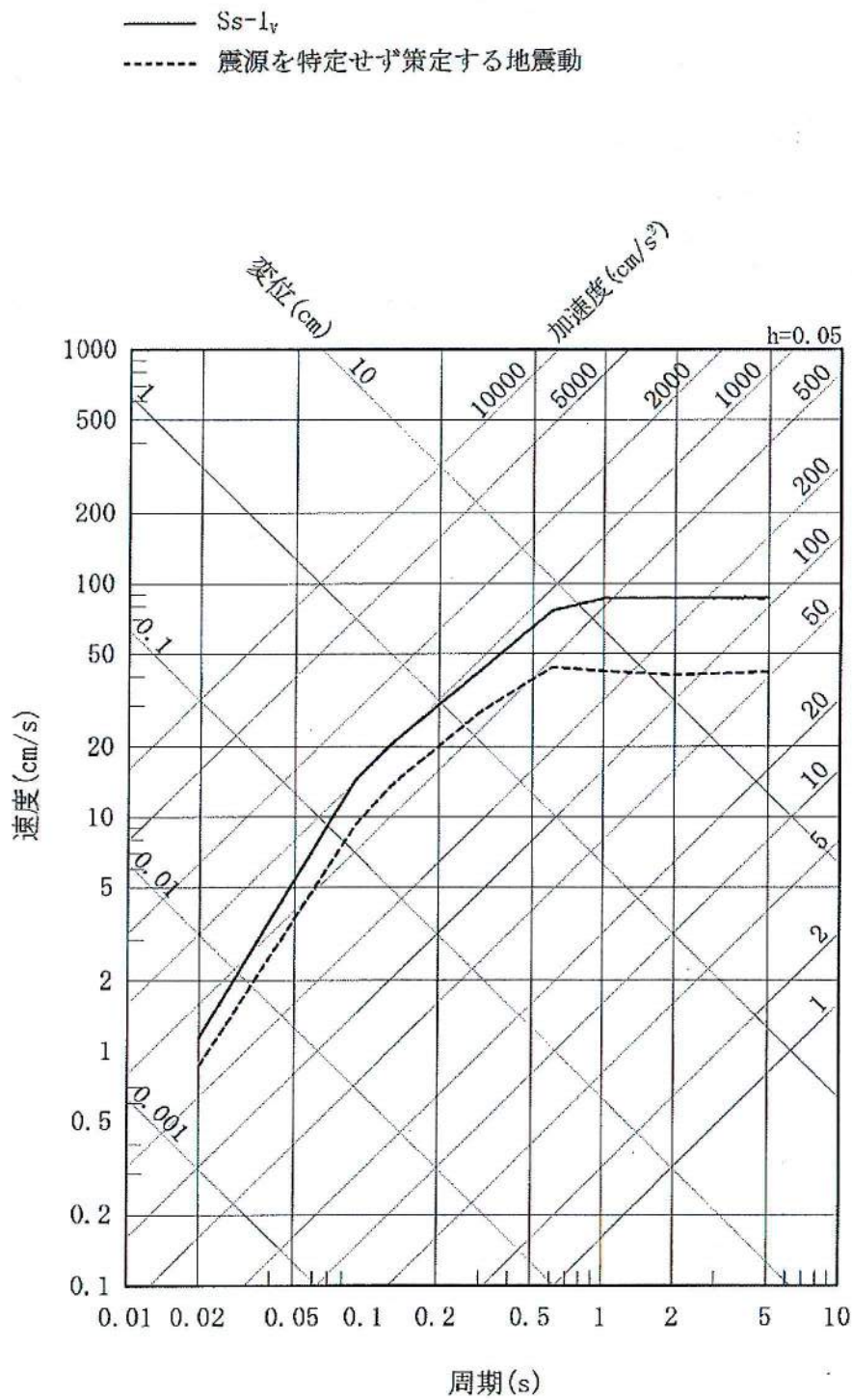


図 23 基準地震動 Ss-1 と「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル (鉛直方向)

