

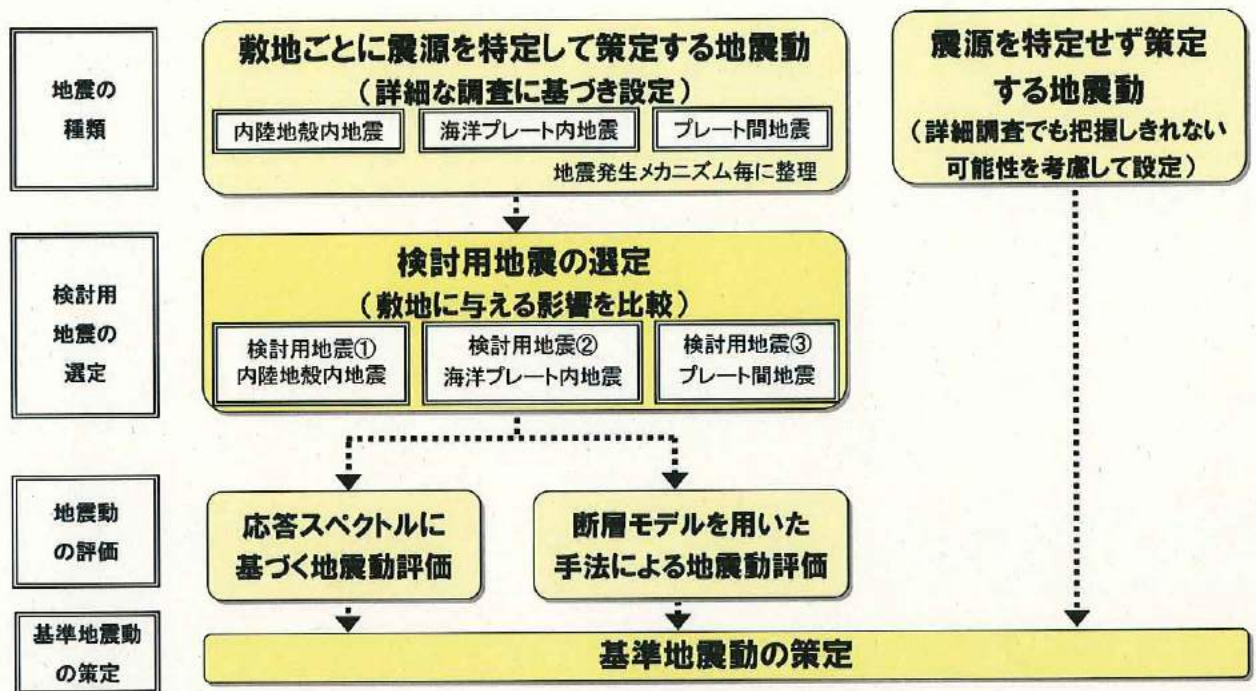


図 4 1 基準地震動 S s 策定の流れ

イ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

(ア) 検討用地震の候補とする地震の選定

被告は、敷地周辺における過去の被害地震から、規模、位置等に関する最新の知見をもとに、本件発電所敷地に影響を及ぼすと考えられる地震を選定し、これらの地震に、国の機関等による知見、活断層の分布状況から敷地周辺に想定した地震を加え、地震発生様式ごとに整理・分類して、検討用地震の候補とする地震を選定した。

a 被害地震の調査

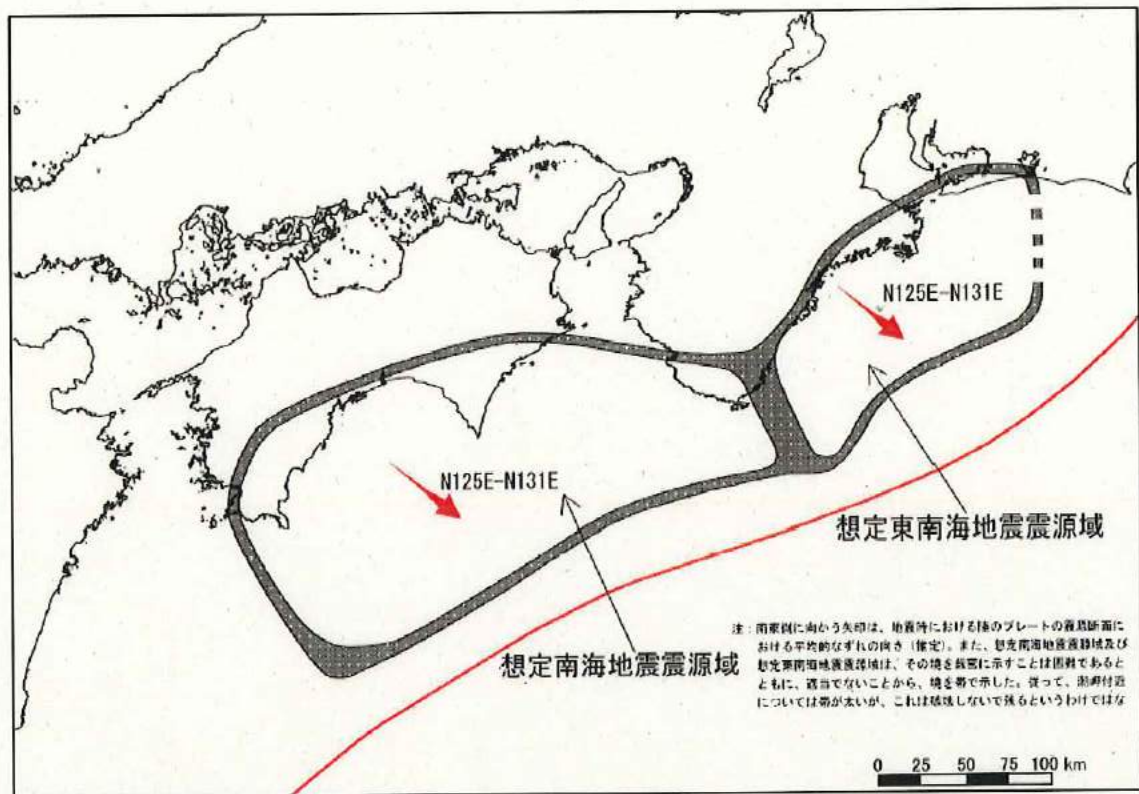
被告は、敷地周辺の被害地震について、地震史料及び明治以降の地震観測記録を基に、地震の震央位置、規模等をまとめた地震カタログ（「最新版 日本被害地震総覧」，「宇津カタログ（1982）」，「気象庁地震カタログ」等）による調査を行った。

この調査によって抽出した地震について、規模及び位置等に関する最新の知見をもとに敷地に影響を及ぼす地震として、敷地の震度が5弱（1996年以前は旧気象庁震度階級でV）程度以上であったと推定される地震を以下のとおり選定した。（乙ヨ11（6-5-13～6-5-16頁，6-5-53～6-5-56頁），乙ヨ31（7～10頁））

- ・土佐その他南海・東海・西海諸道の地震（684年，M8.1/4）
- ・日向灘の地震（1498年，M7.1/4）
- ・安芸・伊予の地震（1649年，M6.9）
- ・宝永地震（1707年，M8.9）
- ・安政南海地震（1854年，M8.4）
- ・伊予西部の地震（1854年，M7.0）
- ・豊後水道の地震（1968年，M6.6）

b 国の機関等による知見

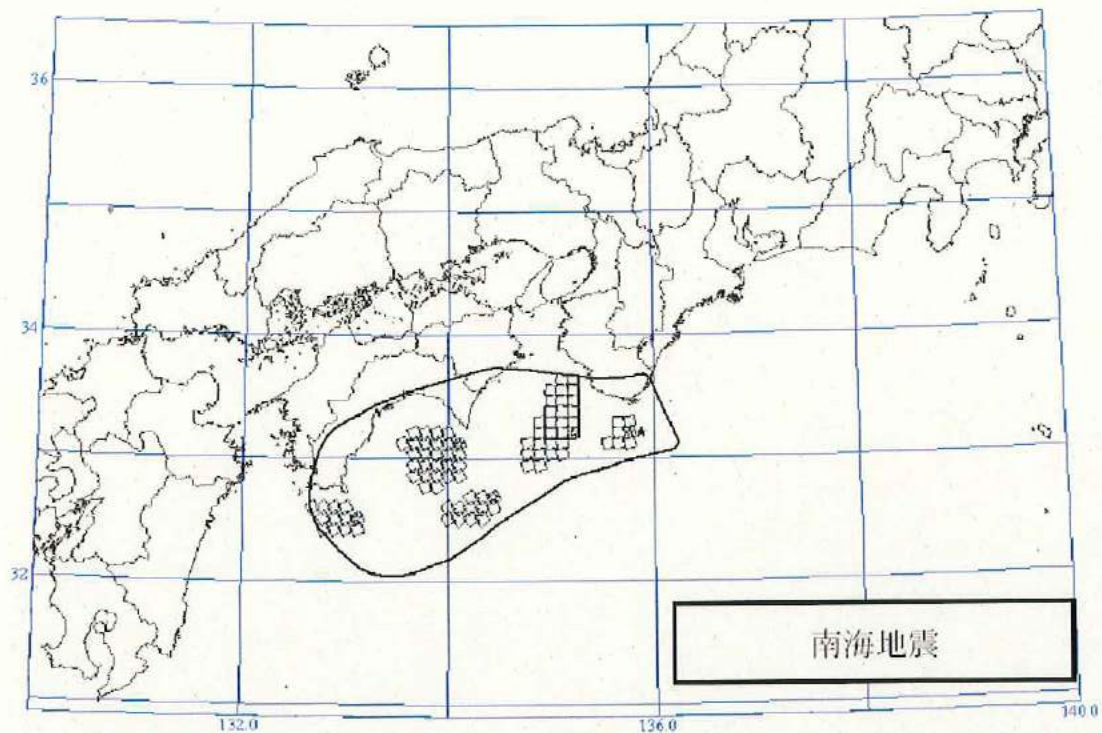
地震調査研究推進本部地震調査委員会は、長期的な観点から、南海トラフ沿いの地震について、四国沖から浜名湖沖までの領域を震源域とする地震を想定し、その評価のとりまとめを行った。そして、次の南海トラフ沿いの地震の発生位置（領域）及び震源域の形態を、既往の調査結果から総合的に判断し、図4.2で示すモデルを提案した（想定南海地震（地震調査委員会，M8.4））。また、日向灘のプレート間地震についても、1968年日向灘地震及び1662年の日向灘の地震に係る強震動評価を実施し、モデルを示している（日向灘の地震（地震調査委員会，M7.6））。（乙ヨ11（6-5-9～6-5-10頁），乙ヨ31（9頁））



