

第4章 目次

4. 基準地震動 S_s の策定	4-1
4.1 基準地震動 S_s の策定方針	4-1
4.2 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	4-1
4.2.1 敷地周辺で発生する地震に関する調査	4-1
4.2.1.1 過去の被害地震	4-2
4.2.1.2 敷地周辺の地震発生状況	4-4
4.2.1.3 敷地周辺の活断層の分布状況	4-4
4.2.2 敷地地盤特性の調査	4-5
4.2.2.1 弾性波速度	4-5
4.2.2.2 減衰構造	4-5
4.2.2.3 地盤構造モデル	4-5
4.2.2.4 解放基盤表面の設定	4-6
4.2.2.5 地震観測	4-6
4.2.2.6 地盤構造モデルの検証	4-6
4.2.3 検討用地震の選定	4-7
4.2.3.1 内陸地殻内地震	4-7
4.2.3.2 プレート間地震	4-8
4.2.3.3 海洋プレート内地震	4-8
4.2.4 検討用地震の地震動評価手法	4-9
4.2.4.1 応答スペクトルに基づく地震動評価手法	4-9
4.2.4.2 断層モデルを用いた地震動評価手法	4-11
4.2.5 検討用地震の地震動評価	4-12
4.2.5.1 応答スペクトルに基づく地震動評価	4-12
4.2.5.2 断層モデルを用いた地震動評価	4-13
4.3 震源を特定せず策定する地震動	4-14
4.3.1 地域性に関する検討	4-14
4.3.1.1 領域震源区分から推定される地震の規模	4-14
4.3.1.2 震源深さ分布の地域性に関する検討	4-14
4.3.2 震源を特定せず策定する地震動の検討結果	4-15
4.4 基準地震動 S_s の選定	4-15
4.5 入力地震動の評価	4-16
4.6 基準地震動 S_s の超過確率	4-17

4. 基準地震動 S_s の策定

4.1 基準地震動 S_s の策定方針

京都大学原子炉実験所の基準地震動 S_s は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(平成 18 年 9 月 19 日, 原子力安全委員会)に従い、「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」(平成 18 年 9 月 20 日, 原子力安全・保安院)を参考に、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。

基準地震動 S_s は、以下の方針により策定することとする。

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

次いで、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」について検討する。

4.2 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

4.2.1 敷地周辺で発生する地震に関する調査

日本付近は、2つの陸のプレート(ユーラシアプレート, 北米プレート)と2つの海のプレート(太平洋プレート, フィリピン海プレート)が接し、陸のプレートの下に海のプレートがもぐり込むプレート収束境界に位置している。第4.2.1-1図に、プレート境界と境界におけるプレート運動の方向と相対速度を示す⁽¹⁾。南海地震の震源域でのもぐり込みの相対速度は約7~8cm/年, 東南海地震の震源域では約4~5cm/年と推定されている⁽²⁾。ユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界である駿河トラフ・南海トラフから北西に傾き下るプレート境界面では、過去に約100年~150年の間隔で、マグニチュード(以下「M」と記す。)8を超えるプレート間地震が発生している。また、近畿地方における活断層の多くは南北方向の走向を示す逆断

層又は東西方向の走行を示す横ずれ断層であり，この地域が東西方向に圧縮されていることを示唆している。

敷地周辺では，上記に対応するように地震が発生しており，その発生様式から陸域の浅いところで発生する「内陸地殻内地震」，太平洋沖合の南海トラフから陸側に向かって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「プレート間地震」及び沈み込む（沈み込んだ）海洋プレート内部で発生する「海洋プレート内地震」の3種類に大別される。

敷地周辺における過去の被害地震，地震の発生状況及び活断層の分布状況を以下のとおり整理する。

4.2.1.1 過去の被害地震

日本国内の地震被害に関する記録は古くからみられ，これらを収集，編集したのものとして，「増訂 大日本地震史料」⁽³⁾，「日本地震史料」⁽⁴⁾，「新収 日本地震史料」⁽⁵⁾，「日本の歴史地震史料」⁽⁶⁾等の地震史料がある。

また，地震史料及び明治以降の地震観測記録を基に，主な地震の震央位置，地震規模等を取りまとめた地震カタログとして，「理科年表 平成21年(2008)」⁽⁷⁾，「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁸⁾，「宇津カタログ(1982)」⁽⁹⁾，「気象庁地震カタログ」⁽¹⁰⁾，「宇佐美カタログ(1979)」⁽¹¹⁾，「地震活動総説」⁽¹²⁾等がある。

「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁸⁾及び「気象庁地震カタログ」⁽⁹⁾に記載されている被害地震のうち，敷地からの震央距離が200km以内の主な被害地震の諸元を第4.2.1-1表に，それらの震央分布を第4.2.1-2図に示す。

ここで，第4.2.1-1表に示す被害地震は，2001年以前については「最新版 日本被害地震総覧」に基づき，2002年以降については「気象庁地震カタログ」⁽¹⁰⁾に基づき選定している。

また，地震の規模及び震央位置は，地震カタログによる地震諸元の違いを考慮しても敷地に与える影響が小さいことを確認の上，1922年以前の地震については「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁸⁾による値を，1923年以降の地震については「気象庁地震カタログ」⁽¹⁰⁾による値を用いている。

第4.2.1-2図及び第4.2.1-1表によると，太平洋側の海域では，

1605年慶長地震(M7.9), 1707年宝永地震(M8.4), 1854年安政東海地震(M8.4), 1854年安政南海地震(M8.4), 1944年昭和東南海地震(M7.9), 1946年昭和南海地震(M8.0)のようにM8クラスのプレート間地震が数多く発生している。

一方, 海洋プレート内地震として, 2004年に紀伊半島南東沖の地震(M7.1)及び東海道沖の地震(M7.4)が発生している。

陸域においては, 敷地からの震央距離が50km以上であるが, 846年播磨・山城の地震(M7.0), 1185年近江・山城・大和の地震(M7.4)及び1854年安政伊賀上野地震(M7.3)のようにM7クラスの内陸地殻内地震が発生している。

なお, 敷地から50km以内では, 敷地から約35kmのところでは1510年摂津・河内の地震(M6.8), 敷地から約45kmのところでは1596年慶長伏見地震(M7.5), 敷地から約40kmのところでは1995年兵庫県南部地震(M7.3)が発生している。敷地から30km程度以内では, 1987年和歌山県北東部の地震(M5.6)以外に被害地震は発生していない。

第4.2.1-2表に示す気象庁震度階級関連解説表⁽¹³⁾によると, 木造建物においては, 震度5弱の現象や被害として, 『耐震性の低い住宅では, 壁などに軽微なひび割れ・亀裂がみられることがある。』とされており, 鉄筋コンクリート造建物においては震度5強の現象や被害として, 『耐震性の低い建物では, 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。なお, 気象庁震度階級関連解説表⁽¹³⁾は, 1996年に制定され, 2009年に改定されたものである。従って, 地震により建物等に被害が発生するのは震度5弱(改定前の気象庁震度階級が制定された1996年以前は震度V)程度以上であり, 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分類する。

「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁸⁾及び「気象庁地震カタログ」⁽¹⁰⁾に記載されている震度分布図において, 敷地周辺の揺れが震度5弱(震度V)程度以上であったと推定される地震は, 第4.2.1-3表に示すとおりである。

「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁸⁾に示されている地震のなかには, 敷地周辺の震度並びに建物等の被害が明らかでない地震もあるため, 地震の規模及び震央距離と震度との関係⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾から敷地における震度を推定した(第4.2.1-3図)。第4.2.1-3図によると, 敷地における

揺れが震度 5 弱(震度 V)程度以上と推定される地震は第 4.2.1-4 表に示すとおりである。

4.2.1.2 敷地周辺の地震発生状況

「気象庁地震カタログ」⁽¹⁰⁾に記載されている 1923 年～2007 年までの地震のうち、敷地周辺で発生した M5.0 以上の地震の震央分布を第 4.2.1-4 図に示す。

また、2005 年～2007 年までの間に敷地周辺で発生した M5.0 以下の地震のうち、震源深さが 0-30km, 30-60km, 60-90km 及び 90km 以上の震央分布を第 4.2.1-5 図に、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 4.2.1-6 図に、太平洋プレートの沈み込みの様子を等深線で表したもの⁽²⁾を第 4.2.1-7 図にそれぞれ示す。

これらの図によると、敷地周辺における地震活動の特徴は以下のとおりである。

(1) 敷地周辺における地震の震央分布図によると、六甲・淡路断層帯、有馬・高槻断層帯、北摂山地及び、和歌山盆地で地震が数多く発生している。

(2) 太平洋側の海域で発生する地震は、フィリピン海プレートの沈み込みに沿って震源が分布しており、陸域に近づくにつれてその震源が深くなっている。

(3) 敷地から 100km 以内では、M7 以上の地震として、1995 年兵庫県南部地震 (M7.3) が発生している。

4.2.1.3 敷地周辺の活断層の分布状況

「3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質及び地質構造」によると、敷地周辺における考慮すべき活断層として、生駒断層帯、上町断層帯、中央構造線断層帯及び大阪湾断層帯が挙げられる。これらの活断層の分布を第 4.2.1-8 図に、その諸元を第 4.2.1-5 表に示す。なお、第 4.2.1-5 表において、断層長さ地震規模の関係は松田(1975)⁽¹⁶⁾による式に基づいている。

これらの活断層は地震調査研究推進本部(2006)⁽¹⁷⁾が長期評価の対象とした断層に含まれている。

なお、敷地周辺には地表断層長さが短く、「孤立した短い活断層」として考慮する活断層は存在しない。

4.2.2 敷地地盤特性の調査

4.2.2.1 弾性波速度及び非線形特性

原子炉建屋近傍のボーリング孔で実施した PS 検層の結果を第 4.2.2-1 図に示す。原子炉建屋基礎底(深度 7.3m)の位置で、P 波速度は約 1.6km/s、S 波速度が約 0.4km/s であり、風化花崗岩の上面(深度 175m)まで、深さ方向に緩やかに増加する傾向が認められる。風化花崗岩の上部の堆積層(深度 175m 付近)では、P 波速度は 2.1km/s 程度、S 波速度は 1.0km/s 程度である。花崗岩上端(深度 181m 付近)の P 波速度は 3.5km/s 程度、S 波速度は 1.6km/s 程度である。

ボーリング孔から採取した試料を用いて三軸動的変形試験を実施した層を第 4.2.2-1 表に、三軸動的変形試験の結果(地盤の非線形特性)を第 4.2.2-2 図に示す。