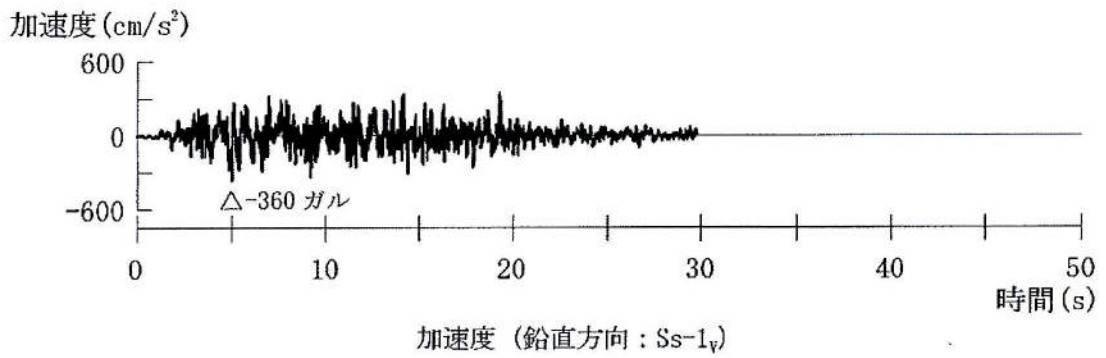
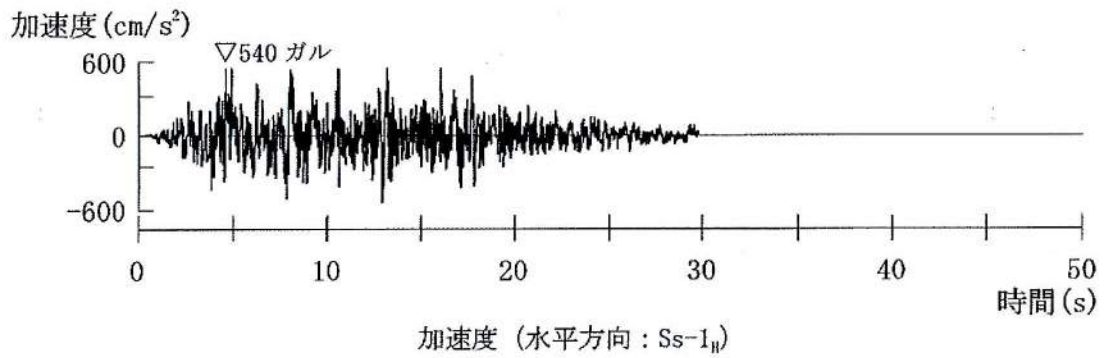


図 24 基準地震動 Ss-1 の設計用模擬地震波の時刻歴波形

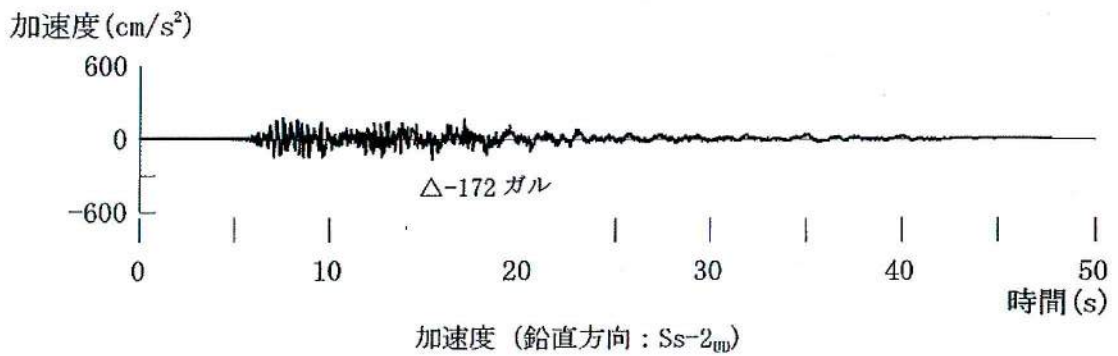
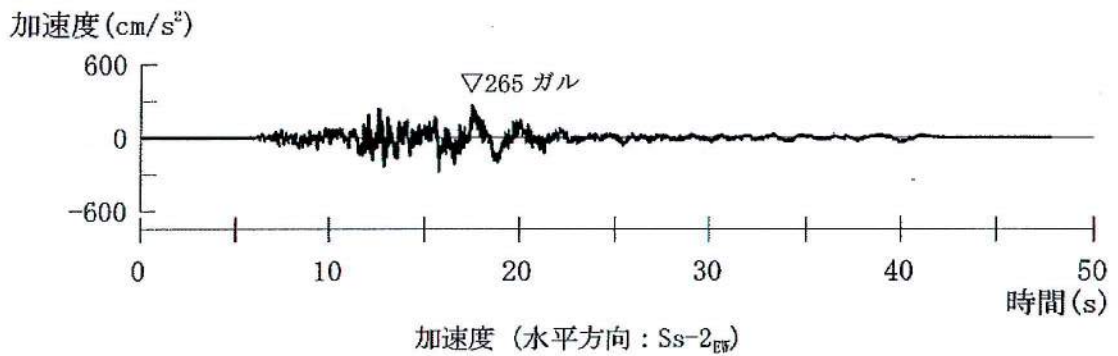
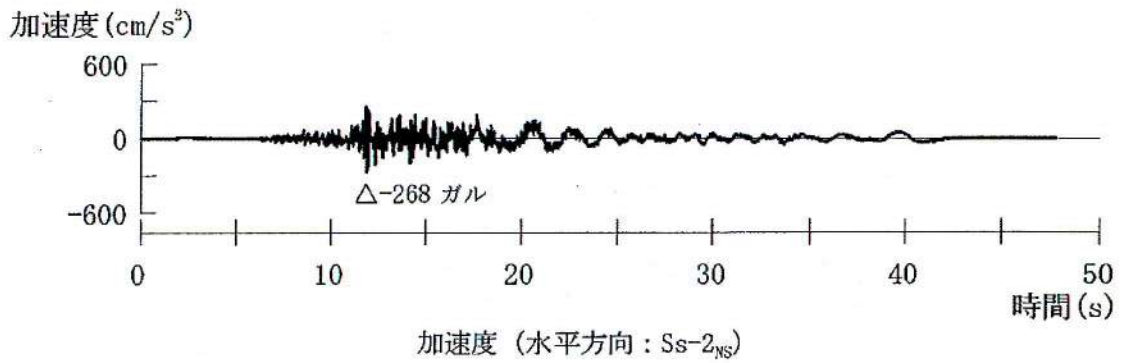