(地震調査委員会(2001)より)

図4-2 地震調査委員会による想定南海地震の震源域

中央防災会議は、「東南海・南海地震等に関する専門調査会」を設置し、東南海・南海地震などの過去の地震発生例を参考にし、東海地震、東南海地震及び南海地震を様々に組み合わせたケースを想定した検討を行い、想定南海地震として図4-3で示すモデルを設定した(想定南海地震(中央防災会議, M8.6))(乙ヨ11(6-5-10~6-5-12頁), 乙ヨ31(9頁))。

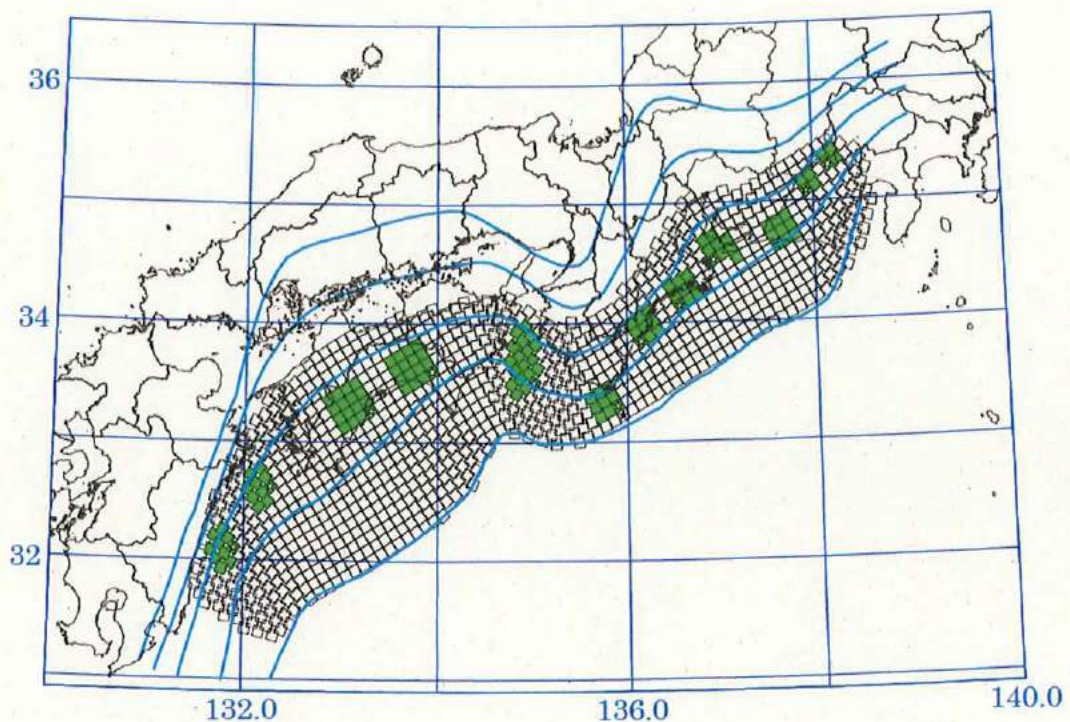


(中央防災会議(2003)より)

図4-3 中央防災会議による想定南海地震の震源域

内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(以下「内閣府検討会」という。)は、南海トラフの巨大地震を対象として、過去に南海トラフで発生した地震の特徴やフィリピン海プレートの構造等に関する特徴などの現時点の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大地震として、駿河湾から日向灘までを震源断層域とするM9クラスを想定した検討を行った。そして、南海トラフの巨大地震として4ケースのモデルを設定している。本件発電所敷地に最も影響があると考えられるのは、

強震動生成域⁶⁸が最も敷地の近傍に配置されている「陸側ケース」
 (図4-4, 南海トラフの巨大地震(陸側ケース)(内閣府検討会,
 M9.0))である。(乙ヨ11(6-5-12~6-5-13
 頁), 乙ヨ31(9頁))



(内閣府検討会(2012)より)

図4-4 南海トラフ巨大地震(陸側ケース)の震源域

また, 地震調査研究推進本部地震調査委員会による, フィリピン海プレートのプレート間及びプレート内の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の地域区分(乙ヨ32(3-79頁))を考慮し, 本件発電所を含む区分及びこれに隣接する区分において過

⁶⁸ 断層面のなかで特に強い地震波(強震動)を発生させる領域。図4-4では, 緑色で示されている。

去に発生した海洋プレート内地震について、最新の知見を踏まえて整理したものを図45に示す。各領域において最も規模が大きなもの（図中、赤線で囲ったもの）は、領域1においては①2004年の地震（M7.4）、領域2においては②1769年の地震（M7.4）、本件発電所を含む領域3においては③1854年の地震（M7.0）及び領域4においては④1909年の地震（M7.3）となっている。これらの地震のうち、③以外の地震は、震央距離が離れているため、そのままでは本件発電所への影響は大きくないが、被告は、各領域の範囲で地震が発生する位置をあらかじめ特定することは困難であるとの安全側の考え方に立ち、地震動評価をする上では、①、②及び④の地震を各領域の最も本件発電所に影響を与える位置で発生するものとした。そして、①を震央距離約225kmの位置に（アウターライズ地震⁶⁹（M7.4））、②を震央距離約77kmの位置に（日向灘の浅い地震（M7.4））、④を震央距離約59kmの位置に（九州の深い地震（M7.3））それぞれ想定することとした（図45では赤字で示した。）。（乙ヨ11（6-5-18～6-5-19頁）、乙ヨ31（8頁））

⁶⁹ 海側のプレートと大陸側のプレートとが接する海溝の海寄りに存在する、海側のプレートが地形的に隆起した領域で発生する地震

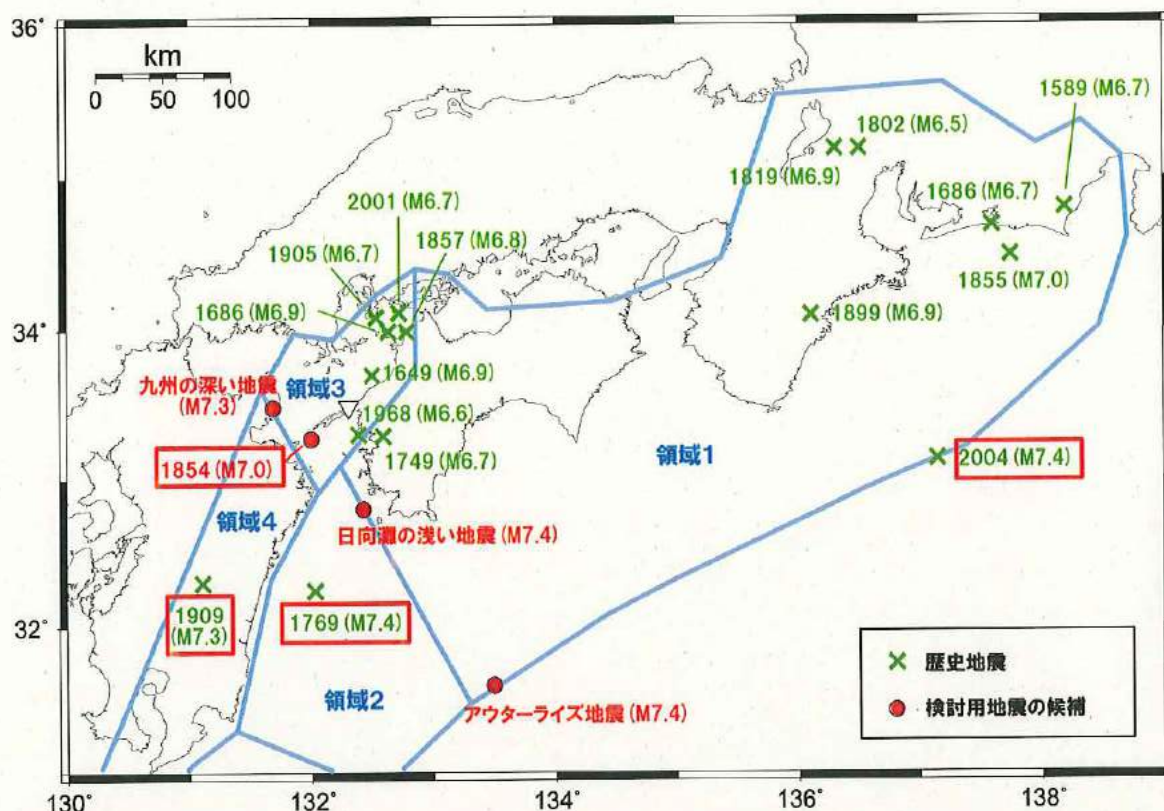


図 4 5 本件発電所の周辺領域における海洋プレート内地震の分布

c 敷地周辺の地震発生様式及び地震発生状況

本件発電所周辺の地震活動は、太平洋側沖合いの南海トラフから陸側へ沈み込む海洋プレートと陸域プレートとの境界付近で発生するプレート間地震、海洋プレート内で発生する海洋プレート内地震、陸域及び沿岸で発生する内陸地殻内地震の3つに大きく分けることができる。気象庁一元化震源のうち敷地周辺で発生したM5未満の地震（微小地震）の分布状況の調査、敷地周辺で発生した過去の地震に関する知見等を踏まえると、敷地周辺で発生する地震の主な特徴は概ね次のとおりである。すなわち、①プレート間地震は、南海トラフ沿いでM8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生し、日向灘周辺ではM7程度の地震が

十数年から数十年に一度の割合で発生している。②海洋プレート内地震は、安芸灘や伊予灘など瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところ（約30～70kmの深さ）でM7程度の地震が発生している。そして、過去に敷地周辺の沿岸地域に被害をもたらした地震が知られている。③内陸地殻内地震は、敷地近傍においてほとんど発生しておらず（若干認められるものもM2未満と小さい。）、大分県別府付近でM7程度の地震が発生している。

（乙ヨ11（6-5-1～6-5-7頁））

d 活断層の分布状況

被告は、敷地周辺の活断層の分布を把握するため、文献調査、地形調査、地表地質調査、海域地質調査、地球物理学的調査等による入念な調査を行った。この結果、敷地の北方には敷地前面海域の断層群（42km）、伊予セグメント（23km）、川上セグメント（36km）などから構成される中央構造線断層帯が四国陸域から佐田岬半島西端部の北方まで分布し、敷地の沖合い約8kmを通過する。さらに西方には、別府湾-日出生断層帯（76km）が豊予海峡から別府市西方まで分布する。これら以外にも伊予灘北方の上関断層（F-15）、上関断層（F-16）等の活断層が分布する。一方、敷地の南方には、八幡浜の五反田断層（2km）、宇和海のF-21断層（22km）が分布する。これらの分布状況を図46に示す。（乙ヨ11（6-5-7～6-5-9頁））