4.2.2.2 減衰構造

(1) 統計的グリーン関数法に用いる減衰構造

統計的グリーン関数法に用いる減衰構造は、解放基盤以深の Q 値構造(減衰構造)として川瀬・松尾(2004)⁽¹⁸⁾の $Q=204f^{0.65}$ を用いる。

(2) 理論的手法に用いる減衰構造

理論的手法に用いる減衰構造(Q 値)は、既往の研究(川辺, 釜江, 2006⁽¹⁹⁾)から S 波速度より換算した値(Q 値は S 波速度(m/s)の 2 分の 1)を用いる。

4.2.2.3 地盤構造モデル

(1) 統計的グリーン関数法に用いる地盤構造モデル

「4.2.2.1 弾性波速度」で示した速度構造を基に、原子炉建屋直下の地盤構造モデルを第 4.2.2-1 表及び第 4.2.2-3 図に示すように設定した。

(2) 理論的手法に用いる地盤構造モデル

大阪平野の速度構造は、堀川・他(2003)⁽²⁰⁾を基に堆積層 3 層と地震基盤の 4 層構造からなるモデルを設定した(第 4.2.2-2 表, 第 4.2.2-4 図)。大阪平野外の地盤構造は Kawabe and Kamae (2008)⁽²¹⁾のモデルを採用した(第 4.2.2-3 表, 第 4.2.2-5 図)。

4.2.2.4 解放基盤表面の設定

「3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質及び地質構造」によると、敷地周辺では新第四紀の砂礫層・砂層・シルト層・粘土層から構成される大阪層群の最下部にあたる泉南累層が分布し、その下には基盤岩の成合花崗岩が分布している。

ボーリング調査の結果によると、深度 161m 以深では、S 波速度が 0.7km/s 以上となり、深度 175m に風化花崗岩の上面、深度 181m に新鮮な花崗岩の上面がある。第 4.2.2-1 表及び第 4.2.2-3 図に示したように、S 波速度が 0.7km/s 以上の層及び風化花崗岩の層厚が薄いことから、深度 181m の花崗岩の上面位置に解放基盤表面を設定する。

4.2.2.5 地震観測

敷地地盤における地震観測として、2006 年 12 月から第 4.2.2-6 図に示す位置で鉛直アレイ観測を実施しており、観測点は第 4.2.2-7 図に示すように、深さ 200m、85m、13m 及び地表の 4 地点である。記録が得られた地震のうち震央距離が 100km 以内の地震については、マグニチュード 4 以上 4.5 未満の地震が 3 地震、マグニチュード 4.5 以上の地震は 1 地震である。

また、第 4.2.2-6 図に示す臨界集合体実験装置建屋内では、1995 年以前から地震観測を実施しており、1995 年兵庫県南部地震の本震の記録が得られている。

4.2.2.6 地盤構造モデルの検証

観測した地震記録を用いて第 4.2.2-1 表及び第 4.2.2-3 図に示した地下構造モデルの妥当性の検証を行う。ここでは、地下 200m で観測した記録を入力として、設定した地下構造モデルを用い、線形応答計算⁽²²⁾により地表の地震波形を計算し、観測波形との比較からモデルの検証を行う。

計算に用いる記録は、2007 年 7 月 16 日に奈良県中部で発生した M4.7、震源深さ 56.8km の地震の記録である。

計算波形と観測波形の比較を第 4.2.2-8 図に示す。第 4.2.2-8 図から、計算波形は観測波形と概ね一致しており、原子炉建屋直下の地下構造は適切にモデル化されていると考えられる。

4.2.3 検討用地震の選定

「4.2.1 敷地周辺で発生する地震に関する調査」を踏まえ、敷地に特に大きな影響を与えると考えられる地震を検討用地震として地震発生様式ごとに選定する。

4.2.3.1 内陸地殻内地震

第 4.2.1-3 表及び第 4.2.1-4 表に示した地震のうち、内陸地殻内地震は、1510 年摂津・河内の地震、1596 年畿内及び近隣の地震（慶長伏見地震）、1662 年近江・若狭地震、1891 年濃尾地震、1927 年北丹後地震、1995 年兵庫県南部地震である。

次に、第 4.2.1-5 表に示した敷地周辺の主な活断層と被害地震との関係を第 4.2.3-1 図に、M5.0 以下の地震との関係を第 4.2.3-2 図にそれぞれ示す。なお、第 4.2.3-1 図には、参考として六甲・淡路断層帯及び有馬・高槻断層帯の位置も示している。第 4.2.3-1 図によると、有馬・高槻断層帯付近において、1596 年慶長伏見地震(M7.5)が、六甲・淡路断層帯において 1995 年兵庫県南部地震が発生しているが、敷地を中心とする半径 30km 範囲内の活断層と被害地震との対応は認められない。さらに、第 4.2.3-2 図によると、敷地周辺に存在する主な活断層の位置と M5.0 以下の地震の震央分布の間にも明瞭な対応は認められない。

以上述べたように、過去の被害地震による敷地での震度から判断して、敷地を中心とする半径 30km 範囲内に存在する活断層と比べ敷地への影響は小さいと考えられるため、検討用地震の対象とはしない。従って、第 4.2.1-5 表に示した敷地周辺の主な活断層より検討用地震を選定することとする。

第 4.2.1-5 表に示した敷地周辺の主な活断層帯による地震を対象として、後述の Noda et al. (2002) ⁽²³⁾の方法により、その適用範囲も検討したうえで応答スペクトルを評価した。評価した応答スペクトルの比較を第 4.2.3-3 図に、応答スペクトルの算定に用いた活断層の諸元を第 4.2.3-1 表に示す。

第 4.2.3-3 図に示す内陸地殻内地震の応答スペクトル評価にあたっては、1995 年兵庫県南部地震時の敷地内の観測点で得られた地震観測記録に基づく検討(第 4.2.4-3 図)によって、Noda et al. (2002)による応答スペクトルの内陸補正係数を考慮した。

第 4.2.3-3 図より，敷地への影響が最も大きい中央構造線断層帯による地震を検討用地震として選定した。また，上町断層帯は大阪平野の北部から敷地に向かって南に延びる断層であり，震源断層の破壊様式によっては敷地への影響が危惧されるため，上町断層帯による地震についても検討用地震として選定した。

4.2.3.2 プレート間地震

四国から駿河湾までの太平洋沿岸を含む南海トラフ沿いの地域では，M8 クラスのプレート間地震が繰り返し発生している⁽²⁾。「4.2.1 敷地周辺で発生する地震に関する調査」によると，第 4.2.1-3 表及び第 4.2.1-4 表に示した地震のうち，プレート境界で発生した地震は，887 年五畿七道の地震，1099 年南海道・畿内の地震，1361 年畿内・土佐・阿波の地震，1707 年宝永地震 (M8.4)，1854 年安政東海地震 (M8.4)，1854 年安政南海地震 (M8.4)，及び 1944 年昭和東南海地震 (M7.9) であり，これらの地震は全て南海トラフ沿いのプレート境界で発生した地震である。

地震調査研究推進本部 (2001)⁽²⁾では，次の南海トラフ沿いの地震の発生位置 (領域) 及び震源域の形態を，既往の調査結果から総合的に判断し，第 4.2.3-4 図のように示している。ここでは，地震調査研究推進本部 (2001)⁽²⁾の想定東南海地震及び想定南海地震をもとに震源を想定し，東南海地震，南海地震及び，東南海地震と南海地震が連動して発生する東南海・南海地震の 3 ケースをプレート間地震の検討用地震として選定して，敷地への影響を評価する。

4.2.3.3 海洋プレート内地震

「4.2.1 敷地周辺で発生する地震に関する調査」によると，第 4.2.1-3 表及び第 4.2.1-4 表に示した地震のうち海洋プレート内地震は，海溝軸付近から陸側の沈み込んだ海洋プレート内で発生したと考えられる 1952 年吉野地震 (M6.8) のみである。また，海溝軸のやや沖合の沈み込む海洋プレート内において発生した地震の最大規模は，2004 年の東海道沖の地震の M7.4 であるが，これらの地震時における敷地内での震度は 4 であり，施設への影響はなかった。

一方，地震調査研究推進本部 (2006)⁽¹⁷⁾は，確率論的地震動予測地図の作成において，「震源断層を予め特定しにくい地震」を領域震源

として考慮しており，第 4.2.3-5 図に示すように敷地が位置する領域における海洋プレート内地震の最大規模は M7.4 であるとしている。

従って，地震調査研究推進本部(2006)⁽¹⁷⁾による「震源断層を予め特定しにくい地震」の領域震源の考え方にに基づき M7.4 の地震を想定し，プレート内地震として敷地へ及ぼす影響を評価する。海洋プレート内地震の震源位置は，震源の不確かさを考慮し，敷地への影響が最も大きくなるよう，敷地直下のプレート内に震源を設定する。

地震調査研究推進本部(2001)⁽²⁾によれば，第 4.2.1-7 図に示したように敷地直下のプレート上面深さは約 50km である。一方，第 4.2.1-6 図に示した M5.0 以下の地震の震源の深さ分布から，敷地直下のプレート上面深さは約 60km である。また，第 4.2.1-7 図から，敷地直下のプレート厚さは約 20km であると推定されており，ここでは敷地直下のプレート上面深さを 60km とし，プレートの上端と下端の中央で海洋プレート内地震が発生すると仮定し，検討用地震はマグニチュードを 7.4，震源深さ 70km (=震源距離)として評価する。

4.2.4 検討用地震の地震動評価手法

「4.2.3 検討用地震の選定」で選定された検討用地震を対象として，「応答スペクトルに基づく地震動評価」を実施し，その結果，敷地への影響が大きい地震については「断層モデルを用いた地震動評価」も実施する。

検討用地震の地震動は，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。

地震動評価にあたっては，敷地に大きな影響を与えると考えられる震源パラメータに対して不確かさを考慮する。

4.2.4.1 応答スペクトルに基づく地震動評価手法

応答スペクトルに基づく地震動評価手法としては，解放基盤表面の地震動として評価できること，震源の広がりやが考慮できること，敷地における地盤特性が考慮できること，更に水平方向及び鉛直方向の地震動が評価できることが必要とされることから，ここでは Noda et al. (2002) を採用することとする。なお，採用にあたっては，原子力安全委員会における検討⁽²⁴⁾も参照し，評価対象の地震の規模，震源距離等から，適用条件及び適用範囲を検討する。

Noda et al. (2002)⁽²³⁾は、水平・鉛直地震動の応答スペクトルをマグニチュード M 、等価震源距離 X_{eq} 、解放基盤表面の弾性波速度及び地震基盤以浅の表層地盤の卓越周期を用いて評価する方法である。水平地震動の応答スペクトルについての考え方を第 4.2.4-1 図に示す。