図 25 基準地震動 Ss-2 の地震波の時刻歴波形

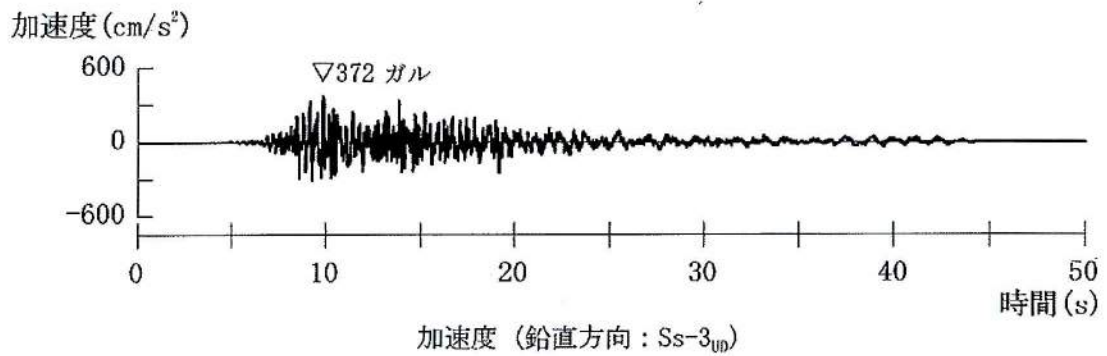
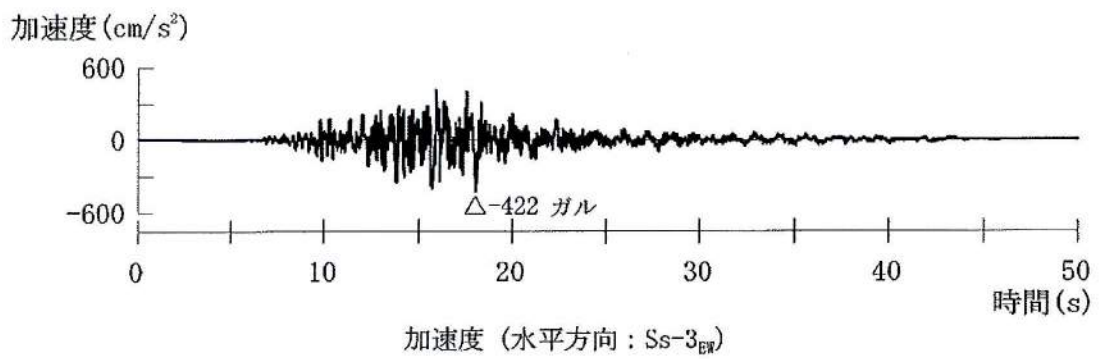
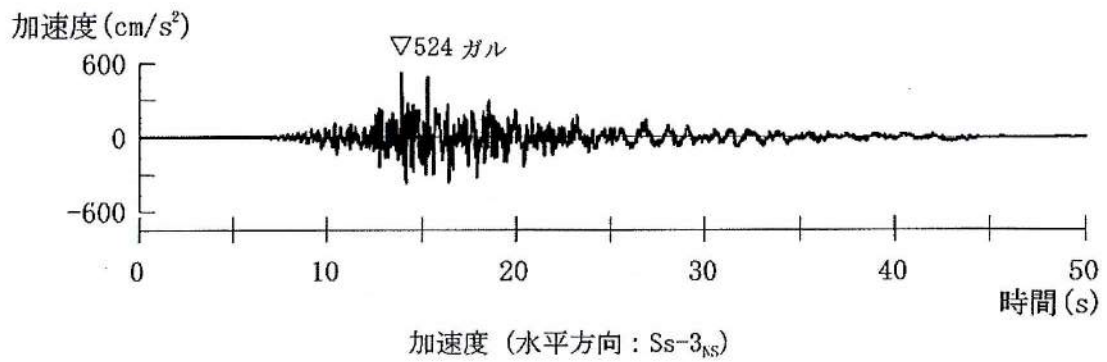


図 26 基準地震動 Ss-3 の地震波の時刻歴波形

4 基礎地盤及び周辺斜面の安定性

(1) 概要

安全上重要な原子炉施設を支持する基礎地盤について、基準地震動による地震力に対して十分な安定性を持つことの評価を行う。

安全上重要な原子炉施設を支持する基礎地盤の地震時の安定性については、想定すべり線⁴²におけるすべり安全率⁴³及び支持力並びに基礎底面の傾斜により評価する。

(2) 調査内容

玄海原子力発電所の敷地の地盤の特性を把握するために、地表地質調査、ボーリング調査等の詳細な調査を実施し、これまでに実施した試掘坑調査、岩石・岩盤試験等の既往調査結果も含めて検討を行った。

(3) 基礎地盤の分類

基礎地盤は、岩石組織の風化の程度等により①級⁴⁴、②級⁴⁵、③級⁴⁶の三段階に分類した。基礎地盤の大部分は②級以上の堅固な地盤で構成される。

(4) 基礎地盤の安定性

基準地震動による地震力に対する基礎地盤の安定性については、想定すべり線におけるすべり安全率により評価した。

すべり安全率は、建物・構築物が地震の揺れですべろうとする力に対して基礎地盤が十分な抵抗力を有するかを表すもので、基礎地盤の抵抗力を建物・構築物のすべろうとする力で除して算出する。すべり安全率の最小値は、玄海3・4号機で2.1であり、評価基準値1.5を上回ることから、すべりに対して十分な安全性を有している。