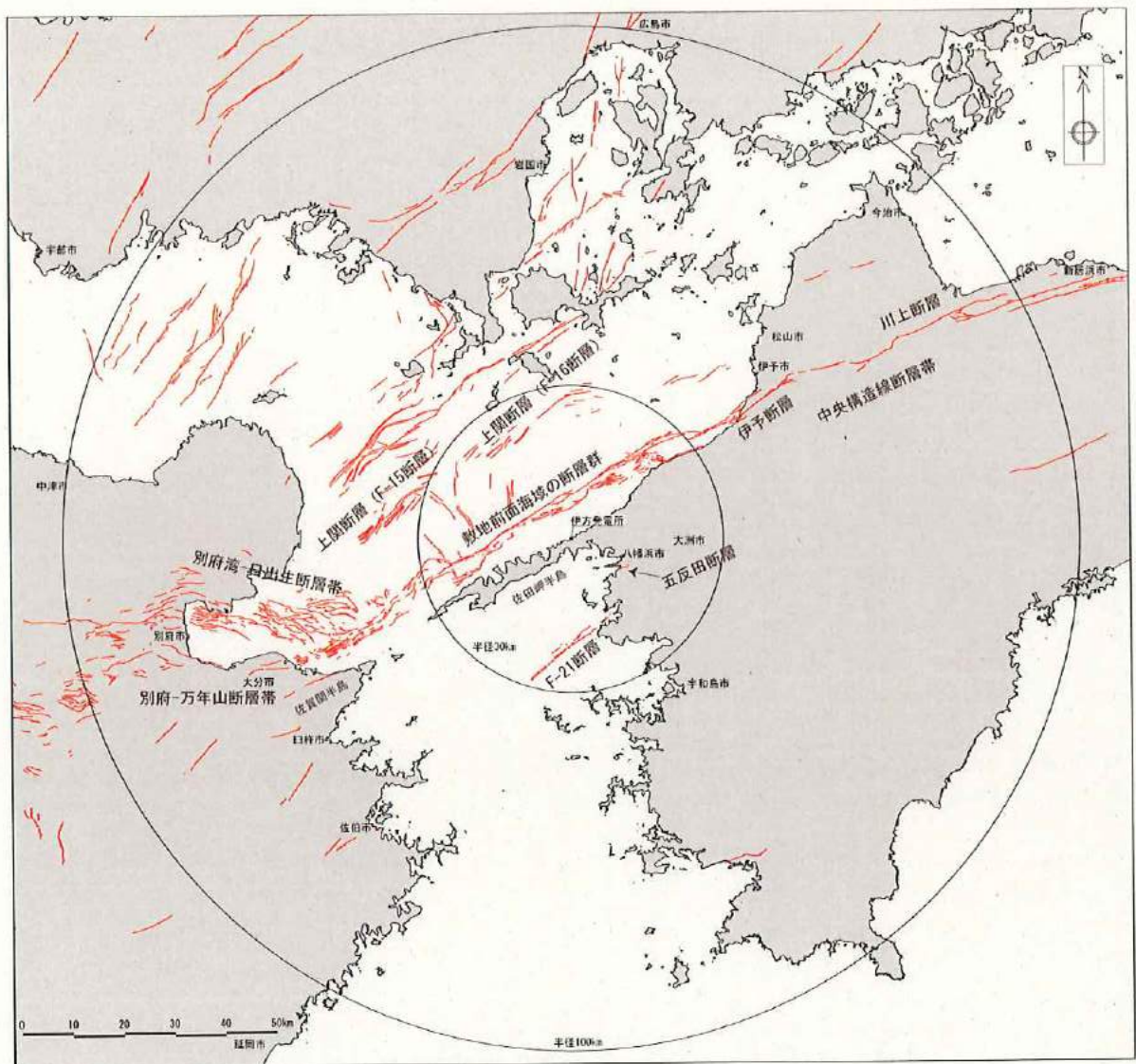


図4-6 敷地周辺の活断層の分布状況

一般に、中央構造線という語は、「地質境界としての中央構造線」と「活断層としての中央構造線」の両者を包含して若しくは混同して、又は区別せずに用いられているが、地震動を評価する上で考慮すべきは「活断層としての中央構造線」である。

(地質境界としての中央構造線)

日本列島の骨格が形成された約7000万年前以前に形成され

たとえられる西南日本の中央部をほぼ縦断する地質構造上の境界線があり、地質境界としての中央構造線と呼ばれる（図47）。



図47 地質境界としての中央構造線

これは、関東地方から九州地方に至る長大な地質構造であるが、四国地方においては、四国山地北麓をほぼ東西に走り、愛媛県西条市丹原町鞍瀬付近で南へ曲がり、湾曲しながら同県伊予市双海町上灘付近から海中に没している（図48）。



図 4 8 四国西部における地質境界としての中央構造線と
活断層としての中央構造線の対比

地質境界としての中央構造線は、上記鞍瀬付近から上記上灘付近で海中に没するまでの間は新生代第三紀の末期（約 1 0 0 0 万年前）以降は全く活動していないこと、及び上記上灘付近の海域における音波探査記録によれば地質境界上に堆積している洪積層⁷⁰に乱れが認められないことから、地震を発生させる可能性は皆無である。つまり、地質境界としての中央構造線とは、地質構造として認定されるものであり、地震を発生させる可能性はない。なお、中央構造線の長さについて、例えば、約 8 0 0 km とか約 1

⁷⁰ 第四紀の初め（約 2 6 0 万年前）から近年最も海の陸地化が進んだ時期（約 1. 8 万年前）までの年代（洪積世）に形成された地層及び岩体

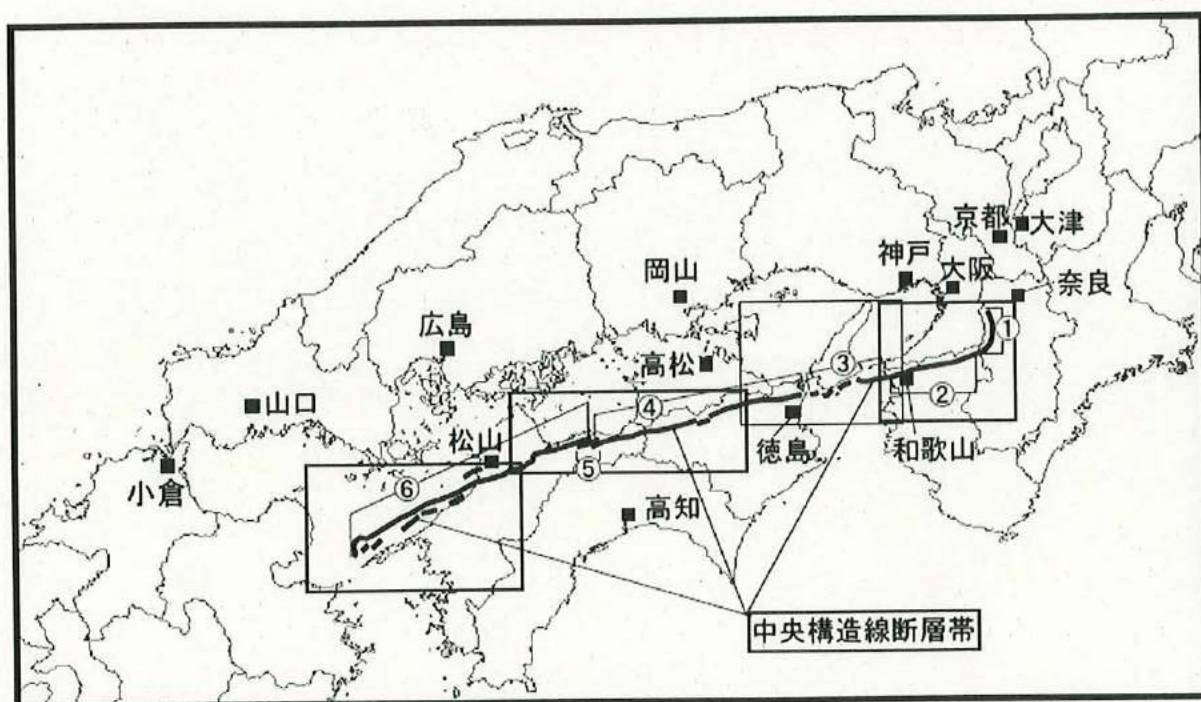
0 0 0 kmと言及されることがあるが、これは、地質境界としての中央構造線の長さに関するものであり、地震発生の可能性の観点からは意味をもたない。

(活断層としての中央構造線)

地質境界としての中央構造線と同じ位置、あるいは多少離れた位置に、最近の地質年代における活動が確認される断層が存在する部分がある(図48)。これらは、活断層としての中央構造線として、将来、地震を発生させる可能性があるかどうかの観点から、地質境界としての中央構造線とは区別して検討しなければならない。

活断層としての中央構造線については、地震調査研究推進本部地震調査委員会が、中央構造線断層帯として評価している(したがって、本書面では、活断層としての中央構造線を「中央構造線断層帯」と記載している。)。地震調査委員会(2011)(乙ヨ33)によれば、中央構造線断層帯は、近畿地方の金剛山地の東縁から淡路島南部の海域を経て四国北部を東西に横断し、伊予灘に達する断層帯で全体としての長さは約360kmとされ、過去の活動時期の違いなどから、①金剛山地東縁(長さ約23km)、②和泉山脈南縁(長さ約44～52km)、③紀淡海峡－鳴門海峡(長さ約43～51km)、④讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部(長さ約130km)、⑤石鎚山脈北縁(長さ約30km)及び⑥石鎚山脈北縁西部－伊予灘(長さ約130km)の6つの区間に区分されている(図49)。一般的には、中央構造線断層帯のような長大な断層帯はいくつかの区間に分割して活動すると考えられている

が、同委員会では、中央構造線断層帯の将来の活動について、上記6つの区間が個別に活動する可能性、複数の区間が同時に活動する可能性、これら6つの区間とは異なる範囲が活動する可能性、さらには、断層帯全体が同時に活動する可能性も否定できないとしている。