海洋プレート内地震の応答スペクトル及びプレート間地震については、地震規模が Noda et al. (2002) の適用範囲内となる地震の記録が得られておらず、補正の可否を検討することができないため、Noda et al. (2002) による評価結果をそのまま用いる。

内陸地殻内地震については、第 4.2.2-6 図に示す臨界集合体実験装置（以下 KUCA という）建屋内において 1995 年兵庫県南部地震の観測記録が得られているため、次の手順で内陸補正の可否を検討した。

1. 地表と KUCA 建屋内（ベースマット上）の観測記録のスペクトル比から、地表に対する KUCA 建屋への伝達特性を評価。
2. 1. で求めた伝達特性を用いて KUCA 建屋内の兵庫県南部地震の観測記録から地表の地震動を推定。
3. 第 4.2.2-1 表の地下構造モデルを用いて 2. で推定した地震動から、地震基盤からの地震波の入射角を考慮して解放基盤面の地震動を推定
4. 3. で求めた地震動の応答スペクトルと応答スペクトルに基づく地震動評価結果を比較

ここで、地表から KUCA 建屋内への伝達特性を評価するため、「4.2.2.6 地盤構造モデルの検証」において示した地震（2007 年 7 月 16 日に奈良県中部で発生した M4.7 の地震）の観測記録を用いた。また、兵庫県南部地震の地震基盤からの地震波の入射角は、震源と地盤モデルの最下層の P 波及び S 波速度を考慮して 45 度とした。

地表から KUCA 建屋への伝達特性を第 4.2.4-2 図に、地表から KUCA 建屋への伝達特性を考慮し観測記録から求めた兵庫県南部地震の解放基盤における応答スペクトルと応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比を第 4.2.4-3 図に示す。第 4.2.4-3 図には Noda et al. (2002) による内陸地殻内地震の補正による低減も合わせて示して

いる。なお、第 4.2.4-2 図の水平方向の伝達特性には 0.2 秒及び 0.3 秒の卓越周期が見られるが、この卓越周期は、建屋の強制振動実験⁽²⁵⁾における共振周期（0.2 秒と 0.28 秒）と整合することを確認している。

解放基盤における観測記録より求めた応答スペクトルと応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比は、Noda et al. (2002) による内陸地殻内地震の補正による低減をほぼ下回るため、ここでは Noda et al. (2002) による内陸地殻内地震の補正をそのまま用いる。

4.2.4.2 断層モデルを用いた地震動評価手法

断層モデルを用いた地震動評価手法とは、巨視的及び微視的断層パラメータを設定し、震源断層面での破壊伝播や震源から敷地までの地震波伝播特性を考慮して地震動を評価する手法である。

(1) 震源断層のモデル化

震源断層のモデル化は、地震調査研究推進本部（2008）⁽²⁶⁾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」）の特性化震源モデルのパラメータ設定に従って行う。

ここで、内陸地殻内地震については、震源断層の断層上端深さ及び下端深さは、当該領域における微小地震の震源分布から推定した地震発生層⁽²⁷⁾、⁽²⁸⁾や地震調査研究推進本部による活断層評価及び大阪府による断層モデル⁽²⁹⁾を参考にして評価する。

(2) 地震動評価手法

地震動評価手法は、敷地における適切な地震観測記録がないため、短周期領域は統計的グリーン関数法により、長周期領域は差分法を用いて評価し、それらを組み合わせることによって広帯域地震動が評価できるハイブリッド法を採用する。なお、ここでは両者の接続周期は 1.25 秒とする。

a. 統計的グリーン関数法

釜江・他(1991)⁽³⁰⁾による統計的グリーン関数法を用い地震波形を計算する。また、統計的グリーン関数におけるラディエーション係数は、釜江・他(1990)⁽³¹⁾に従って設定する。

b. 差分法

差分法は、対象断層と敷地とを含む地殻・地盤を 3 次元的にモデル化し、敷地周辺の地下構造の 3 次元的な影響を評価することができる。ここでは、不等間隔のスタッガードグリッドを用いた空間 4 次・時間 2 次の精度の差分法⁽³²⁾により地震動を評価する。

4.2.5 検討用地震の地震動評価

4.2.5.1 応答スペクトルに基づく地震動評価

「4.2.4.1 応答スペクトルに基づく地震動評価手法」に従って評価した。ここで、地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅率は、Noda et al. (2002)⁽²³⁾による第 4.2.5-1 図を参考にして評価した。

検討用地震の震源モデルを第 4.2.5-2 図及び第 4.2.5-3 図に、応答スペクトル算定に用いる震源の諸元を第 4.2.5-1 表に、評価した応答スペクトルを第 4.2.5-4 図に示す。なお、中央構造線断層帯の震源モデルは、地震調査研究推進本部による断層モデル⁽³³⁾を参照して傾斜角を 43 度とした。ここで設定した断層モデルは、金剛断層と五条谷断層は断層面を共有するため、和泉山脈南縁の五条谷断層から、根来断層をへて、磯ノ浦断層までの断層長さを中央構造線断層帯の長さ (60km) とした。また、Noda et al. (2002)⁽²³⁾に基づく応答スペクトルの設定の際に用いたマグニチュードと震源距離の関係、及びここで評価した断層のマグニチュードと震源距離の関係を第 4.2.5-5 図に示す。中央構造線断層帯は概ね極近距離の地震であり、その他の地震は中距離から遠距離の地震となっており、原子力安全委員会における検討⁽²⁴⁾も踏まえて検討した結果、ここで評価した地震は Noda et al. (2002)⁽²³⁾に基づく応答スペクトルの適用範囲内である。

次に、第 4.2.5-4 図に示した応答スペクトルのうち、敷地への影響が最も大きいと考えられる中央構造線断層帯 (M7.8) の地震の応答スペクトルに適合する模擬地震波を作成する。

(1) 模擬地震波の作成手法及び作成条件

水平方向の模擬地震波及び鉛直方向の模擬地震波は、地震動の振幅包絡線の経時的変化に基づく一様乱数の位相を持つ正弦波の重ね

合わせにより作成するものとし，振幅包絡線の経時的变化については，Noda et al. (2002)⁽²³⁾に基づき第 4.2.5-2 表に示す形状とする。

模擬地震波は以下の作成条件に適合するように作成する。

a. スペクトル比の最小値

周期 0.02s～5.0s の間で，減衰定数 5% のスペクトル比 $R(T)$ を算出し，0.85 以上であること。

$$R(T) = \frac{S_{v1}(T)}{S_{v2}(T)} \geq 0.85$$

ここで，

T : 周期

$S_{v1}(T)$: 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

b. スペクトル強度比

周期 0.1s～2.5s の減衰定数 5% のスペクトル強度を算出し，目標スペクトルのスペクトル強度との比が 1 以上であること。

$$\text{SI 比} : \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\overline{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}} \geq 1.0$$

ここで，

$S_v(T)$: 模擬地震波の応答スペクトル (cm/s)

$\overline{S_v(T)}$: 目標とする応答スペクトル (cm/s)

(2) 模擬地震波の作成結果

水平方向の地震動の目標応答スペクトルと模擬地震波の応答スペクトルの比較を第 4.2.5-6 図に，模擬地震波の時刻歴波形を第 4.2.5-7 図に示す。

4.2.5.2 断層モデルを用いた地震動評価

「4.2.5.1 応答スペクトルに基づく地震動評価」において評価した検討用地震のうち，敷地への影響が最も大きい中央構造線断層帯による地震及び震源断層の破壊様式によっては敷地に大きな影響を与える可能性がある上町断層帯による地震を対象として，「4.2.4.2 断層モデルを用いた地震動評価手法」に従って地震動を評価した。

内陸地殻内地震の評価にあたっては、第 4.2.5-3 表に示す不確かさの考慮の考え方に従って、アスペリティの配置と応力降下量に対して、震源モデルの不確かさを考慮した。

第 4.2.5-2 図に示した震源に対する震源パラメータを第 4.2.5-4 表に示す。

また、それぞれの断層を対象として評価した結果について、時刻歴波形を第 4.2.5-8 図に応答スペクトル図を第 4.2.5-9 図に示す。

4.3 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ことから、「震源を特定せず策定する地震動」について検討する。

4.3.1 地域性に関する検討

「震源を特定せず策定する地震動」の策定にあたっては、震源と活断層とを関連付けることが困難な地震（以下、「震源を特定しにくい地震」という。）の敷地周辺における地域性を考慮する。

4.3.1.1 領域震源区分から推定される地震の規模

地震調査研究推進本部(2009)⁽³⁴⁾は、全国地震動予測地図の作成において、「震源断層を予め特定しにくい地震」を領域震源として考慮している。地震調査研究推進本部(2009)⁽³⁴⁾による領域震源の区分は、第 4.3.1-1 図に示す垣見・他(2003)⁽³⁵⁾による地震地体構造区分に基づき第 4.3.1-2 図に示すように設定されており、敷地が位置する領域 13 における「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大規模は、M6.8（1909 年、姉川地震）とされている。なお、領域 13 は、垣見・他(2003)⁽³⁵⁾による領域 10C3 に相当する。

従って、領域震源区分から推定される敷地周辺における「震源を特定しにくい地震」の最大規模は 6.8 程度と考えられる。

4.3.1.2 震源深さ分布の地域性に関する検討

「4.2.4 検討用地震の選定」によると、敷地周辺における地震発

生層は，上限深さ約 4km，限深さ約 15km となり，その厚さは 11km 程度と推定される。

「震源を特定しにくい地震」の最大規模が，地震発生層を飽和する震源断層による地震であると考え，地震発生層の上限から下限まで広がる断層幅及びそれに等しい断層長さをもつ震源断層を仮定した場合，地震発生層から推定される地震の規模は，入倉・三宅(2001)⁽³⁶⁾による断層面積と地震モーメントの関係式及び武村(1990)⁽³⁷⁾による地震モーメントとマグニチュード M の関係式を介して鉛直断層では $M6.3$ ，傾斜角 45 度の断層では $M6.7$ に相当する。

4.3.2 震源を特定せず策定する地震動の検討結果

以上を踏まえると，領域震源区分及び地震発生層から推定される敷地周辺における「震源を特定しにくい地震」の最大規模は $M6.8$ 程度であると考えられる。一方，敷地近傍には中央構造線断層帯 ($M7.8 \sim 8.0$) が存在し，敷地直下にまで広がる震源断層面を想定しており，「震源を特定しにくい地震」の最大規模 ($M6.8$) を大きく上回るものであり，中央構造線断層帯による地震と比較して，震源を特定せず策定する地震動は本敷地に対して施設の耐震安全性評価に影響を及ぼさないと判断し，基準地震動 S_s の選定に際しては考慮しないこととする。