表2に、基礎地盤の安定性評価結果を、図27に、すべり線の形状を示す。

表2 基礎地盤の安定性評価結果

対象	すべり安全率 の最小値	評価基準値※
3・4号機	4.0	≥ 1.5

※「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」に基づき設定。

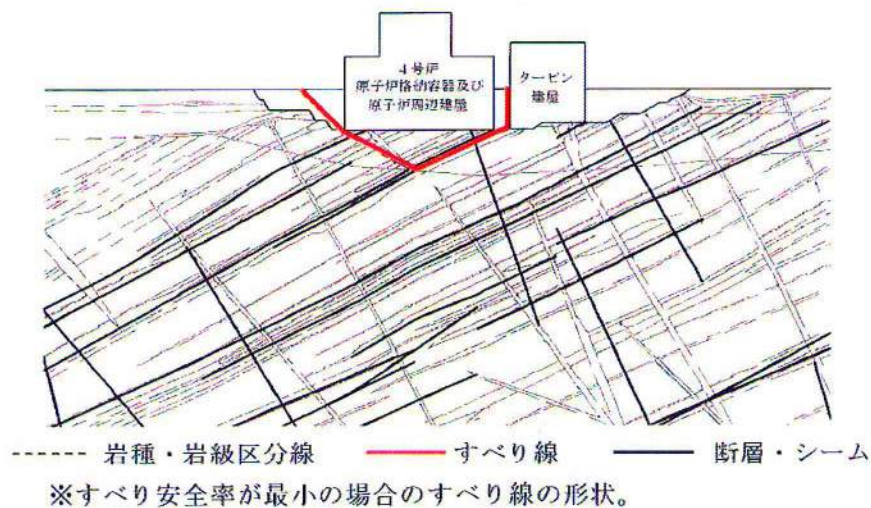


図27 すべり線の形状

(5) 基礎底面の傾斜

原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋基礎底面の傾斜は、3号炉では1/71,000、4号炉では1/56,000であり、いずれも評価の目安である1/2,000を十分に下回っていることから、重要な機器及び系統の安全機能に支障を与えるものではない。

また、原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋は岩盤に直接支持されており、揺すり込み沈下⁴⁷や液状化⁴⁸の影響はないことから、周辺地盤の変状が重要な機器及び系統の安全機能に支障を与えることはない。

なお、敷地内及び敷地近傍には、後期更新世以降の活動が認められる

断層が存在しないことから、地震発生に伴う地殻変動による基礎地盤の傾斜及び撓みの影響は極めて小さい。

(6) 周辺斜面の安定性評価

安定性評価の対象とする斜面は、耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器及び系統を内包する建屋及び構築物（以下「対象施設」という。）と周辺斜面の離間距離に基づき抽出する。

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」では、斜面崩壊事例の到達距離に関する分析結果に基づき、安定性評価の対象とすべき斜面は、斜面法尻と対象施設の離間距離が約 50m 以内あるいは斜面高さの約 1.4 倍以内の斜面としている。

図 28 に斜面法尻から 50m の範囲及び斜面高さの 1.4 倍の範囲を示す。その結果、3 号炉及び 4 号炉の施設の周辺には、安定性評価の対象とすべき斜面がないことを確認した。