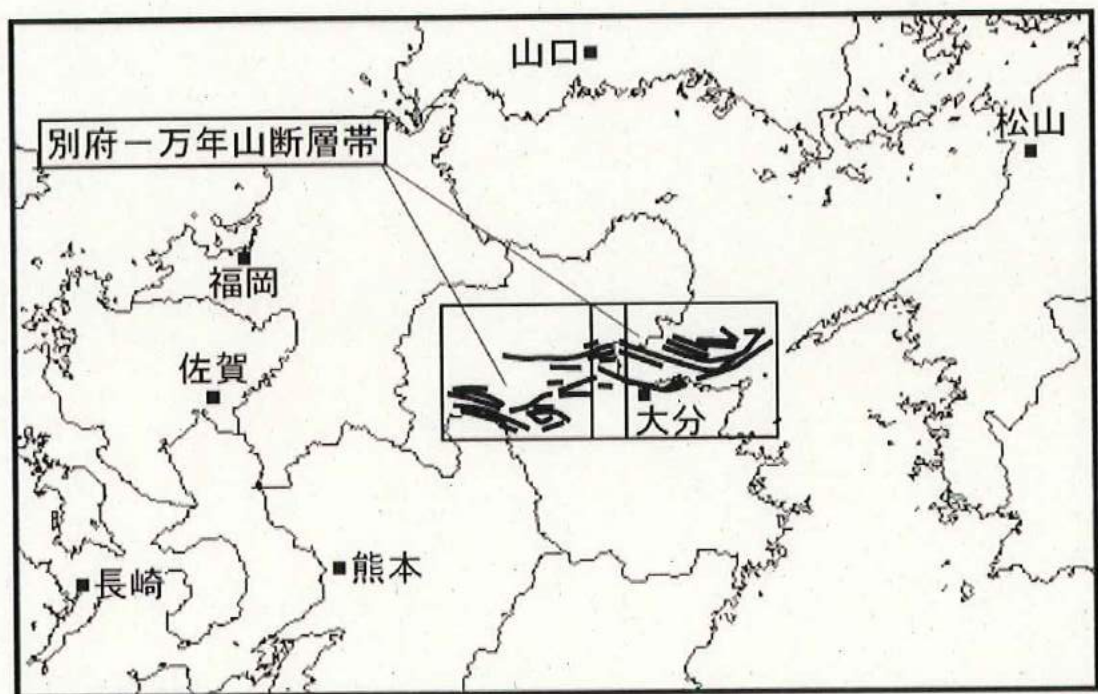
- ①: 金剛山地東縁 ②: 和泉山脈南縁 ③: 紀淡海峡-鳴門海峡
 ④: 讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁東部 ⑤: 石鎚山脈北縁
 ⑥: 石鎚山脈北縁西部-伊予灘

(地震調査委員会(2011)より)

図49 地震調査委員会(2011)による中央構造線断層帯の区分

また、地震調査委員会(2005)(乙ヨ34)によると、別府-万年山断層帯について、ほぼ東西方向の多数の正断層から構成されているが、断層の走向や変位の向きから「別府湾一日出生

断層帯」(76 km)、大分平野－由布院断層帯(40 km)等に区分されている。敷地に最も近い別府湾－日出生断層帯は、東部と西部で最新活動時期が異なり、それぞれが単独で活動すると推定されているが、全体が同時に活動する可能性、さらには、その東端が中央構造線断層帯に連続している可能性がある」と指摘されている(図50)。



(地震調査委員会(2005)より)

図50 地震調査委員会(2005)による別府－万年山断層帯

一方、被告は、本件発電所の敷地周辺において詳細な地質調査を実施し、断層の分布形態、活動様式等の性状を特定した結果、中央構造線断層帯を構成する活断層として、伊予断層(断層の長さ約23 km)、川上断層(断層の長さ約36 km)及び敷地前面海

域の断層群（断層の長さ約4.2 km、本件発電所の敷地の沖合い約8 kmに分布）が存在すること、さらにそれぞれの断層の間に、ジョグと呼ばれる断層破壊の末端（セグメントの境界）を示唆する地質構造が分布することを確認した。そして、敷地前面海域の断層群を図5.1のとおり区分した。ちなみに、敷地前面海域の断層群の中間あたり（本件発電所の敷地の正面の海域）にもジョグが存在しているが（図5.1）、規模が小さいことから安全側に判断し、セグメントの境界とみなさずに敷地前面海域の断層群を一連の活断層として判断した。

（以上、本件発電所の敷地周辺地域における中央構造線の総合的な評価につき、乙ヨ11（6-3-43～6-3-66頁）参照）

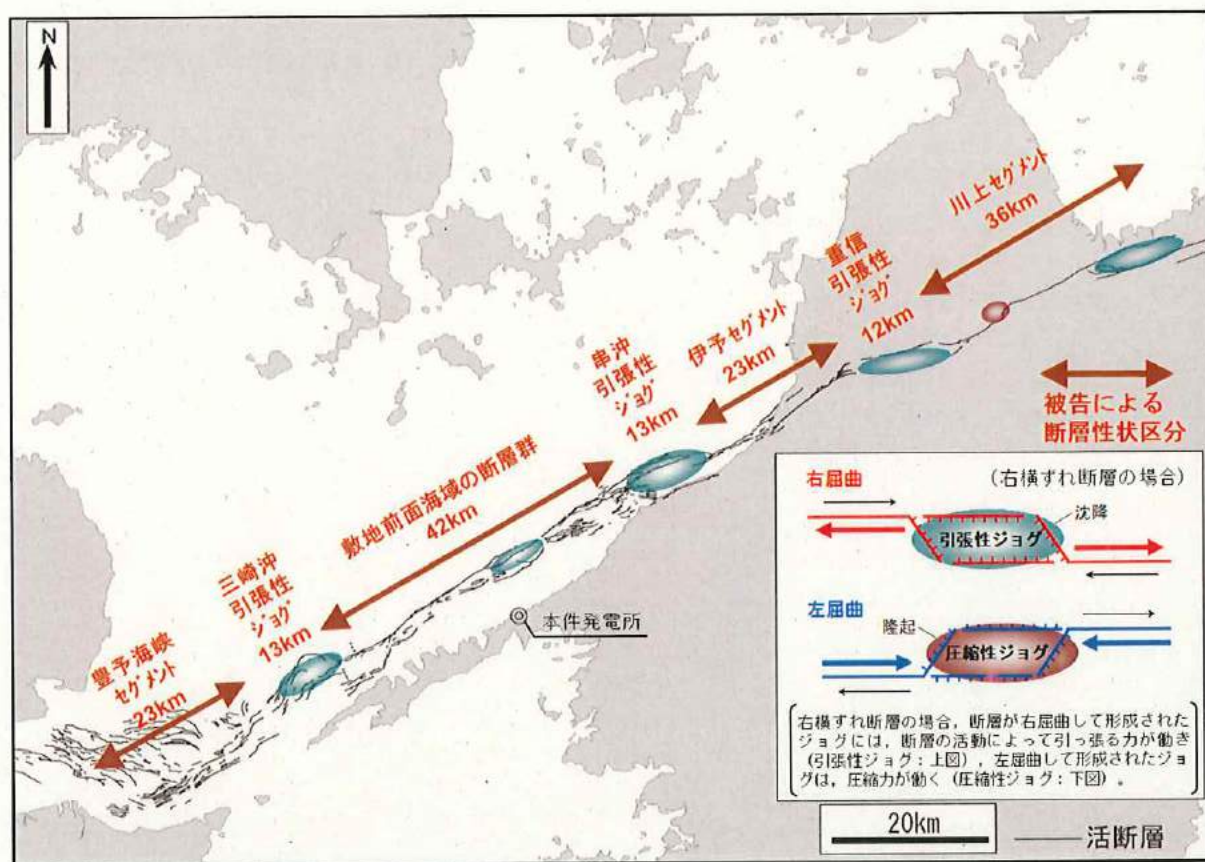


図5 1 被告の調査による敷地前面海域の断層群の区分

e 地震の分類

以上で示した地震について、地震発生様式ごとに整理・分類し、検討用地震の候補とする地震を選定した。

内陸地殻内地震については、上記dで示した活断層の分布状況に基づき、敷地周辺において考慮すべき活断層による内陸地殻内地震として、以下のとおり選定した。地震動評価上考慮する断層の長さとしては、敷地前面海域の断層群については、両端の引張性ジョグの中間まで延伸し54km、同様に伊予セグメントについても33kmとした。また、五反田断層については、長さが短く(2km)孤立した断層であることから、地表で認められる活断層の長

さが必ずしも震源断層の長さを示さない（地下に震源断層が広がっている）可能性を考慮し、断層長さ15 km, M6.5の地震規模を想定することとした。その他の活断層の断層長さについては、F-21断層を22 km, 上関断層（F-15）を48 km, 上関断層（F-16）を32 kmとした。（乙ヨ11（6-5-16～6-5-17頁））

- ・中央構造線断層帯による地震（敷地前面海域の断層群（54 km）, 伊予断層（33 km）, 金剛山地東縁-伊予灘（360 km）, 石鎚山脈北縁西部-伊予灘（130 km））
- ・別府湾-日出生断層帯による地震
- ・F-21断層による地震
- ・五反田断層による地震
- ・上関断層による地震

海洋プレート内地震については、南海トラフから安芸灘～伊予灘～豊後水道海域へ西北西の方向に沈み込む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ついて、歴史地震及び上記bで述べた地震調査研究推進本部地震調査委員会によるフィリピン海プレートのプレート間及びプレート内の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の地域区分から想定した地震を踏まえ、以下の地震を選定した（乙ヨ11（6-5-18～6-5-19頁））。

- ・安芸・伊予の地震（1649年, M6.9）
- ・伊予西部の地震（1854年, M7.0）
- ・豊後水道の地震（1968年, M6.6）
- ・九州の深い地震（M7.3）

- ・日向灘の浅い地震 (M 7. 4)

- ・アウターライズ地震 (M 7. 4)

プレート間地震については、歴史地震を踏まえるとともに、上記 b で地震調査研究推進本部、中央防災会議及び内閣府検討会が設定した南海トラフ沿いの震源モデル等を考慮し、南海トラフ沿いの地震及び日向灘における地震として以下の地震を選定した (乙ヨ 1 1 (6-5-19~6-5-20 頁))。

- ・土佐その他の南海・東海・西海諸道の地震 (684 年, M 8 1/4)

- ・宝永地震 (1707 年, M 8. 6)

- ・安政南海地震 (1854 年, M 8. 4)

- ・想定南海地震 (地震調査研究推進本部, M 8. 4)

- ・想定南海地震 (中央防災会議, M 8. 6)

- ・南海トラフの巨大地震 (陸側ケース) (内閣府検討会, M 9. 0)

- ・日向灘の地震 (1498 年, M 7 1/4)