ちなみに，震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について，加藤ほか(2004)⁽³⁸⁾は，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提案している。解放基盤における加藤ほか(2004)⁽³⁸⁾による応答スペクトルと中央構造線断層帯の断層モデルにより評価した地震動の応答スペクトルの比較を第 4.3.2-1 図に示す。中央構造線断層帯のケース 3 のモデルによる応答スペクトルは，加藤ほか(2004)⁽³⁸⁾による応答スペクトルを上回っている。

4.4 基準地震動 S_s の選定

基準地震動 S_s は，原子炉建屋及び機器への影響が最も大きいと考

えられる地震動を、「4.2.5.1 応答スペクトルに基づく地震動評価」と「4.2.5.2 断層モデルを用いた地震動評価」の両評価結果からそれぞれ選ぶ。

「4.2.5.1 応答スペクトルに基づく地震動評価」において、全周期帯において大きな応答値を示すのは中央構造線断層帯（M7.8）であり、この応答スペクトルに基づく地震動を基準地震動 S_s-1 とする。

「4.2.5.2 断層モデルを用いた地震動評価」において策定した地震動のうち、最大加速度が最も大きく、建屋等への影響が大きい短周期領域における応答スペクトルが最も大きくなる中央構造線断層帯のケース 3 による地震動を基準地震動 S_s-2 とする。なお、中央構造線断層帯のケース 4 の結果は、時刻歴波形の鉛直動の最大振幅が大きくなっており、ケース 3 と比較し有意に小さいとは言えないため、ケース 4 による結果も基準地震動 S_s-3 として選定する。選定した基準地震動の応答スペクトルの比較を第 4.4.1-1 図に示す。

4.5 入力地震動の評価

前節で選定した基準地震動は、中央構造線断層帯を想定した応答スペクトルに基づく地震動（S_s-1）及び断層モデルによる地震動（S_s-2, S_s-3）であり、震源域が敷地に近く、震源での破壊過程の影響が大きいことから、ここでは断層モデルによる地震動評価を重視し、基準地震動 S_s-2 及び S_s-3 を対象として入力地震動を評価する。ちなみに、施設への影響の大きい水平方向地震動については基準地震動 S_s-1 の応答スペクトルは、基準地震動 S_s-2 及び S_s-3 と比べて小さいことを確認している。

「4.2.3.3 地盤構造モデル」に示した 1 次元地盤構造モデルを用い、解放基盤表面（-181m）から建屋基礎盤位置（-7.3m）までの地盤特性を考慮した等価線形地震応答解析及び時刻歴非線形地震応答解析を実施し、両解析結果を考慮して基準地震動 S_s-2 及び S_s-3 に基づく建屋基礎盤位置における入力地震動を評価した。なお、上下動については線形地震応答解析のみにより評価した。

等価線形地震応答解析には等価線形地震応答解析プログラム DYNEQ⁽³⁹⁾を、時刻歴非線形地震応答解析には 1 次元有効応力地震応答解析プログラム YUSAYUSA⁽⁴⁰⁾,⁽⁴¹⁾を使用した。

地盤の非線形特性モデルは「4.2.2.1 弾性波速度及び非線形特性」に示した三軸動的変形試験の結果（第4.2.2-2図）を基に、Ramberg-Osgoodモデル⁽⁴²⁾によりモデル化した。三軸動的変形試験を行った位置及び地盤モデルの各層の非線形特性の設定を第4.5.1-1表に、モデル化した非線形特性を第4.5.1-1図に示す。

基準地震動 S_s-2 及び S_s-3 に基づく等価線形地震応答解析及び時刻歴非線形地震応答解析の結果を第4.5.1-2図及び第4.5.1-3図に示す。次に、深さ方向の最大値分布を第4.5.1-4図に示す。

最大せん断ひずみ分布の図から 105～107m(0s7層)及び 114～146m(0s8層)において等価線形解析のひずみが 1%を上回っており、時刻歴非線形解析の結果とも大きく異なっているため、等価線形解析のみによる評価では不十分であると考えられるため、ここでは、両解析の結果を考慮し入力地震動を決定する事とする。

第4.5.1-3図より、水平方向の周期 1秒以下の周期帯で S_s-2 による等価線形解析 NS 成分及び時刻歴非線形解析 EW 成分の地震動が他の地震動を大きく上回っている。また、鉛直方向の地震動について、最大加速度及び最大速度は S_s-3 による応答解析結果が S_s-2 による応答解析結果を上回っている（第4.5.1-2図）が、応答スペクトルは建屋の鉛直方向の 1次固有周期（約 0.16秒）以下では S_s-2 による応答解析結果のほうが上回っている（第4.5.1-3図）。

よって、構造物への影響を考慮して、第4.5.1-5図に示すように、建屋・機器の評価には S_s-2 による応答解析結果を入力地震動として用いることとし、NS 成分は等価線形解析の結果、EW 成分は時刻歴非線形解析の結果、鉛直成分は線形解析結果とする。

4.6 基準地震動 S_s の超過確率

ここでは、入力地震動策定に用いた基準地震動 S_s-2 の応答スペクトルと日本原子力学会(2007)⁽⁴³⁾の方法に基づき試算した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルを比較し、策定した基準地震動 S_s の応答スペクトルがどの程度の年超過確率に相当するか把握する。

地震ハザード評価においては、京都大学原子炉実験所の敷地から半径 100km 以内の範囲内の震源を対象とし、地震調査研究推進本部

の確率論的地震動予測地図⁽⁴⁴⁾の作成に用いられている震源モデルを用い、2007年から30年間の発生確率から評価を行った。ロジックツリーの設定を第4.6.1-1図に示す。

日本原子力学会(2007)⁽⁴³⁾の方法に基づき試算した敷地における地震動の一樣ハザードスペクトルと、基準地震動 S_s-2 の応答スペクトルの比較を第4.6.1-2図に示す。基準地震動 S_s-2 の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度である。

参考文献

- (1) 瀬野徹三(1995)：プレートテクトニクスの基礎，朝倉書店
- (2) 地震調査研究推進本部(2001)：南海トラフの地震の長期評価，平成13年9月27日
- (3) 文部省震災予防評議会編(1999)：増訂 大日本地震史料，第一～第三巻
- (4) 武者金吉(1951)：日本地震史料，毎日新聞社
- (5) 東京大学地震研究所編(1981～1994)：新収 日本地震史料，第一～第五巻，補遺，続補遺
- (6) 宇佐美龍夫編(1998-2005)：日本の歴史地震史料，拾遺，拾遺別巻，拾遺二，拾遺三
- (7) 国立天文台編(2008)：理科年表 平成20年，丸善
- (8) 宇佐美龍夫(2003)：最新版 日本被害地震総覧 [416] - 2001，東京大学出版会
- (9) 宇津徳治(1982)：日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885年～1980年，東京大学地震研究所彙報，Vol.57
- (10) 気象庁(1923-2007)：地震年報2007年版，地震・火山月報ほか
- (11) Usami, T. (1979)：Study of Historical Earthquakes in Japan, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol.54
- (12) 宇津徳治(1999)：地震活動総説，東京大学出版会
- (13) 気象庁(2009)：気象庁震度階級関連解説表
- (14) 村松郁栄(1969)：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，第4巻，第3号，168-176
- (15) 勝又譲・徳永規一(1971)：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，第36巻，第3，4号，89-95

- (16) 松田時彦(1975): 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, 第28巻, 269-283
- (17) 地震調査研究推進本部(2006): 「全国を概観した地震動予測地図」2006年版
- (18) 川瀬博, 松尾秀典(2004): K-NET, KiK-net, JMA 震度計観測網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第1号
- (19) 川辺秀憲, 釜江克宏(2006): 大阪平野における長周期地震動評価のための最適なQ値の推定, 第12回日本地震工学シンポジウム論文集, 1458-1461
- (20) 堀川晴央・水野清秀・石山達也・佐竹健治・関口春子・加瀬祐子・杉山雄一・横田裕・末廣匡基・横倉隆伸・岩淵洋・北田奈緒子・Arben Pitarka (2003): 断層による不連続構造を考慮した大阪堆積盆地の3次元地盤構造モデル, 活断層・古地震研究報告, No. 3, 225-259
- (21) Kawabe, H. and K. Kamae (2008): Prediction of long-period ground motions from huge subduction earthquakes in Osaka, Japan, Journal of Seismology, Vol. 12, No. 2, 173-184
- (22) Haskell, N. A. (1953) : The Dispersion of Surface Waves on Multilayered Media, Bull. Seism. Soc. Amer., 43, 17-34
- (23) Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takenura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Istanbul, 399-408, Oct. 16-18, 2002.
- (24) 原子力安全委員会(2008): 「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会, 平成21年5月22日, <http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/jishindo.htm> (参照: 2010年7月20日)
- (25) 釜江克宏・福知保長(1984): 研究用原子炉建屋の強制振動実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 883-884
- (26) 地震調査研究推進本部(2008): 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」), 平成20年4月11日
- (27) 伊藤潔・中村修一(1998): 西南日本内帯による地震発生層の

- 厚さの変化と内陸大地震，京都大学防災研究所年報，第 41 号，B-1，27-35
- (28) 独立行政法人原子力安全基盤機構 (2004)：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(平成 15 年度)，JNES/SAE04-017，平成 16 年 8 月
- (29) 大阪府 (2007)：大阪府自然災害総合防災対策検討(地震被害想定)報告書，平成 19 年 3 月
- (30) 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長 (1991)：地震のスケーリング則に基づいた大地震時の強震動予測：統計的波形合成法による予測，日本建築学会構造系論文報告集，430，1-9
- (31) 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長 (1990)：地域的な震源スケーリング則を用いた大地震(M7級)のための設計用地震動予測，日本建築学会構造系論文報告集，416，57-70
- (32) Pitarka, A. (1999)：3D finite-difference modeling of seismic motion using staggered grids with nonuniform spacing, Bull. Seism. Soc. Am., 89, 54-68
- (33) 地震調査研究推進本部 (2005)：中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)の地震を想定した強震動評価
- (34) 地震調査研究推進本部(2009)：「全国地震動予測地図」2009年版
- (35) 垣見俊弘・松田時彦・相田勇・衣笠善博 (2003)：日本列島と周辺海域の地震地体構造区分，地震，第 2 輯，第 55 巻，389-406
- (36) 入倉孝次郎・三宅弘恵 (2001)：シナリオ地震の強震動予測，地学雑誌，110，849-875.
- (37) 武村雅之(1990)：日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係，地震第 2 輯，第 43 号，257-265
- (38) 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大栄・上田圭一・壇一男 (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 -，日本地震工学会論文集，第 4 巻，第 4 号，46-86
- (39) 吉田望，末富岩雄 (1996)：DYNEQ：等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム，佐藤工業(株)技術研究所