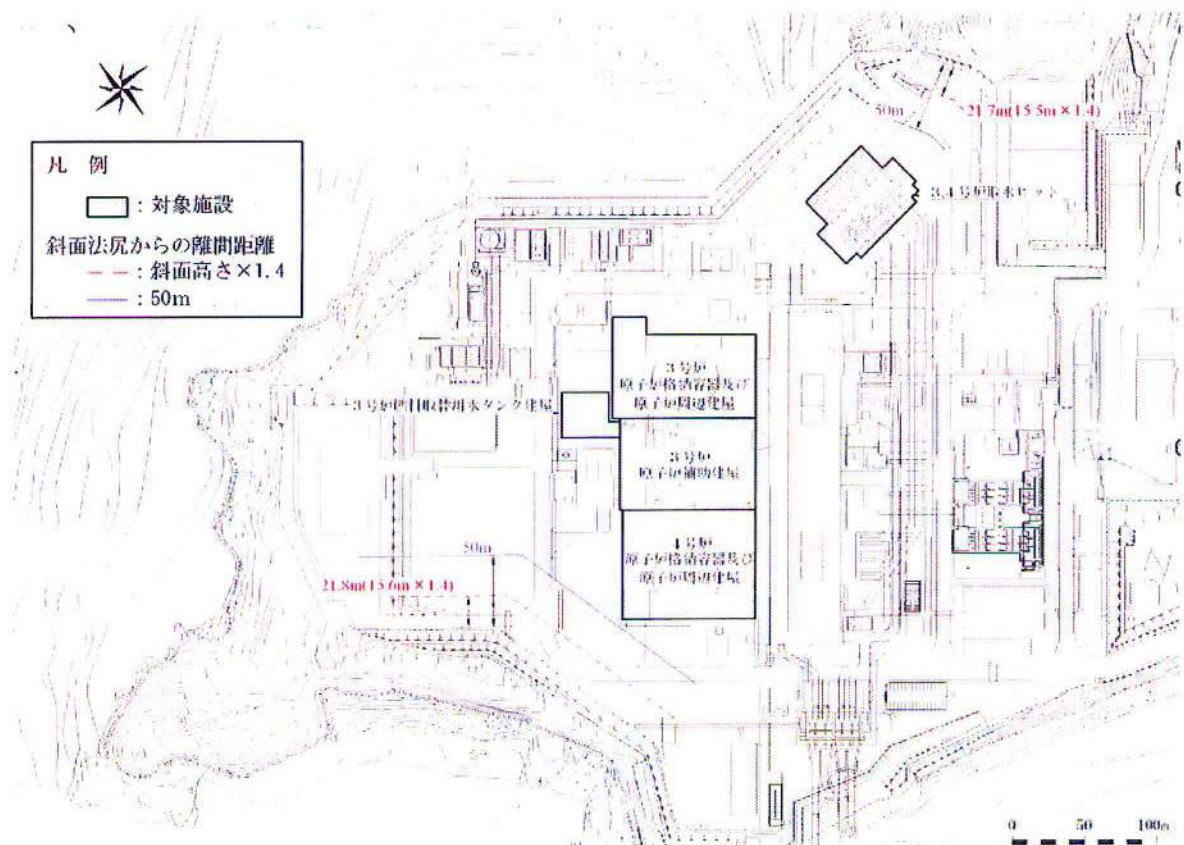


図 28 3号及び4号炉敷地平面図

5 建物・構築物、機器・配管系の安全性の確認

(1) 建物・構築物の安全性

安全上重要な建物・構築物について、基準地震動による地震力に対する安全性を確認するため、基準地震動による各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大応答せん断ひずみ⁴⁹を評価した。

表3に、安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価結果を示す。建物毎に算出した応答せん断ひずみは、最大で 0.70×10^{-3} であり、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」に規定される評価基準値 2.0×10^{-3} に対して十分余裕があり、建物が構造物全体としての変形能力について十分な余裕を有していることを確認した。

表3 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価結果

対象施設		対象部位	評価値 最大応答 せん断ひずみ	評価基準値※
3号機	原子炉建屋	耐震壁	0.66×10^{-3}	$\leq 2.0 \times 10^{-3}$
	原子炉補助建屋		0.34×10^{-3}	
	燃料取替用水タンク建屋		0.06×10^{-3}	
4号機	原子炉建屋	耐震壁	0.70×10^{-3}	

※「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」に基づき設定。

(2) 機器・配管系の安全性

安全上重要な機器・配管系の全数について、構造強度評価⁵⁰を実施するとともに、ポンプ、弁及び制御棒等の地震時の動的機能維持評価⁵¹を実施した。

機器・配管系の発生応力値は、いずれも評価基準値を満足しており、また、動的機能維持の評価結果についても、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME S NC-1)」に基づき算出した評価基準値を満足していることを確認した。

表4に代表的な機器・配管系に対する耐震安全評価結果を示す。

表4 機器・配管系に対する耐震安全評価結果の例（玄海3号機及び4号機）

区分	設備	評価部位	単位	評価値		評価基準値※	
				3号機	4号機	3号機	4号機
止める	炉内構造物	ラジアルサポート	応力(MPa)	103	101	≤372	≤372
	制御棒(挿入性)	—	時間(秒)	1.72	1.73	≤2.2	≤2.2
冷やす	蒸気発生器	給水入口管台	応力(MPa)	276	276	≤474	≤474
	1次冷却材管	加圧器サージ管台	応力(MPa)	167	167	≤378	≤378
	余熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力(MPa)	15	15	≤160	≤160
	余熱除去設備配管	配管	応力(MPa)	110	102	≤342	≤342
閉じ込める	原子炉容器	出口管台	応力(MPa)	153	153	≤314	≤314

※「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(JSME S NC-1)」に基づき算出。

6 津波に対する安全性の確認

(1) 概要

供用中に設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）を策定し、基準津波による発電用原子炉施設への影響を評価する。

基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものを策定する。また、津波の発生要因として、地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因、及びこれらの組み合わせによるものを複数選定し、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定する。

地震に伴う津波については、敷地周辺における海域の活断層の調査結果及び敷地周辺の地震発生状況等を考慮して、施設に与える影響を検討した。

地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因による津波については敷地周辺の地形及び火山に関する調査結果等から、施設に与える影響を検討した。

(2) 敷地周辺に影響を及ぼした過去の津波

文献調査によれば、敷地周辺の沿岸域に被害をもたらした既往津波は認められない。

なお、記録されている敷地周辺の沿岸域における津波高としては、1960年チリ地震津波の唐津における0.4m（全振幅）、1983年日本海中部地震津波の唐津における0.11m、1993年北海道南西沖地震津波の仮屋における0.36mがある。

(3) 基準津波

不確かさ（断層の傾斜角など）を考慮した数値シミュレーション等による検討の結果、基準津波は、海域の活断層による地殻内地震に伴う津波となった。

(4) 基準津波に対する安全性

3号炉及び4号炉取水ピット前面付近における基準津波による最高水位は、朔望平均満潮位を考慮するとT.P.⁵²+3m程度である。また、最低水位は、朔望平均干潮位を考慮するとT.P.-3m程度である。