- ・日向灘の地震 (地震調査研究推進本部, M 7. 6)

(イ) 検討用地震の選定

検討用地震の候補として選定した地震から、本件発電所の敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を地震発生様式の分類ごとに検討用地震として選定することとし、検討用地震の選定にあたっては、応答スペクトルに基づく地震動評価を行い (図 5 2 ~ 図 5 4), 以下のとおり検討用地震を選定した (選定結果を図 5 5 に示す。)(乙ヨ 1 3 (13~14 頁), 乙ヨ 3 1 (12~19 頁))

内陸地殻内地震について、中央構造線断層帯による地震は、敷地前面海域の断層群を含む区間として複数の断層長さを考慮するケースを検討用地震の候補として選定しているが、検討用地震の選定にあたっては、敷地前面海域の断層群（54km）で代表させて検討を行った。その結果、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、敷地前面海域の断層群による地震となった。敷地前面海域の断層群は、中央構造線断層帯の一部であり、地震調査研究推進本部において中央構造線断層帯の敷地前面海域の断層群を含む複数区間の連動の可能性及び中央構造線断層帯と別府－万年山断層帯との連動の可能性が言及されていることを踏まえ、検討用地震としては、これらの連動を含む区間を考慮した断層群による地震を選定した。（乙ヨ11（6-5-29～6-5-30頁））

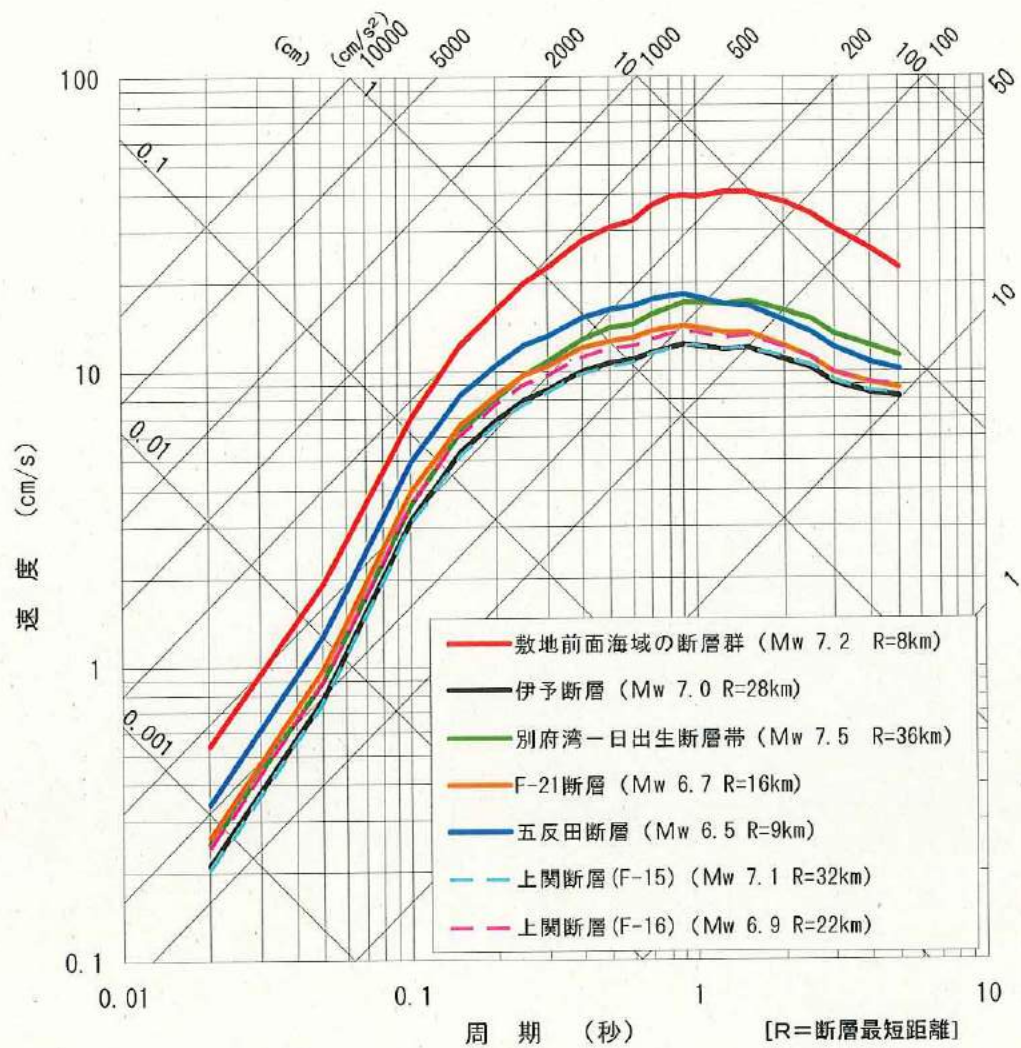


図 5.2 応答スペクトルによる地震動評価 (内陸地殻内地震)

海洋プレート内地震について、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、1649年安芸・伊予の地震となったことから、これを検討用地震として選定した (乙ヨ11 (6-5-30頁))。

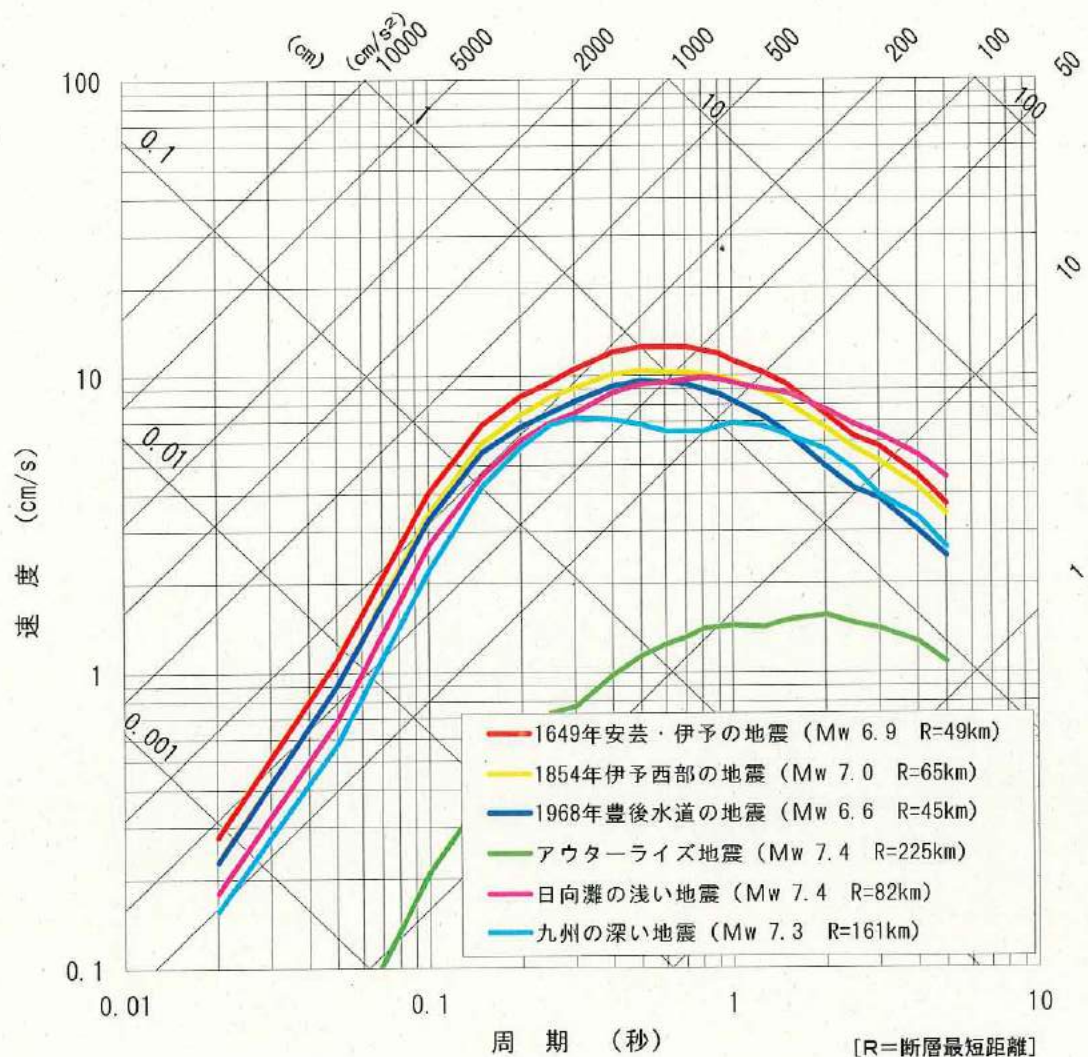
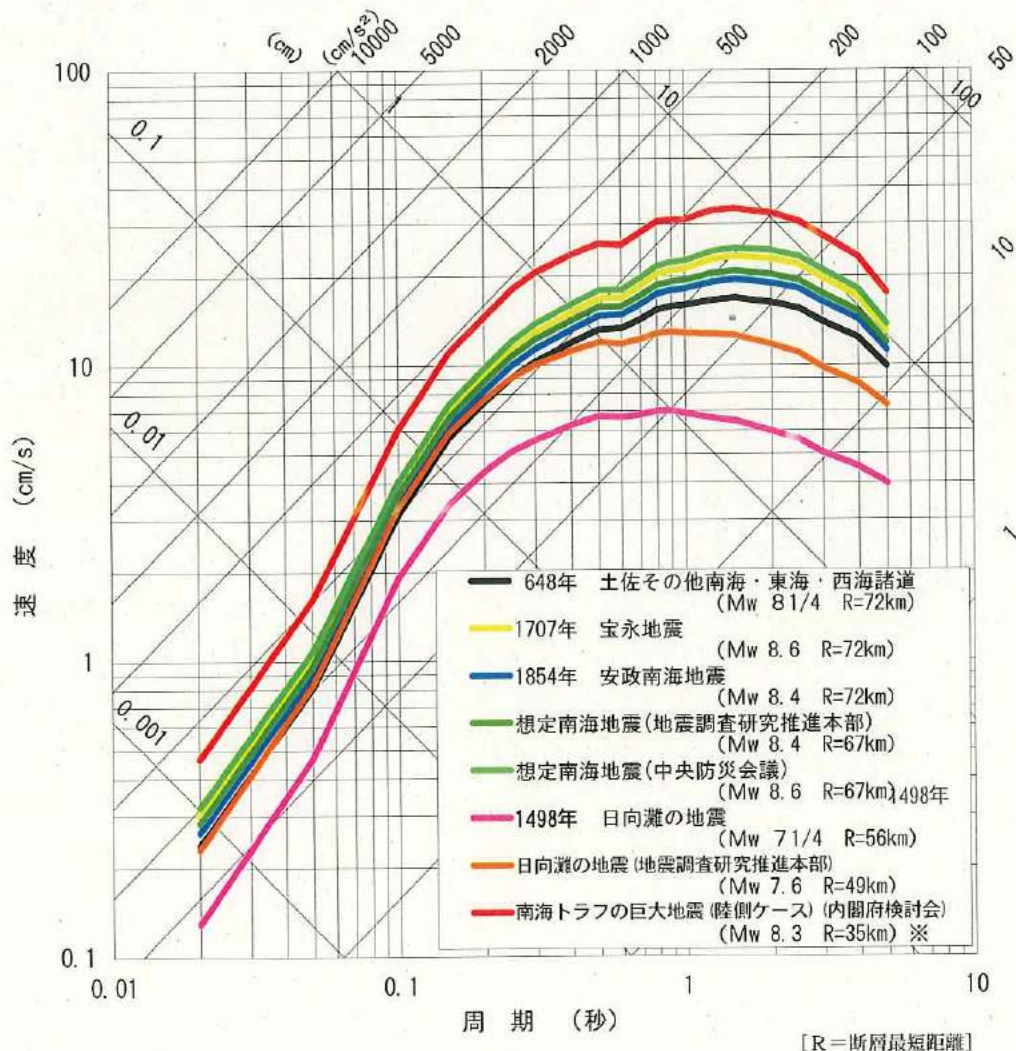