報, 61-70

- (40) Ishihara, K. and Towhata, I. (1980): One-dimensional Soil Response Analysis during Earthquake Based on Effective Stress Method, Journal of the Faculty of Engineering, Vol. XXXV, No. 4, The University of Tokyo, 656-700
- (41) 吉田望, 規矩大義, 東畑郁生 (1999): 有効応力解析プログラム YUSAYUSA の改良, 第 34 回地盤工学研究発表会講演集, 2105-2106
- (42) 龍岡文夫・福島伸二 (1978): 砂のランダム繰返入力に対する応力～ひずみ関係のモデル化について (1), 生産研究, 第 30 巻 9 号, 26-29
- (43) 日本原子力学会 (2007): 原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準 2007, 日本原子力学会標準, AESJ-SC-P006:2007
- (44) 地震調査研究推進本部 (2007): 「全国を概観した地震動予測地図」報告書 2006 年版

第 4.2.1-1 表 敷地周辺の主な被害地震

この表は「最新版 日本被害地震総覧[®]」による。

番号	発生年月日	地域	M	被害摘要
003	684. 11. 29	土佐その他南海・東海・西海諸道	8. 25	山崩れ、河涌き、諸国の群官舎・百姓倉・寺塔・神社の倒潰、人畜の死傷多く、津波が襲来して土佐の運調船多数沈没。土佐では田苑 50 余万頃（約 10km ² ）沈下して海となった。
008	745. 6. 5	美濃	7. 9	美濃にて檜館・正倉・仏寺・堂塔・百姓廬舎が多く倒潰し、摂津で余震 20 日間止まなかった。
020	868. 8. 3	播磨・山城	7. 0	播磨諸郡の官舎・諸定額寺の堂塔がことごとく頽れ倒れた。京都では垣屋に崩れたものがあつた。山崎断層の活動によるものと考えられる。
026	887. 8. 26	五畿七道	8. 3	京都で諸司の舎屋および東西両方京の民家の倒潰多く、圧死者多数。津波が沿岸を襲い溺死者多数、特に摂津の国で津波の被害が大きかつた。京都における 8 月中の余震回数は、1 日 2 回、2 日 3 回、4 日 5 回、5 日 6 回、7・9・13・14・16・22・23 日各 1 回、24 日 2 回、28 日 1 回。このうち 5 日の夜の地震が最大余震。
038	1096. 12. 17	畿内・東海道	8. 3	大極殿小破、京都では震動の割に被害僅少。東大寺の巨鐘落ちる。薬師寺回廊転倒、東寺塔の九輪落ち、法成寺・法勝寺にも小被害。近江の勢多橋落ちる。津波が伊勢・駿河を襲い、駿河で神社・民家の流失 400 余。余震が多かつた。『近衛家文書』によると木曾川下流の鹿取・野代の地が「空変海塵」の状態となつたが数十年後に漸く陸地となり開作可能となつた。
039	1099. 2. 22	南海道・畿内	8. 2	興福寺西金堂・塔小破、大門と回廊が倒れた。摂津天王寺回廊が倒れた。土佐で田千余町（約 1,000ha）みな海に沈んだ。
042	1185. 8. 13	近江・山城・大和	7. 4	京都の震害がとくに大きく、なかでも白川辺の被害が大きかつた。寺社・家屋の倒潰破壊、死者多数。宇治橋が落ちた。近江で田 3 町（約 3ha）地裂け淵となつた。9 月末まで余震が多く、特に 8 月 12 日の余震では多少の被害があつた。
—	1360. 11. 22	紀伊・摂津	7. 8	4 日に大地震、5 日に再震、6 日の六ッ時過ぎに津波が熊野尾鷲から摂州兵庫まで襲来し、人馬牛の死が多かつた。
056	1361. 8. 3	畿内・土佐・阿波	8. 4	摂津天王寺の金堂転倒し、5 人圧死。その他、諸寺諸堂に被害があつた。津波が沿岸を襲い摂津・阿波・土佐で被害があり、特に阿波の雪湊（由岐）で流失 1700 戸、流死 60 余。余震多数。
070	1510. 9. 21	摂津・河内	6. 8	河内の藤井寺・常光寺・剛琳寺が潰れ、摂津四天王寺の石の鳥居、金堂の本尊も大破。大阪で潰死者あり。大津で震動が大きかつた。余震が 70 余日続いた。
082	1596. 9. 5	畿内及び近隣	7. 5	京都三条より伏見に至る間で被害が多く、伏見城の天守閣大破、石垣が崩れて 500 余人圧死。諸寺・民家の倒潰も多

				く、死者多数。堺で死 600 余。奈良・大阪・神戸でも被害が多かった。余震は翌年の 4 月まで続いた。
084	1605. 2. 3	東海・南海・西海諸道 (慶長地震)	7.9	震害の記録は見当たらない。一方、津波は犬吠埼から九州に至る太平洋岸に押し寄せ、八丈島で谷ヶ里の家残らず流亡し、死者 57、浜名湖近くの橋本では 100 戸中 80 戸が流され、死者多数。紀伊半島西岸の広村では戸数 1700 のうち 700 戸流失、阿波の鞆浦で波高 10 丈 (約 30m)、死 100 余、宍喰で波高 2 丈 (約 6m)、死 1500 余、土佐甲浦で死 350 余、浜崎で死 50 余、室戸岬付近で 400 余。
153	1707. 10. 28	五畿七道 (宝永地震)	8.4	わが国最大級の地震の一つ。家屋倒潰地域は、駿河湾中部・甲斐西部・信野・東海道・美濃・紀伊・近江・畿内・播磨・大聖寺・富山、および中国・四国・九州に及ぶ。震害は東海道・伊勢湾沿岸・紀伊半島で最もひどく、袋井で全滅、見付・浜松・鳴海・宮・四日市で半ば潰れた。大阪では崩家 1,000 余、崩橋 50 余、死 500 余、他に溺死 1 万余。津波は伊豆半島から九州に至る太平洋沿岸および大阪湾・播磨・伊予・防長を襲った。津波の被害は土佐 (高知県) で最大で流失家屋 1 万 1,167、潰家 5,608、破損家 1,000 余、死 1,844、不明 926、さらに、流・破損船 768 であった。高知市の市街地の約 20km ² が最大 2m 沈下した。その他、室戸岬 1.5m、串本 1.2m、御前崎付近で 1~2m の隆起があった。この地震による被害は全体で、確かな死者は 5,000 余、流出家約 1.8 万、潰家約 5.9 万。
254	1854. 7. 9	伊賀・伊勢・大和および隣国 (安政伊賀上野地震)	7.3	6 月 12 日頃から前震があった。伊賀上野・四日市・奈良・大和郡山付近で被害が大きく、上野付近で潰家 2 千余、死約 600、奈良で潰家 700 以上、死約 300 など、全体で死者は 1,500 を越えた。
257	1854. 12. 23	東海・東山・南海諸道 (安政東海地震)	8.4	被害は関東から近畿に及び、震害の最もひどかったのは沼津から伊勢湾にかけての海岸で倒潰率 10%以上、過半に達する宿も多く、佐夜の中山全潰、袋井も 9 割方潰れ、死 200。津波は房総から土佐の沿岸を襲った。この地震による居宅の潰・焼失は約 3 万軒、死者は 2 千~3 千。御前崎付近の相良では約 3 尺 (0.9m) 水深が減り、地盤隆起のため数十間 (十間=18m) が干潟となった。
258	1854. 12. 24	畿内・東海・東山・北陸・南海・山陰・山陽道 (安政南海地震)	8.4	この地震波は安政東海地震の 32 時間後に発生した。そのため近畿地方およびその周辺では二つの地震の被害をはっきりと区別できない。被害地域は中部から九州に及ぶ。津波が大きく、波高は串本で 5 丈 (15m)、久礼で 16.1m、種崎で 11m であった。大阪では津波が木津川・安治川を逆流し、碇泊中の船が多数破損し、橋を壊し、死者数千。地震と津波の被害は区別が難しい。この地震で高知市の一部は約 3.5 尺 (約 1m) 沈下し浸水した。また、室戸・串本付近で約 1m 隆起し、甲浦・加太で約 1m 沈下した。
300	1891. 10. 28	愛知県・岐阜県 (濃尾地)	8.0	仙台以北を除き日本中で有感。激震地域は根尾川・揖斐川

		震)		上流地方で、わが国の内陸地震では最大のもの。建物全潰14万余、半潰8万余、死7273、山崩れ1万余。根尾谷を通る大断層を生じ、水鳥付近では西側が約6m隆起し、水平に2mずれた。余震回数も非常に多く、1892年1月3日、9月7日、1894年1月10日の余震でも家屋破損などの被害があった。
506	1944. 12. 7	東海道沖（東南海地震）	7.9	被害は静岡・愛知・岐阜・三重の各県に多く、滋賀・奈良・和歌山・大阪・兵庫の各県にも小被害があった。全体で死998、重傷3,059、住家全壊2万6,130、半壊4万6,950、流失3,059。津波が伊豆半島から紀伊半島の間を襲った。波の高さは熊野灘沿岸で6~8m、伊勢湾・渥美湾内は約1m、遠州灘沿岸で1~2m。紀伊半島東岸で30~40cm地盤が沈下した。
509	1946. 12. 21	南海道沖（南海地震）	8.0	被害は中部地方から九州にまで及んだ。全体で死1,330、家屋全壊1万1,591、半壊2万3,487、流失1,451、焼失2,598。震害のあったところは四国の太平洋岸、吉野川流域、瀬戸内海沿岸（本州側は明石辺から広島辺まで、四国側は高松辺から松山付近まで）、九州の国東半島・別府湾の沿岸、出雲地方、大阪湾沿岸、伊勢湾沿岸、岐阜地方に及んだ。津波は房総半島から九州に至る沿岸を襲い、三重・徳島・高知の沿岸で6mに達した。室戸・紀伊半島は南上がりの傾動を示し、室戸で1.27m、潮岬で0.7m上昇し、須崎・甲浦で約1m沈下した。
703	1995. 1. 17	兵庫県南東沿岸（平成7年（1995年）兵庫県南部地震・阪神淡路大震災）	7.3	活断層の活動による直下型地震。現地調査により淡路島の一部から神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市にかけて震度7の地域が確認された。多くの木造家屋、鉄筋コンクリート造、鉄骨造などの建物のほか、高速道路、新幹線を含む鉄道線路なども崩壊した。平成8年11月18日現在、被害は死6310、行方不明2、負傷者4万3,188、住家全壊9万3,181、半壊10万8,439、住家全半焼7,071。野島断層は長さ約10.5km、右横ずれ（最大2.5m）南東側上がり（最大1.2m）の変位を示した。本土の断層は地表面に活動の跡を残していない。