重要な安全機能を有する設備を内包する建屋はT.P.+11mの敷地に設置されており、基準津波に対して影響を受けるおそれはない。また、重要な安全機能を有する屋外設備である海水ポンプを設置しているエリアに津波が流入することはない。

津波により水位が低下した場合でも、海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはない。

(5) 二次的な影響に対する評価

基準津波により砂が移動した場合の影響について検討し、海水ポンプの

取水性に支障が生じないことを確認している。

第3 まとめ

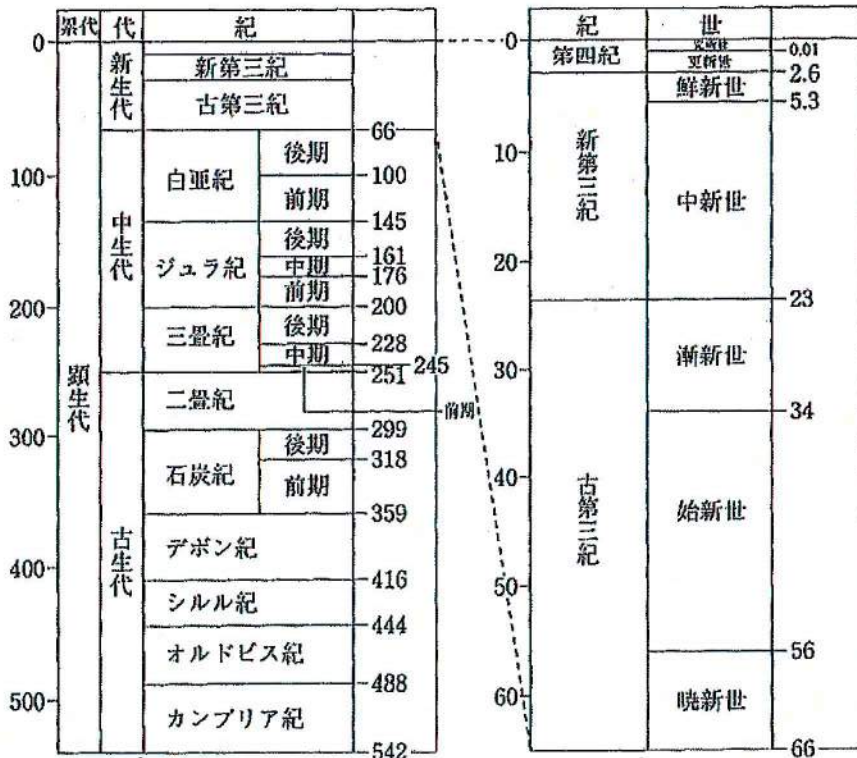
以上のおり、被告は、新たな知見を考慮しても、本件原子力発電所について、地震及び津波に対して、安全上重要な原子炉施設が安全機能を保持できることを確認した。

語句注

- 1 最大加速度：加速度とは、1秒あたりの速度の変化であり、速度が変化するという事は、物体に力が作用した、ということの意味している。一般的に地震の揺れは時々刻々変化する加速度で表される。時々刻々変化する加速度のうち最大の値を最大加速度という。
- 2 ガル：加速度の単位。cm/s²と表されることもある。
- 3 安全注入設備：原子炉冷却材喪失時などに、炉心の冷却を行うための冷却水を注入する設備。加圧水型原子炉では、高圧注入系、低圧注入系及び蓄圧注入系より成る。非常用炉心冷却設備（ECCS）と同義である。
- 4 古第三紀：地質時代を表すもので、約6,500万年前～約2,300万年前の期間とされている。

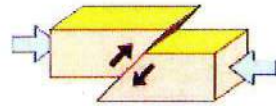
地質年代表

(単位：百万年)



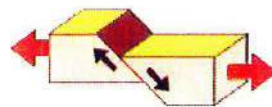
(出典：国立天文台編「理科年表 平成26年」)

- ⁵ 新第三紀：地質時代を表すもので、約 2,300 万年前～約 260 万年前の期間とされている。
- ⁶ 玢岩（ひんがん）：マグマが固結した岩石である火成岩の一種。
- ⁷ 砂岩：主に砂が固結してできた岩石。
- ⁸ 頁岩：主に砂よりも細粒な粒子が固結してできた岩石。
- ⁹ 試掘坑：詳細な地質観察等を行うために掘削した、横坑や立坑といったトンネルのこと。
- ¹⁰ 層理：砂岩、頁岩等の堆積岩の内部構造の一種で、堆積条件の変化等によって成層を呈する構造。
- ¹¹ 岩脈：垂直に近い角度で岩盤中に貫入したマグマが固結した板状の岩体。
- ¹² 逆断層：断層面を挟んで上側の岩盤が下側の岩盤に対して相対的にずり上がった断層。