図 5.3 応答スペクトルによる地震動評価 (海洋プレート内地震)

プレート間地震について、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、内閣府検討会による南海トラフの巨大地震(陸側ケース)となったことから、これを検討用地震として選定した。

なお、応答スペクトルに基づく地震動評価の手法は巨大地震に対して適用できるように作成されたものではないものの、内閣府検討会は東北地方太平洋沖地震 (M 9.0) について、Mを8.3と仮定して応答スペクトルに基づく地震動評価を行うことで震度分布が

よく説明されたとして、南海トラフの巨大地震（M 9. 0）の応答スペクトルに基づく地震動評価のパラメータとしてM 8. 3を採用していることから、ここでもM 8. 3を採用して評価を行った。（断層モデル評価においては、M 9. 0を設定して詳細評価を行った（後記（エ）c）。）（乙ヨ11（6-5-30～6-5-31頁））



※ 応答スペクトル手法による地震動評価に用いる地震規模は内閣府検討会による。

図 5 4 応答スペクトルによる地震動評価（プレート間地震）

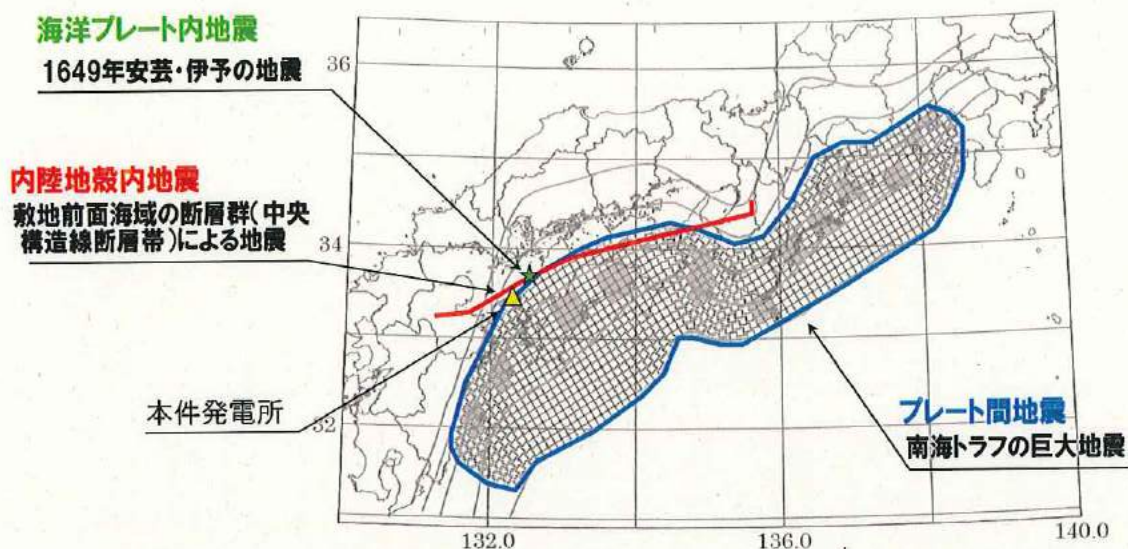


図 5 5 検討用地震の選定結果

(ウ) 地震動評価のための敷地地盤の評価

地震動評価において、当該地点における地域特性を十分に把握することが不可欠であることは上記のとおりである。震源特性や伝播特性については、個々の地震を想定する上で考慮することとなるが、増幅特性については、当該地点に固有の性質であり、まずはこれを十分に把握することが重要である。この点、本件発電所敷地地盤の地下構造は、地震動を増幅させる特異な性質のない良質な地盤である。以下では、被告が本件発電所敷地地盤の増幅特性の有無を把握すべく実施した地下構造評価について述べる。(乙ヨ 13 (11～12 頁))

a 地震観測記録を用いた評価

被告は、本件発電所敷地地盤において、1975年から地震観測（強震及び微小地震）を実施している。これまでに観測された

比較的振幅の大きな地震は、全て海洋プレート内地震であり、内陸地殻内地震、プレート間地震について振幅の大きな記録は得られていない。本件発電所で観測した地震のうち、Noda et al. (2002) の方法（耐専スペクトル）⁷¹（乙ヨ36）との比較が可能な比較的規模の大きい内陸地殻内地震（乙ヨ11（6-5-65頁））を用いて、観測記録の応答スペクトルと耐専スペクトルにより推定した応答スペクトルの比をとって増幅特性の検討を行った。その結果、どの地震についても短周期側では観測値が予測値よりも小さい傾向を示しており、特に顕著な増幅特性を示す地震はない（乙ヨ11（6-5-146頁））。観測値が予測値よりも小さい理由としては、本件発電所敷地の岩盤が耐専スペクトルの想定する地盤よりも硬いこと、どれも遠方の地震であり観測記録の振幅が小さいことなどのためである。

次に、対象とする地震の規模をM2程度にまで広げて、地震波の到来方向によって特異性が見られないかの検討を行った。地震規模が小さく耐専スペクトルの適用範囲外であるため観測値と予測値との整合が悪く断定的な評価はできないものの、地震の発生地域を敷地北方、東方、南方及び西方の4領域に分けて検討したところ、到来方向によって増幅特性が異なるような傾向はない。

（以上、乙ヨ11（6-5-21～6-5-23頁，6-5-145～6-5-148頁），乙ヨ35（1～8頁））

⁷¹ Noda et al. (2002) の方法は、一般社団法人日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会にて、議論・検討されたことから、「耐専スペクトル」とも呼ばれる方法で、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ある。

b 深部ボーリング等による評価

被告は、本件発電所の建設時において、最深深度で500m、孔数で140孔のボーリング調査を実施し、本件発電所の地盤構造を把握しているが、平成22年から深部ボーリング調査を実施し、本件発電所敷地のさらに地下深部までの地質及び地盤物性を把握するとともに、深部の地下構造に起因する地震動の増幅特性がないことを確認した。

深部ボーリング調査は、本件発電所敷地の南西部（荷揚岸壁付近）において、深度2000m、500m、160m、5mの4孔のボーリング孔を掘削するもので、深度2000mまでの連続したボーリングコアを採取し、これを観察して地質柱状図⁷²を作成するとともに、深部ボーリング孔内において物理検層⁷³やオフセットVSP探査⁷⁴を実施した。そして、従来のボーリング調査の結果と合わせて地下構造の検証を行った。また、地下深部における地震動を観測し、地表で観測した地震動との比較を行うことにより実際に地震動が増幅しないことを検証することなどを目的に、各ボーリング孔底部に地震計を設置し、地震観測を開始した。

（以上、乙ヨ35（21～23頁，30頁，47～53頁））

深部ボーリング調査の結果は、以下のとおりであり、本件発電

⁷² 地質断面図の一種で、地層の堆積した順序、厚さ、地層区分などを、模様や記号によって縦に細長い柱状に表したもの

⁷³ ボーリング孔内に各種測定器（検層器）を降下させ、検層器から得られる物理量（S波速度、密度、温度等）を用いて、地層中の地質情報を連続的に計測する手法

⁷⁴ 地表に震源を設置してボーリング孔内の受振器で地震波を観測することにより、ボーリング孔周辺の地下構造を調査する手法をVSP探査（vertical seismic profiling：鉛直地震探査）といい、特に、震源をボーリング孔から離れた地点に設置する方法をオフセットVSP探査と呼ぶ。

所の敷地地盤は速度構造的に特異性を有する地盤ではない。

(乙ヨ11 (6-5-20~6-5-21頁))

(地質構造)

深部ボーリング調査の調査地点では、地表付近に埋立土や風化岩が薄く分布するものの深度約50mで新鮮な岩盤となり、深度約50mから深度約2000mまで堅硬かつ緻密な結晶片岩⁷⁵が連続する。敷地の地盤を構成する緑色片岩の下位に三波川変成岩類のうち主に泥質片岩が分布し、緑色片岩、珪質片岩及び砂質片岩の薄層を挟む。地表部の緑色片岩を主体とする地層とその下位の泥質片岩を主体とする地層の境界面は緩く北へ傾斜していると推定され、本件3号機の炉心位置では深度約350m以深が泥質片岩主体となっている。(地質構造の断面図は図22参照) (乙ヨ35 (25~36頁))

(速度構造)

深部ボーリング孔内での物理検層の結果(図56)によると、P波速度及びS波速度は地下深部に至るにつれて漸増し、地盤の密度は岩種に応じてやや変化するものの、深度方向への大きな増減傾向は認められない。