第 4.2.1-2 表 気象庁震度階級関連解説表(2009)⁽¹³⁾(抜粋)

震度階級	木造建物(住宅)		鉄筋コンクリート造建物	
	耐震性が高い	耐震性が低い	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。	—	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。	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。	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。	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。

第 4.2.1-3 表 被害地震のうち敷地での震度がV程度以上であったとされる地震

年月日	震央位置		マグニチュードM	震央距離(km)	震度	地名(地震名)
	北緯(°)	東経(°)				
1596. 9. 5	34.8	135.4	7.5	46.4	VI	畿内及び近隣(慶長伏見地震)
1662. 6. 16	35.3	135.9	7.5	113.4	VI	山城・大和・河内・和泉・摂津・丹後・若狭・近江・美濃・伊勢・駿河・三河・信濃(近江・若狭地震)
1707. 10. 28	33.2	135.9	8.4	140.8	VI	五畿七道(宝永地震)
1854. 12. 23	34.0	137.8	8.4	229.8	V	東海・東山・南海諸道(安政東海地震)
1854. 12. 24	33.0	135.0	8.4	156.8	V	畿内・東海・東山・北陸・南海・山陰・山陽道(安政南海地震)
1891. 10. 28	35.6	136.6	8	176.7	V	愛知県・岐阜県(濃尾地震)
1909. 8. 14	35.4	136.3	6.8	142.3	IV~V	滋賀県姉川付近(江濃(姉川)地震)
1927. 3. 7	35.6	134.9	7.3	143.2	V	京都府北西部(北丹後地震)
1952. 7. 18	34.5	135.8	6.8	40.5	V	奈良県中部(吉野地震)

「最新版 日本被害地震総覧⁽⁸⁾」による

第 4.2.1-4 表 震央距離とマグニチュードから敷地基盤で震度V以上と推定される地震

年月日	震央位置		マグニ チュードM	震央距離(km)	地名(地震名)
	北緯(°)	東経(°)			
887. 8. 26	33.0	135.0	8.3	156.8	五畿七道
1099. 2. 22	33.0	135.5	8.2	154.0	南海道・畿内
1361. 8. 3	33.0	135.0	8.4	156.8	畿内・土佐・阿波
1510. 9. 21	34.6	135.6	6.8	33.2	摂津・河内
1596. 9. 5	34.8	135.4	7.5	46.4	畿内及び近隣(慶長伏見地震)
1707. 10. 28	33.2	135.9	8.4	140.8	五畿七道(宝永地震)
1854. 12. 24	33.0	135.0	8.4	156.8	畿内・東海・東山・北陸・南海・山陰・山陽道(安政南海地震)
1944. 12. 7	33.6	136.2	7.9	118.3	東海道沖(東南海地震)
1995. 1. 17	34.6	135.0	7.3	37.1	兵庫県南東沿岸(平成7年(1995年)兵庫県南部地震・阪神淡路大震災)

第 4.2.1-5 表 敷地周辺の主な活断層の諸元

検討用地震	断層長さ	マグニチュード※ ¹
中央構造線断層帯	60km※ ²	7.8
上町断層帯	46km	7.6
生駒断層帯	42km	7.5
大阪湾断層帯	42km	7.5

※1 松田(1975)⁽¹⁶⁾により断層長さから算出

※2 地震調査研究推進本部による断層モデル⁽³³⁾を参考に、断層の傾斜角を43度とし、金剛断層と五条谷断層は断層面を共有するため五条谷断層、根来断層、磯ノ浦断層の断層長さを中央構造線断層帯とする

第 4.2.2-1 表 原子炉建屋直下の地下構造モデルの物性値び非線形特性試験実施位置

層番号	層厚 (m)	深さ (m)	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	Layer Name	非線形特性 非線形特性番号 ^{※1}
1	2	0	380	170	1.80	U1	---
2	5	2	680	177	1.69	U2	---
3	0.3	7	1350	200	1.75	U3	---
4	6.7	7.3	1593	363	1.79	Oc1	C-1
5	1	14	1600	480	1.63	Os1	S-1
6	8	15	1615	400	1.85	Oc2	C-2
7	7	23	1140	381	1.83	Os2-1	S-2
8	5	30	1140	402	1.94	Os2-2	---
9	10	35	1689	405	1.91	Oc3	C-3
10	2	45	1605	490	1.97	Os3	---
11	3	47	1293	450	1.89	Oc4	C-4
12	3	50	1767	480	1.90	Os4	S-3
13	3	53	1553	497	2.00	Oc5	C-5
14	7	56	1816	550	2.00	Os5	S-4
15	28	63	1820	525	2.00	Oc6	C-6
16	12	91	1862	573	1.97	Os6	---
17	2	103	1805	545	2.00	Oc7	---
18	2	105	1845	545	2.01	Os7	---
19	7	107	1816	559	1.99	Oc8	---
20	22	114	1915	540	1.99	Os8-1	S-5
21	10	136	1962	579	2.04	Os8-2	---
22	15	146	1903	597	1.95	Oc9	C-7
23	14	161	2105	739	2.06	Os9	S-6
24	6	175	2708	982	2.19	R1	---
25	3	181	3517	1597	2.41	R2	---
26	-	184	4898	2436	2.49	R3	---

U: 埋め戻し土 Oc:粘土層 Os:砂礫層 R: 花崗岩

※1 非線形特性番号の記載してある層は非線形特性試験を実施した層

第 4.2.2-2 表 大阪平野 3次元地下構造モデルの物性値

層番号	S波速度 (km/s)	P波速度 (km/s)	密度 (g/cm ³)
1	0.4	1.6	1.7
2	0.55	1.8	1.8
3	1.0	2.5	2.1
4	3.2	5.4	2.7

第 4.2.2-3 表 大阪平野外の 3 次元地下構造モデルの物性値

Layer	Vp (km/s)	Vs (km/s)	Density (g/cm ³)
Upper crust	5.4	3.2	2.7
Lower crust	6.6	3.9	2.8
Mantle wedge	7.2	4.3	3.0
Oceanic layer	4.8	2.5	2.6
Philippine slab	6.8	3.9	2.9
Upper mantle	7.8	4.5	3.1

第 4.2.3-1 表 応答スペクトル算定に用いる活断層の諸元

検討用地震	断層長さ	マグニチュード ^{※1}	等価震源距離
中央構造線断層帯	60km ^{※2}	7.8	16.9km
上町断層帯	46km	7.6	30.7km
生駒断層帯	42km	7.5	50.8km
大阪湾断層帯	42km	7.5	36.8km

※1 松田(1975)⁽¹⁶⁾により断層長さから算出

※2 地震調査研究推進本部による断層モデル⁽³³⁾を参考に、断層の傾斜角を 43 度とし、金剛断層と五条谷断層は断層面を共有するため五条谷断層、根来断層、磯ノ浦断層の断層長さを中央構造線断層帯とする

第 4.2.5-1 表 検討用地震の応答スペクトル算定に用いる震源の諸元

検討用地震	マグニチュード	等価震源距離
中央構造線断層帯 ^{※1}	7.8 ^{※2}	16.9km
上町断層帯	7.6 ^{※2}	30.7km
東南海地震	8.1 ^{※3}	140.1km
南海地震	8.4 ^{※3}	171.3km
東南海・南海地震	8.5 ^{※3}	163.5km
プレート内地震	7.4	70.0km

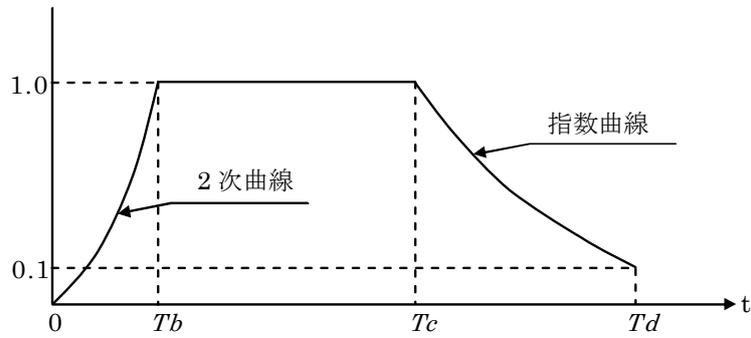
※1 地震調査研究推進本部による断層モデル⁽³³⁾を参考に、断層の傾斜角を 43 度とし、金剛断層と五条谷断層は断層面を共有するため五条谷断層、根来断層、磯ノ浦断層の断層長さを中央構造線断層帯とする

※2 松田(1975)⁽¹⁶⁾により断層長さから算出

※3 地震調査研究推進本部(2001)⁽²⁾による評価値

第 4.2.5-2 表 模擬地震波 Ss-1 の振幅包絡線の経時的变化

基準地震動	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的变化 (s)		
		Tb	Tc	Td
Ss-1	55.8	9.3	31.2	55.8



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

$$Tc - Tb = 10^{0.3M - 1.0}$$

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

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

第 4.2.5-3 表 震源の不確かさの考え方

中央構造線断層帯の震源の不確かさの考え方			
モデル名	傾斜角	アスペリティ	応力降下量
ケース 1 (基本モデル1)	43°	推本モデル ^{※1} と同様のアスペリティ配置	レシビ ^{※2}
ケース 2 (基本モデル2)	43°	推本モデル ^{※1} と同様のアスペリティ配置	レシビ ^{※2}
ケース 3 (アスペリティ位置の不確かさを考慮したモデル)	43°	敷地の近くに大きいアスペリティを配置	レシビ ^{※2}
ケース 4 (応力降下量の不確かさを考慮したモデル)	43°	推本モデル ^{※1} と同様のアスペリティ配置	レシビ ^{※2} × 1.5 倍
上町断層帯の震源の不確かさの考え方			
モデル名	傾斜角	アスペリティ	応力降下量
ケース 1 (基本モデル)	65°	北側セグメントに大きいアスペリティを配置	レシビ ^{※2}
ケース 2 (アスペリティ位置の不確かさを考慮したモデル)	65°	南側セグメントに大きいアスペリティを配置	レシビ ^{※2}
ケース 3 (応力降下量の不確かさを考慮したモデル)	65°	北側セグメントに大きいアスペリティを配置	レシビ ^{※2} × 1.5 倍

■ 不確かさを考慮したパラメータ

※1 地震調査研究推進本部の強震動評価⁽³³⁾のモデル

※2 強震動予測レシビ⁽²⁶⁾

第 4.2.5-4 表(1) 断層パラメータ (中央構造線断層帯)