⇨ ⇩ 圧力(押し力) ⇨ ⇩ 断層がずれる方向

- ¹³ 破碎幅：断層運動に伴い破碎された岩石の厚さ。
- ¹⁴ 正断層：断層面を挟んで上側の岩盤が下側の岩盤に対して相対的にずり下がった断層。

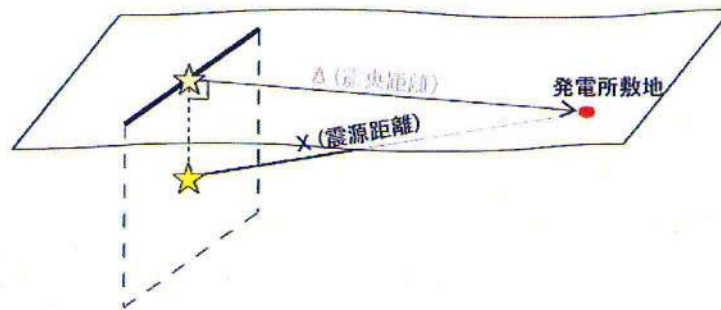


⇨ ⇩ 張力(引き力) ⇨ ⇩ 断層がずれる方向

- ¹⁵ トレンチ調査：現地で断層線（断層面）を横切る方向に細長い溝を掘削して地層を露出させ、断層の性状や過去の活動を把握するための地質調査。
- ¹⁶ 鮮新世：地質時代の区分のひとつ。新生代第三紀の最後の期間で、約 530 万年前から約 260 万年前までの時代と定義されている。東松浦玄武岩類は約 300

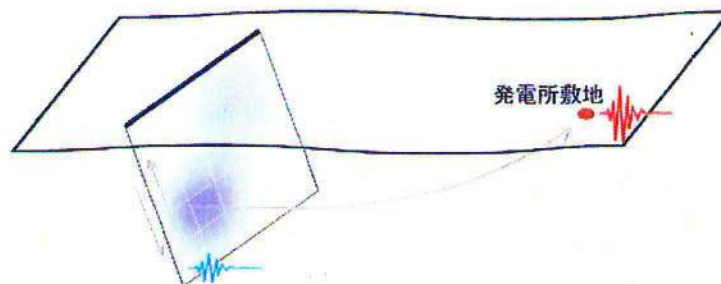
万年前に噴出したもの。

- 17 応答スペクトル：建物等の周期毎の揺れの大きさを表すもの。地震動は様々な周期の波が含まれる複雑な波である。一方、建物等は、特定の揺れやすい周期を有しており、この周期と同じ周期を持つ地震動が到来すると、共振して大きく揺れる。応答スペクトルとは、いろいろな周期を有する建物等に対して、地震動がどのくらいの揺れを生じさせるかを、横軸に周期、縦軸に最大応答値をとって、わかりやすいように描いたものである。応答スペクトルを作成することにより、建物等の周期がわかれば、その地震動によって建物等に生じる揺れの大きさが把握できる。
- 18 応答スペクトルに基づく地震動評価：地震の揺れは、一般に震源の規模が同じであれば、距離とともに小さくなる。震源の規模と距離から揺れを求める計算式を過去の地震記録から経験的に求め、その計算式から求められる揺れの大きさを応答スペクトルとして評価する手法。



応答スペクトルに基づく地震動評価

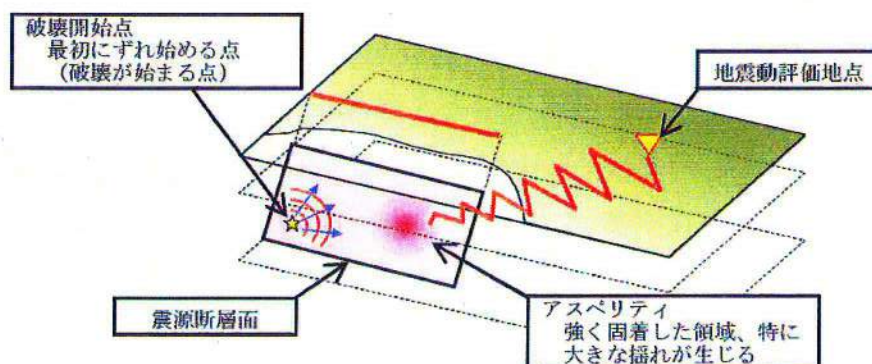
- 19 断層モデルを用いた手法による地震動評価：断層モデルとは、震源の広がりを断層面としてモデル化したもの。断層モデルを用いた手法による地震動評価とは、断層モデルを用いて、震源断層がずれ動くことにより発生した揺れの地中での伝わり方を計算し、敷地の揺れを直接評価する手法。