⁷⁵ 片理のある広域変成岩を結晶片岩という。緑色片岩、泥質片岩、珪質片岩及び砂質片岩はいずれも結晶片岩の一種である。

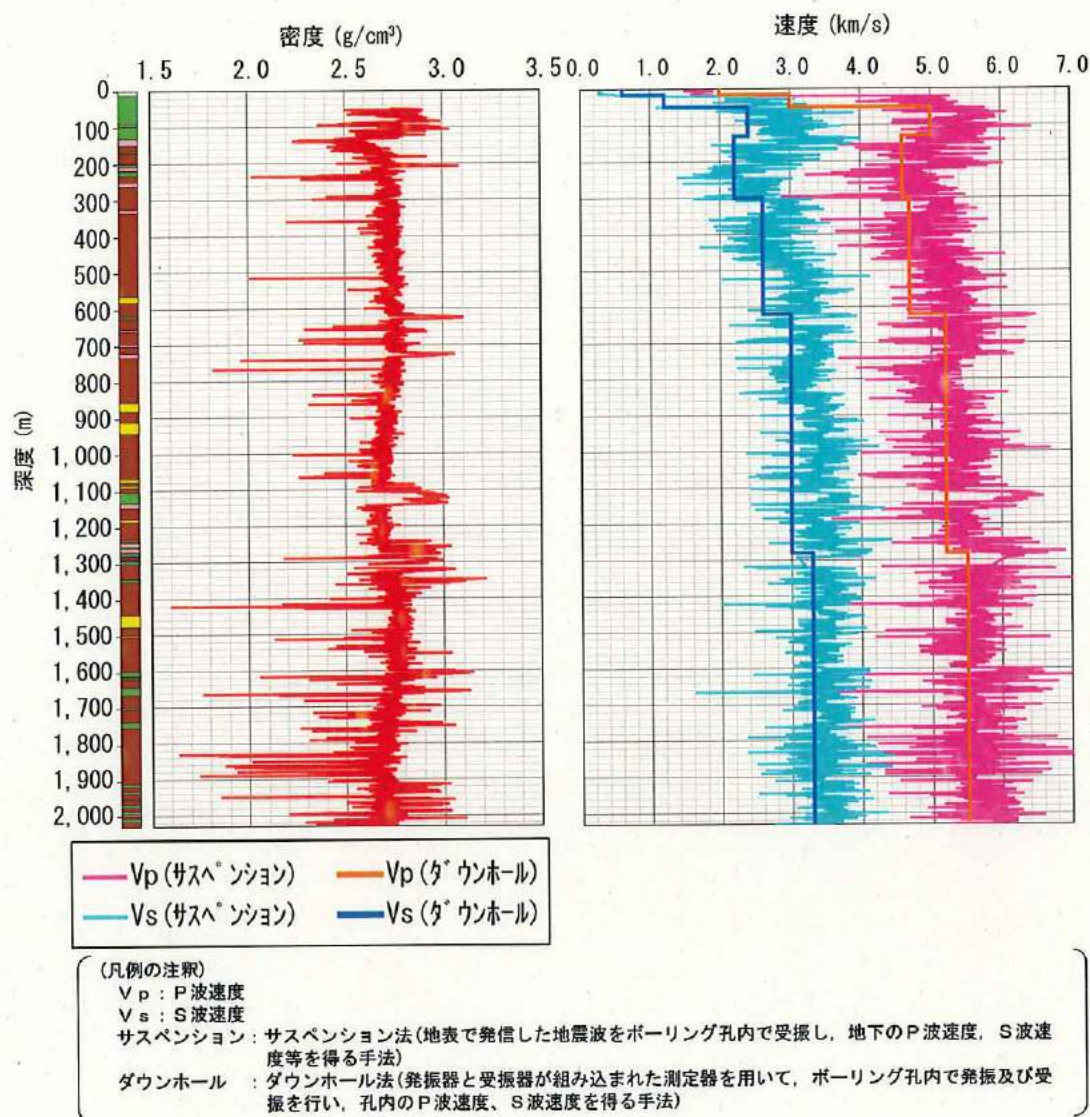


図 5 6 深部ボーリング孔内検層結果

また、オフセットVSP探査の結果を図57に示す。オフセットVSP探査は、地表に震源を設置して地震波を人工的に発生させ、地下の地層境界面(反射面)で反射した地震波をボーリング孔内の受振器で観測することにより、ボーリング孔周辺の地下構造を調査する手法である。図57では、ボーリング孔の右側に水平方向に延びる鮮明な縞模様が見られる(赤線で囲んだ範囲)。

これが、オフセットVSP探査で得られた地層境界面を示している。それ以外の範囲で見られるやや不鮮明な縞模様は、地表で発振した地震波を地表の受振器で観測することにより地下構造を把握する手法である反射法探査で得られた反射面を示している⁷⁶。オフセットVSP探査や反射法探査では、地下の地層境界面が縞状に表現され、これが連続していなかったり、ずれが生じたりする場合には断層の存在が推定され、歪みや傾斜が見られる場合には褶曲構造の存在などが推定される。この点、図57を見ると、地下深部まではほぼ水平な反射面が連続し（オフセットVSP探査による反射面と反射法探査による反射面とを比較しても連続性に問題はない。）、大規模な断層を示唆する不連続、地震動の特異な増幅の要因となる低速度域及び褶曲構造は認められず、本件発電所の敷地地盤の速度構造（地震波の速度分布）は、乱れがなく、均質である。

（以上、乙ヨ35（38～45頁，55～58頁））

⁷⁶ オフセットVSP探査では、反射法探査に比べ反射波の経路がほぼ半分になることなどから、高い分解能を得ることができる。

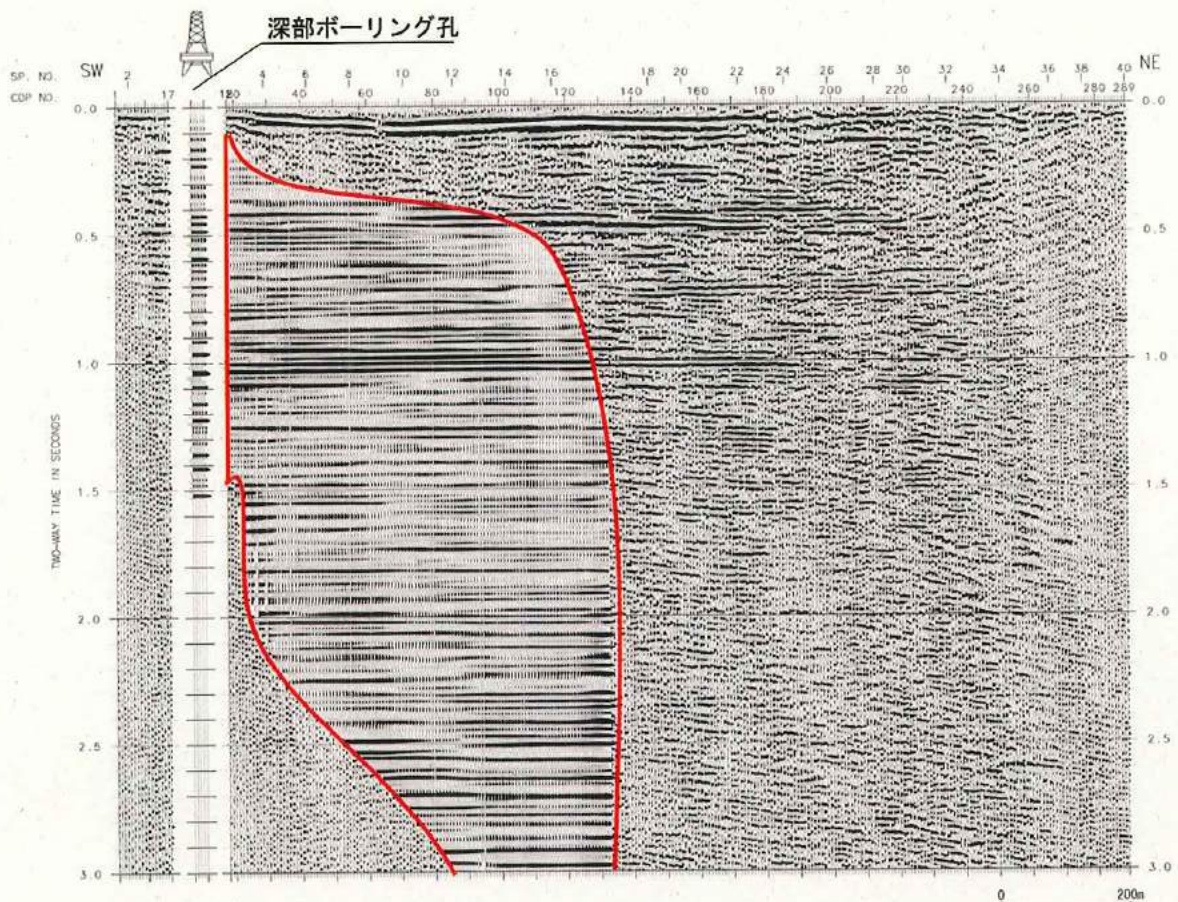


図 5 7 オフセット V S P 探査断面図

c 解放基盤表面の設定

以上のような本件発電所の敷地地盤に係る状況を総合的に判断し、原子炉建屋及びその周りの地盤は、約 2600 m/秒 の S 波速度を持つ堅固な岩盤が十分な広がりと深さを持っていることが確認されていることを踏まえ、敷地高さと同じ標高 10 m を解放基盤表面として設定する（乙ヨ 11（6-5-23 頁））。

(工) 地震動評価

検討用地震として選定した上記の敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震、1649 年安芸・伊予の地震及び南海ト

ラフの巨大地震について、地震の発生様式等に応じた震源特性、伝播特性及び敷地地盤の増幅特性を考慮した上で、それぞれ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い、その結果得られた地震動を、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動とした。

応答スペクトルに基づく地震動評価については、①解放基盤表面の強震動として評価できること、②水平方向及び鉛直方向の強震動が評価できること、③震源の拡がりを考慮できること、④敷地における強震観測記録を用いて地域特性等が考慮できることに着目し、耐専スペクトルの方法によることを基本とした。ただし、応答スペクトルによる手法は経験的手法であり、その手法の基礎となったデータの質・量によってその適用範囲が異なることから、評価にあたってはその適用性を慎重に検討した。

断層モデルを用いた手法による地震動評価では、敷地での観測記録から適切な要素地震⁷⁷が得られている場合には、経験的グリーン関数法⁷⁸を用いること、適切な要素地震が得られていない場合には、統計的グリーン関数法⁷⁹（又は統計的グリーン関数法と経験的グリーン関数法の双方）を用いることで評価を行った。

また、地震動評価における不確かさの考慮については、評価結果

⁷⁷ 断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、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ところ、要素地震とは、小断層面から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をいう。

⁷⁸ 実際に発生した小さな地震の観測記録のうち、地震動評価に用いるのに適切な観測記録（要素地震）を足し合わせて大きな地震による揺れを計算する方法

⁷⁹ 経験的グリーン関数法で用いる適切な観測記録の代わりに小さな地震による揺れとして人工的に時刻歴波形を作成し、それを足し合わせて大きな地震による揺れを計算する方法