パラメータ	記号	単位	設定方法	ケース1, 2, 3	ケース4	
断層全体	長さ	L	km	文献調査により設定	60.0	60.0
	幅	W	km	地震発生層と傾斜角から設定	16.1	16.1
	面積	S	km ²	断層長さ×断層幅	968	968
	断層上端深さ	DepU	km	微小地震の震源深さの上限を参照して設定	4.0	4.0
	断層下端深さ	DepD	km	微小地震の震源深さの下限を参照して設定	15.0	15.0
	Mj	Mj		$M=(\log L+2.9)/0.6$ (松田, 1975)	7.8	7.8
	Mw	Mw		$Mw=(\log Mo-9.1)/1.5$ (Kanamori, 1977)	7.1	7.1
	傾斜角	dip	°	文献調査により設定	43	43
	地震モーメント	Mo	Nm	$S=4.24*Mo^{1/2}*10^{-11}$ (入倉・三宅, 2001)	5.21E+19	5.21E+19
	平均すべり量	D	m	$Mo=\mu*S*D$	1.63	1.63
	静的応力降下量	$\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma=3.1$ (Fujii and Matsu'ura, 2000) (レシビ) Case3はその1.5倍	3.10	4.65
	破壊伝播速度	Vr	km/s	$Vr=0.72*Vs$ Geller (1976)	2.52	2.52
アスペリティ全体	アスペリティの平均すべり量	Da	m	$Da=2*D$ Somerville et al. (1999), 石井・他 (2000)	3.26	3.26
	アスペリティの面積	Sa	km ²	SaはSの約0.22倍 Somervil et al. (1999)	213	213
	アスペリティの地震モーメント	Moa	Nm	$Moa=\mu*Sa*Da$ Irikura et al. (2004), Eshelby (1957)	2.29E+19	2.29E+19
	アスペリティの実行応力	$\Delta\sigma_a$	MPa	$\Delta\sigma_a=\Delta\sigma*(S/Sa)$ Irikura et al. (2004), Madoriaga (1979)	14.09	21.63
アスペリティ1(Asp1)	アスペリティのすべり量	Da1	m	$Da1=(\gamma_1/\sum\gamma_i^3)*Da$	3.61	3.61
	アスペリティの面積	Sa1	km ²	Sa1:Sa2=2:1	142	142
	アスペリティの地震モーメント	Moa1	Nm	$Moa1=\mu*Sa1*Da1$	1.69E+19	1.69E+19
アスペリティ2(Asp2)	アスペリティのすべり量	Da2	m	$Da2=(\gamma_2/\sum\gamma_i^3)*Da$	2.55	2.55
	アスペリティの面積	Sa2	km ²	Sa1:Sa2=2:1	71	71
	アスペリティの地震モーメント	Moa2	Nm	$Moa2=\mu*Sa2*Da2$	5.99E+18	5.99E+18
背景領域全体	背景領域のすべり量	Db	m	$Db=Mob/(\mu*Sb)$	1.17	1.17
	背景領域の面積	Sb	km ²	$Sb=S-Sa$	755	755
	背景領域の地震モーメント	Mob	Nm	$Mob=Mo-Moa$	2.92E+19	2.92E+19
	背景領域の実行応力	$\Delta\sigma_b$	MPa	$\Delta\sigma_b=(Db/Wb)*(\pi^{1/2}/Da)*r*\sum\gamma_i^3*\Delta\sigma_a$	3.37	5.25
背景領域 (泉山脈南縁部分)	長さ	L1	km	文献調査により設定	60.0	60.0
	断層幅	W1	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip1)$	16.1	16.1
	走向	Strike1	°	文献調査により設定	254	254
	傾斜角	dip1	°	文献調査により設定	43	43
	すべり角	rake1	°	文献調査により設定	180	180
	面積	S1b	km ²	S1t-S1a	659.71	659.71
背景領域 (金剛山地東縁部分)	長さ	L2	km	$L2=W2*\cos(dip1)$	11.8	11.8
	断層幅	W2	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip2)$	16.1	16.1
	走向	Strike2	°	文献調査により設定	164	164
	傾斜角	dip2	°	文献調査により設定	43	43
	すべり角	rake2	°	文献調査により設定	90	90
	面積	S2b	km ²	S2t-S2a	95.1	95.1

第 4.2.5-4 表(2) 断層パラメータ (上町断層帯)

パラメータ	記号	単位	設定方法	ケース1	ケース2	ケース3	
断層全体	長さ	L	km	文献調査により設定	58	58	58
	幅	W	km	地震発生層と傾斜角から設定	16	16	16
	面積	S	km ²	断層長さ×断層幅	928	928	928
	断層上端深さ	DepU	km	微小地震の震源深さの上限を参照して設定	3.0	3.0	3.0
	断層下端深さ	DepD	km	微小地震の震源深さの下限を参照して設定	17.5	17.5	17.5
	Mj	Mj		$M=(\log L+2.9)/0.6$ (松田, 1975)	7.6	7.6	7.6
	Mw	Mw		$Mw=(\log Mo-9.1)/1.5$ (Kanamori, 1977)	7.1	7.1	7.1
	傾斜角	dip	°	文献調査により設定	65	65	65
	地震モーメント	Mo	Nm	$S=4.24*Mo^{1/2}*10^{-11}$ (入倉・三宅, 2001)	4.79E+19	4.79E+19	4.79E+19
	平均すべり量	D	m	$Mo=\mu*S*D$	1.56	1.56	1.56
	静的応力降下量	$\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma=3.1$ (Fujii and Matsu'ura, 2000) (レシビ) Case3はその1.5倍	3.10	3.10	4.65
破壊伝播速度	Vr	km/s	$Vr=0.72*Vs$ Geller (1976)	2.52	2.52	2.52	
アスペリティ全体	アスペリティの平均すべり量	Da	m	$Da=2*D$	3.12	3.12	3.12
	アスペリティの面積	Sa	km ²	SaはSの約0.22倍 Somervil et al. (1999)	204	204	204
	アスペリティの地震モーメント	Moa	Nm	$Moa=\mu*Sa*Da$ Irikura et al. (2004), Eshelby (1957)	2.11E+19	2.11E+19	2.11E+19
	アスペリティの実行応力	$\Delta\sigma_a$	MPa	$\Delta\sigma_a=\Delta\sigma*(S/Sa)$ Irikura et al. (2004), Madoriaga (1979)	14.09	21.14	21.14
アスペリティ1(Asp1)	アスペリティのすべり量	Da1	m	$Da1=(\gamma_1/\sum\gamma_i^3)*Da$	3.46	3.46	3.46
	アスペリティの面積	Sa1	km ²	Sa1:Sa2=2:1	136	136	136
	アスペリティの地震モーメント	Moa1	Nm	$Moa1=\mu*Sa1*Da1$	1.56E+19	1.56E+19	1.56E+19
アスペリティ2(Asp2)	アスペリティのすべり量	Da2	m	$Da2=(\gamma_2/\sum\gamma_i^3)*Da$	2.45	2.45	2.45
	アスペリティの面積	Sa2	km ²	Sa1:Sa2=2:1	68	68	68
	アスペリティの地震モーメント	Moa2	Nm	$Moa2=\mu*Sa2*Da2$	5.51E+18	5.51E+18	5.51E+18
背景領域全体	背景領域のすべり量	Db	m	$Db=Mob/(\mu*Sb)$	1.12	1.12	1.12
	背景領域の面積	Sb	km ²	$Sb=S-Sa$	724	724	724
	背景領域の地震モーメント	Mob	Nm	$Mob=Mo-Moa$	2.68E+19	2.68E+19	2.68E+19
	背景領域の実行応力	$\Delta\sigma_b$	MPa	$\Delta\sigma_b=(Db/Wb)*(\pi^{1/2}/Da)*r*\sum\gamma_i^3*\Delta\sigma_a$	3.33	3.33	4.99
セグメント1	長さ	L1	km	文献調査により設定	8	8	8
	断層幅	W1	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip1)$	16	16	16
	走向	Strike1	°	文献調査により設定	342	342	342
	傾斜角	dip1	°	文献調査により設定	65	65	65
	すべり角	rake1	°	文献調査により設定	90	90	90
	背景領域の面積	S1b	km ²	長さ×幅-アスペリティ面積	82	128	82
	セグメント2	長さ	L2	km	文献調査により設定	12	12
断層幅		W2	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip2)$	16	16	16
走向		Strike2	°	文献調査により設定	354	354	354
傾斜角		dip2	°	文献調査により設定	65	65	65
すべり角		rake2	°	文献調査により設定	90	90	90
背景領域の面積		S2b	km ²	長さ×幅-アスペリティ面積	102	124	102
セグメント3		長さ	L3	km	文献調査により設定	26	26
	断層幅	W3	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip3)$	16	16	16
	走向	Strike3	°	文献調査により設定	23	23	23
	傾斜角	dip3	°	文献調査により設定	65	65	65
	すべり角	rake3	°	文献調査により設定	90	90	90
	背景領域の面積	S3b	km ²	長さ×幅-アスペリティ面積	348	280	348
	セグメント4	長さ	L4	km	文献調査により設定	4	4
断層幅		W4	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip4)$	16	16	16
走向		Strike4	°	文献調査により設定	48	48	48
傾斜角		dip4	°	文献調査により設定	65	65	65
すべり角		rake4	°	文献調査により設定	90	90	90
背景領域の面積		S4b	km ²	長さ×幅-アスペリティ面積	64	64	64
セグメント5	長さ	L5	km	文献調査により設定	8	8	8
	断層幅	W5	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip5)$	16	16	16
	走向	Strike5	°	文献調査により設定	55	55	55
	傾斜角	dip5	°	文献調査により設定	65	65	65
	すべり角	rake5	°	文献調査により設定	90	90	90
	背景領域の面積	S5b	km ²	長さ×幅-アスペリティ面積	128	128	128