断層モデルを用いた手法による地震動評価

-
- ²⁰ 内陸地殻内地震：陸のプレート内部で発生する活断層による地震。
- ²¹ 地震カタログ：「最新版 日本被害地震総覧」，「茅野・宇津カタログ(2001)」，「気象庁地震カタログ」等がある。
- ²² プレート間地震：太平洋側沖合から陸の方へ沈み込む海洋プレートと陸のプレートとの境界付近で発生する地震。
- ²³ 海洋プレート内地震：沈み込む海洋プレート内部で発生する地震。
- ²⁴ 変動地形学的調査：断層や褶曲等により動いた形跡のある地形のことを変動地形といい，特にこれに着目した空中写真判読等による調査。
- ²⁵ 地球物理学的調査：地盤中の振動の伝わり方や，場所毎に微小に異なる重力値等の物理的手段を用いて，地下構造を把握する調査のことで，海上で船から海底に向けて音波を発振し，海底からの反射波を受振する海上音波調査や場所毎の重力値を調べる重力探査がある。
- ²⁶ 地表地質調査：現地で地表観察や試料採取等を実施し，地表付近の地質状況を把握する調査。
- ²⁷ 最新の知見：地震調査研究推進本部（2013）における活断層評価等。
- ²⁸ 安全側に評価：想定される地震の規模が大きくなる方向に断層を評価すること。
- ²⁹ Noda et al. (2002)：「Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites」(Noda, S., K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe・OECD-NEA Workshop on the Relation between Seismological Data and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul, 399-408・2002年)
- ³⁰ 解放基盤表面：基準地震動を策定するために，基盤面上の表層や構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって著しい高低差がなく，ほぼ水平で相当な広がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう「基盤」とは，概ねせん断波速度 $V_s=700\text{m/s}$ 以上の硬質地盤であって，著しい風化を受けていないものとする。
- ³¹ 要素地震：断層モデルを用いた手法による地震動評価では，断層面全体を小断層面に分割し，破壊の進展に応じ，小断層面から発生する地震波形を重ね合わせて評価を実施する。要素地震は，小断層面からの生じる地震波形を作成するために各小断層に当てはめる地震のこと。

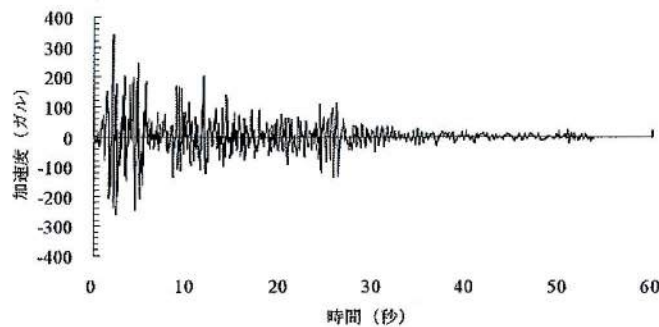
- 32 経験的グリーン関数法：断層モデルを用いた手法において、地震による揺れを計算する方法のひとつで、敷地における地震観測記録を要素地震とする手法。
- 33 理論的方法：断層モデルを用いた手法において、地震による揺れを計算する方法のひとつで、震源断層面から地震波が伝播する地盤構造をモデル化して、理論的に揺れを計算する方法。
- 34 ハイブリッド合成法：短周期領域に採用している地震動評価手法による評価結果と長周期領域に採用している地震動評価手法による評価結果を組み合わせた手法。ここでは、短周期領域で採用している経験的グリーン関数法と長周期領域で採用している理論的手法を組み合わせた手法。
- 35 応力降下量：断層が破壊すると、そこにひずみとして蓄えられていたエネルギーが解放されるため、岩盤中の応力が降下する。応力降下量とは、断層破壊（地震）の直前の応力と直後の応力との差をいう。
- 36 アスペリティ：地震を起こす震源断層面の中でも強く固着した領域で、この部分がずれると特に大きなずれを生じ、大きな揺れが生じる。
- 37 破壊開始点：固着している断層面において、最初にずれ始める点（破壊が始まる点）のことであり、これを起点にして次第に断層面全体に破壊が広がる。



- 38 アスペリティの破壊が敷地に向かう方向となる：破壊開始点、アスペリティ及び地震動評価地点のそれぞれが一直線上になる位置関係になるよう破壊開始点を設定。この場合、震源断層面からの波が重なり合うため、敷地での揺れが大きくなる。
- 39 加藤ほか (2004)：「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

検討一」(加藤研一, 宮腰勝義, 武村雅之, 井上大榮, 上田圭一, 壇一男・日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号, 46-86・2004年)

- 40 設計用応答スペクトル: 耐震設計に用いるものとして, 応答スペクトルに基づく地震動評価結果に基づき, それらを包絡して, 設定した応答スペクトル。
- 41 時刻歴波形: 時々刻々変化する地震の揺れを表す波形。基準地震動では加速度で表している。



時刻歴波形の例

- 42 想定すべり線: 地震による基礎地盤のすべりを仮定した場合に, 滑ろうとする地盤の形状を示す線。
- 43 すべり安全率: 基礎地盤が持つ抵抗力を基礎地盤が滑ろうとする力で除した値。
- 44 ㊶級: 岩石組織は新鮮, 緻密でほとんど風化していない。
- 45 ㊷級: 岩石組織は緻密であるが, 比較的新鮮なものと, やや風化して黄褐色に変色したものが混在する。
- 46 ㊸級: 岩石組織は全て褐色に変色し, 風化して軟質である。
- 47 揺すり込み沈下: 地盤が, 地震による揺れで沈下する現象。
- 48 液状化: 地下水位の高い砂地盤等が, 地震による揺れで液体のようになる現象。
- 49 最大応答せん断ひずみ: 耐震壁が地震による力を受けたときの変形量を耐震壁の高さで除した値の最大値。
- 50 構造強度評価: 機器・配管系に必要な構造上の機能が地震後にも維持できることを確認する評価。

⁵¹ 動的機能維持評価：ポンプ等の動的機器に必要な動的機能が地震後にも維持できることを確認する評価。

⁵² T.P.：東京湾平均海面。