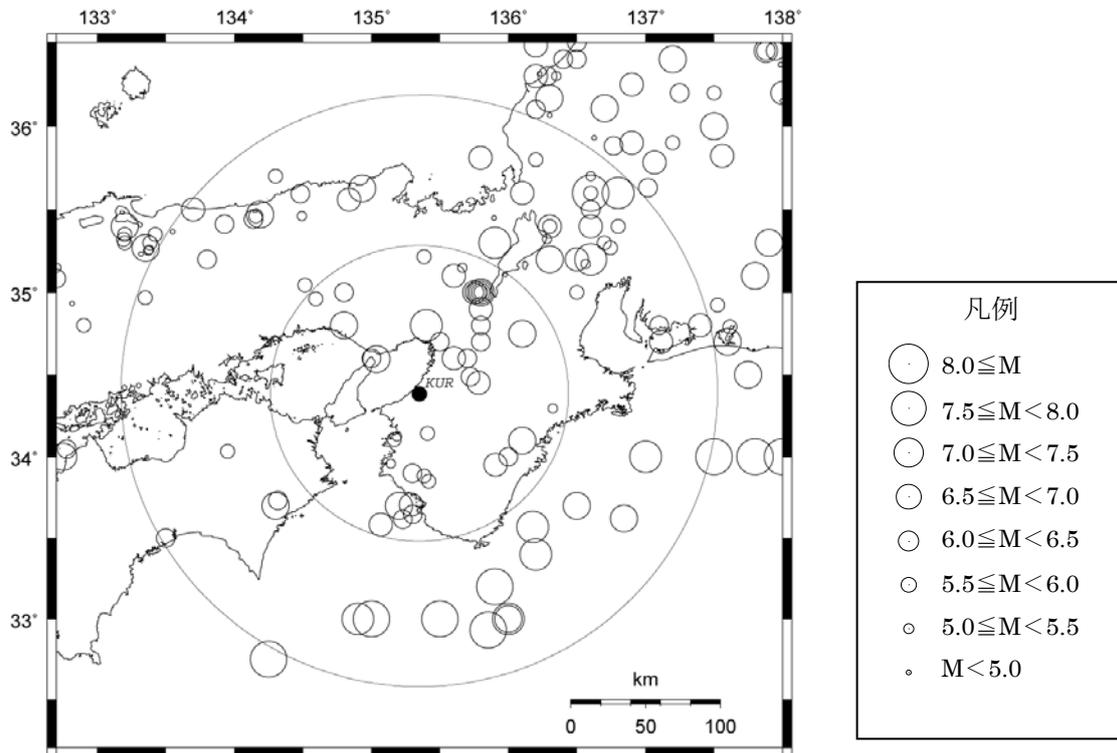
第 4.5.1-1 表 各地層モデルの諸パラメータ及び非線形特性の設定

層番号	層厚 (m)	深さ (m)	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	Layer Name	非線形特性	
							非線形特性番号 ^{※1}	設定モデル ^{※2}
1	2	0	380	170	1.80	U1	---	---
2	5	2	680	177	1.69	U2	---	---
3	0.3	7	1350	200	1.75	U3	---	---
4	6.7	7.3	1593	363	1.79	Oc1	C-1	C-1
5	1	14	1600	480	1.63	Os1	S-1	S-1
6	8	15	1615	400	1.85	Oc2	C-2	C-2
7	7	23	1140	381	1.83	Os2-1	S-2	S-2
8	5	30	1140	402	1.94	Os2-2	---	S-2
9	10	35	1689	405	1.91	Oc3	C-3	C-3
10	2	45	1605	490	1.97	Os3	---	S-3
11	3	47	1293	450	1.89	Oc4	C-4	C-4
12	3	50	1767	480	1.90	Os4	S-3	S-3
13	3	53	1553	497	2.00	Oc5	C-5	C-5
14	7	56	1816	550	2.00	Os5	S-4	S-4
15	28	63	1820	525	2.00	Oc6	C-6	C-6
16	12	91	1862	573	1.97	Os6	---	S-4
17	2	103	1805	545	2.00	Oc7	---	C-6
18	2	105	1845	545	2.01	Os7	---	S-5
19	7	107	1816	559	1.99	Oc8	---	C-6
20	22	114	1915	540	1.99	Os8-1	S-5	S-5
21	10	136	1962	579	2.04	Os8-2	---	S-5
22	15	146	1903	597	1.95	Oc9	C-7	C-7
23	14	161	2105	739	2.06	Os9	S-6	S-6
24	6	175	2708	982	2.19	R1	---	---
25	3	181	3517	1597	2.41	R2	---	---
26	-	184	4898	2436	2.49	R3	---	---

U: 埋め戻し土 Oc:粘土層 Os:砂礫層 R: 花崗岩

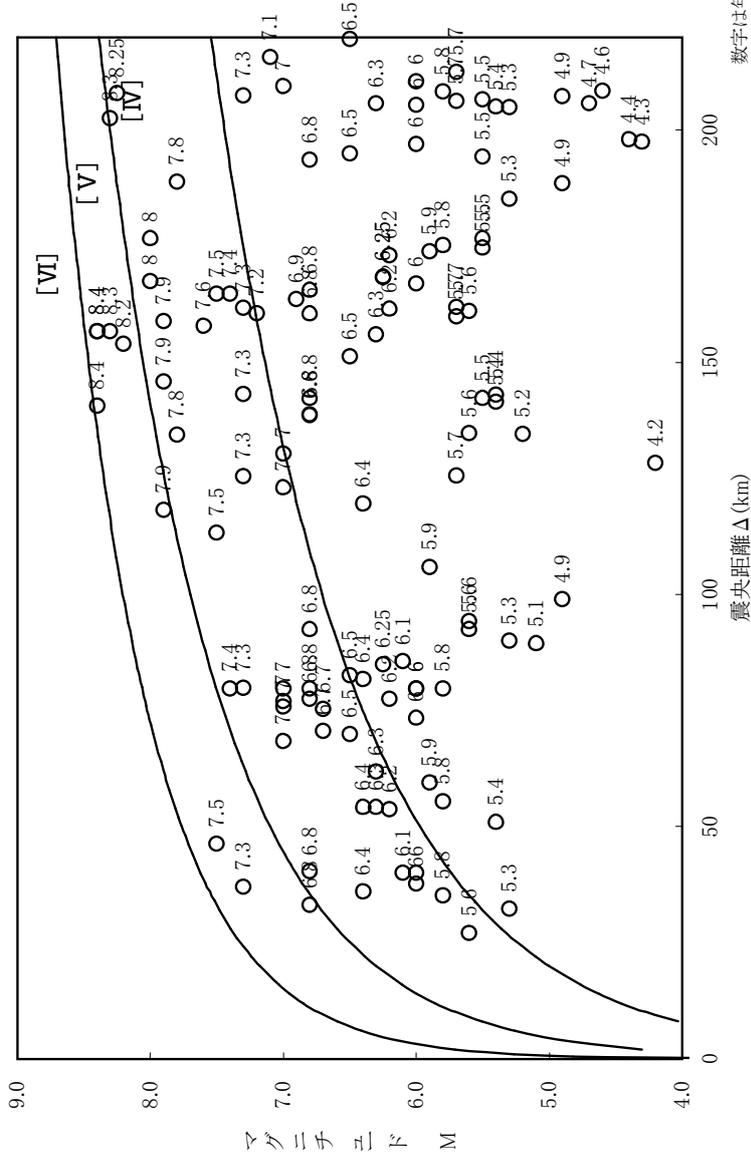
※1 非線形特性番号の記載してある層は非線形特性試験を実施した層

※2 設定した非線形特性番号。非線形特性試験を実施していない層は、その層に近い層の非線形特性を設定。



(地震諸元は、「最新版 日本被害地震総覧⁽⁸⁾」による)

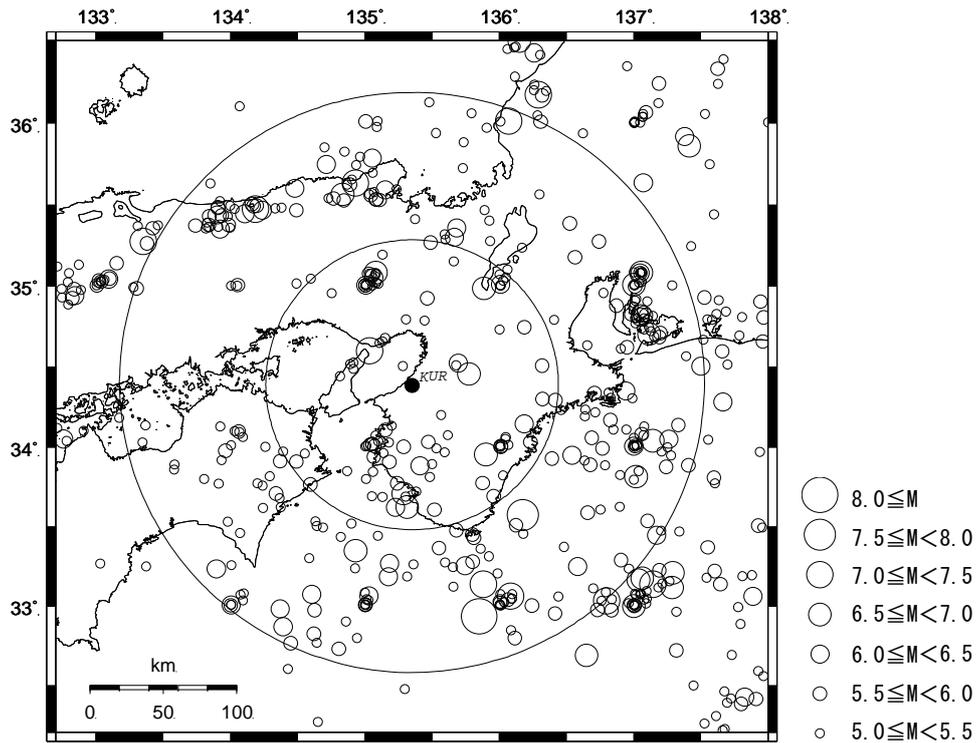
第 4.2.1-2 図 敷地周辺における主な被害地震の震央分布



年月日 地震名	マグニチュード	震度
877年8月26日 五畿七道の地震	8.3	V
1099年2月22日 南海道・畿内の地震	8.2	V
1361年8月3日 畿内・土佐・阿波の地震	8.4	V
1510年9月21日 摂津・河内の地震	6.8	V
1596年9月5日 畿内及び近隣の地震	7.5	V
1707年10月28日 宝永地震	8.4	V
1854年12月24日 安政南海地震	8.4	V
1944年12月7日 昭和東南海地震	7.9	V
1995年1月17日 兵庫県南部地震	7.3	V

数字は年号。[VI]は気象庁震度階級で、震度の境界線は [IV]、[V]、[VI]、[VII]、[VIII]、[IX]、[X]、[XI]、[XII]による。村松 (1969) (4)、勝又他 (1971) (15)による。

第 4.2.1-3 図 敷地周辺の被害地震の震央距離とマグニチュード



(地震諸元は、「気象庁地震カタログ⁽¹⁰⁾」による)

第 4.2.1-4 図 敷地周辺で発生した M5.0 以上の地震の震央分布
(1923 年～2007 年)