に与える影響が大きいと考えられる震源要素を選定し、その影響の度合いを評価した。

(以上、乙ヨ13 (14~18頁))

以下では、地震発生様式ごとに実施した地震動評価の概要について述べる。

a 内陸地殻内地震

(基本震源モデル)

内陸地殻内地震については、敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)を選定した上で、基本震源モデルの設定にあたっては、隣り合う活動セグメントとの連動、アスペリティ位置等の不確かさをあらかじめ織り込んだ(乙ヨ31 (20~24頁))。断層長さについては、最大規模を想定するとの観点から、中央構造線断層帯と九州側の別府-万年山断層帯が全区間(480 km)において連動するケースを基本としつつ、四国西部の区間(130 km)で連動するケース及び敷地前面海域セグメント(54 km)単独で活動するケースについてもそれぞれ不確かさを考慮した解析を行うこととした(乙ヨ11 (6-5-31頁)、乙ヨ31 (36~37頁))。また、断層モデルを用いた手法による地震動評価において必要なパラメータ(地震モーメント⁸⁰、平均応力降下量、アスペリティの応力降下量等)を設定する上で用いるスケーリング則については、地震規模、平均応力降下量、アスペリティの応力降下量を一連で設定できること、異なる長さの断層(480 km、

⁸⁰ 断層運動としての地震の規模を表すもので、断層付近の岩盤の硬さを表す剛性率、断層の平均すべり量、断層面積の積として表される。

130 km, 54 km) に対して適用可能であり, 断層長さの影響を同一の手法で評価できることから, 壇ほか(2011)⁸¹(乙ヨ37)を基本として採用した(乙ヨ31(25~27頁))。そして, さらに, 断層長さ480 km及び130 kmのモデルではFuji and Matsu'ura(2000)⁸²のスケーリング則を, 54 kmのモデルでは入倉・三宅(2001)⁸³の地震モーメントにFuji and Matsu'ura(2000)の平均応力降下量を組み合わせて用いる手法(以下「入倉・三宅の手法」という。)をそれぞれ基本震源モデルに織り込むこととした。断層長さ480 km及び130 kmのモデルでFuji and Matsu'ura(2000)を採用したのは, 現在提案されている主要なスケーリング則のうち, 同手法が, 壇ほか(2011)と並び, 長大断層を含んだデータに基づいて開発された手法の一つであり, 地震調査研究推進本部による強震動予測レシピ(乙ヨ38)においても長大断層の知見としてこの手法による平均応力降下量を用いる手法が提案されていることを踏まえたものである(乙ヨ31(40頁, 42頁))。54 kmのモデルで入倉・三宅の手法を採用したのは, 地震調査研究推進本部による強震動予測レシピにおいてこれらを用いる手法が提案されているためである(乙ヨ31(44頁))。

⁸¹ 長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と強震動予測のためのアスペリティモデルの設定方法への応用, 2011, 日本建築学会構造系論文集, 第670号, 2041-2050.

⁸² Regional difference in scaling laws for large earthquakes and its tectonic implication, Pure and Applied Geophysics, 2000, Vol.157, 2283-2302

⁸³ シナリオ地震の強震動予測, 2001, 地学雑誌, Vol. 110, 849-875

(不確かさの考慮)

被告は、不確かさの考慮にあたり、地震動評価における各種の不確かさの分類・分析を行い、地震発生時の環境に左右される偶然的な不確かさ（破壊開始点）及び事前にモデルを特定することが困難な不確かさ（アスペリティ深さ、断層長さ（連動）等）についてはあらかじめ基本震源モデルに織り込むこととし、事前の調査、経験式等によってモデルを特定することが可能な不確かさ、すなわち、①応力降下量、②断層傾斜角（北傾斜）、③断層傾斜角（南傾斜）、④破壊伝播速度⁸⁴及び⑤アスペリティの平面位置については基本震源モデルの不確かさに重畳させる、独立した不確かさとして考慮することとした。①については、2007年新潟県中越沖地震の震源特性として、短周期レベルが平均的な値の1.5倍程度大きかったという指摘があるところ、これは、ひずみ集中帯に位置する逆断層タイプの地震という地域性によると考えられるため、本来ならば、過去の地震観測記録に基づいて本件発電所周辺で発生する地震の震源特性の分析を行うべきところであるが、本件発電所周辺では規模の大きい内陸地殻内地震は発生していないことを踏まえ、中越沖地震の知見を反映し、短周期レベルと相関関係のある応力降下量を基本震源モデルの1.5倍又は20MPaとした場合の評価を行うものである。②については、敷地前面海域の断層群の震源断層は横ずれ断層と推定されるため

⁸⁴ 破壊伝播速度とは、破壊開始点から始まった破壊が震源断層面上を拡がっていく速度のことをいい、地震動評価に影響を与え得る要素である。破壊伝播速度は、普通、S波の伝播速度の70%前後であるが、S波の伝播速度（せん断波速度）を超える事例も報告されている。

傾斜角が高角度である可能性が高いが、活断層としての中央構造線が北へ傾斜する地質境界と一致する可能性を完全には否定できないことから、横ずれ断層については、傾斜角90度のみならず、北に傾斜させた場合の評価を行うものである。また、③については、断層傾斜角のばらつきを踏まえ、敷地側に傾斜する場合を考慮し、横ずれ断層について南に80度傾斜させた場合の評価を行うものである。④については、海外の長大な活断層の破壊伝播速度がS波速度を超える事例があるとの知見を踏まえ、長さ約480 km及び約130 kmのケースについては破壊伝播速度 $V_r = V_s$ (V_s は地震発生層⁸⁵のS波速度)の場合の評価を行う。また、長さ約54 kmのケースについては、平均的な破壊伝播速度の不確かさに関する知見を踏まえ破壊伝播速度 $V_r = 0.87 V_s$ の場合の評価を行うものである。⑤については、基本的にはジョグにアスペリティは想定されないものの、完全には否定できないことから、敷地正面のジョグ(上記(ア)d, 図5.1参照)にアスペリティを配置する場合の評価を行うものである。(乙ヨ11(6-5-31~6-5-33頁, 6-5-70~6-5-75頁), 乙ヨ31(21~24頁, 37頁))

なお, Fujii and Matsu'ura (2000)を用いた断層長さ480 km及び130 kmのモデルでは、壇ほか(2011)による検討結果から、影響が比較的大きかった①応力降

⁸⁵ 地殻内で地震が発生する深さは一般にある特定の深さ範囲に限定されており、地震発生層とはその深さ範囲を指す。その層厚は地下の温度の差異などに左右され、地域によって異なる。

下量と④破壊伝播速度を考慮することとした。（乙ヨ 3 1（4 0 頁，4 2 頁））

断層モデルを用いた手法による地震動評価において考慮した不確かさのケースを整理したものを以下に示す（乙ヨ 3 1（3 9～4 4 頁））。

表1 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ480km, 壇ほか(2011)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	スケーリング則
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の見え方	480	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	480	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	壇ほか(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケース

：予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

：不確かさを考慮するパラメータ

表2 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ480km, Fujii and Matsu'ura(2000)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	スケーリング則
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○不確かさとして、地震動評価への影響が比較的大きい不確かさ考慮①(応力降下量の不確かさ)及び不確かさ考慮④(破壊伝播速度の不確かさ)を考慮する。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

OFMはFujii and Matsu'ura(2000)。Sa/Sはアスペリティ面積比。

：予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

：不確かさを考慮するパラメータ

表3 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮

(基本震源モデルに断層長さ130km, 壇ほか(2011)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 中央構造線断層帯石鎚山脈 北縁西部—伊予灘区間	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	130	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の 不確かさ	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	壇ほか(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

表4 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮

(基本震源モデルに断層長さ130km, Fujii and Matsu'ura(2000)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 中央構造線断層帯石鎚山脈 北縁西部—伊予灘区間	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	130	断層上端	5 ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	130	断層上端	3 ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○不確かさとしては、地震動評価への影響が比較的大きい不確かさ考慮①(応力降下量の不確かさ)及び不確かさ考慮④(破壊伝播速度の不確かさ)を考慮する。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

○FM は Fujii and Matsu'ura(2000)。Sa/S はアスペリティ面積比。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

表5 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ54km, 壇ほか(2011)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	54	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.87Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	壇ほか(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の 不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	壇ほか(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

■ : 予め基本震源モデルに繰り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

表6 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ54km, 入倉・三宅の手法を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ (km)	アスペリ ティ深さ	破壊 開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層 傾斜角	破壊伝播 速度	アスペリティ 平面位置	
—	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	—	—	—	—	—	—	—
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	54	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.87Vs	地質調査結果を基に 敷地への影響も 考慮して配置	Mo : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の 不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに 配置	Mo : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

OFMはFuji and Matsu'ura(2000)。Sa/Sはアスペリティ面積比。

■ : 予め基本震源モデルに繰り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

ちなみに、各基本震源モデルを解析したところ、断層長さの基本となる480 km から断層長さを変えても地震動レベルはほぼ変わらない結果が得られた。したがって、断層長さ130 km 及び54 km における各不確かさケースの地震動レベルについても、断層長さ480 km における各不確かさケースの地震動レベルとほぼ等しいと推定される。（乙ヨ31（180頁，183頁，186頁））このため、断層長さ54 km で入倉・三宅の手法を用いる場合の各不確かさケース（断層長さ480 km では入倉・三宅の手法を用いていない。）と、断層長さ54 km で壇ほか（2011）を用いる場合における破壊伝播速度の不確かさケース（断層長さ480 km での不確かさケースとは設定値が異なる。）とを除き、断層長さを130 km 及び54 km における各不確かさケースの評価結果については、断層長さ480 km における各不確かさケースの評価結果で代表させることとした（例えば、断層長さ130 km で壇ほか（2011）のスケーリング則を用いて応力降下量の不確かさを考慮するケースについては、断層長さ480 km で壇ほか（2011）のスケーリング則を用いて応力降下量の不確かさを考慮するケースで代表させた。）（乙ヨ11（6-5-42頁），乙ヨ31（45頁））。

次に、応答スペクトルに基づく地震動評価では、断層長さ480 km, 130 km 及び54 km の3つの基本ケースそれぞれについて、不確かさの考慮として、断層傾斜角が鉛直のモデルと北傾斜のモデルを考慮した。さらに、念のために断層長さを69 km とするケースについても、断層傾斜角が鉛直のモデルと北傾斜のモデルと

をそれぞれ評価し、基準地震動 S_s の策定において考慮することとした。この断層長さ 69 km というのは、敷地前面海域の断層群 (54 km) の両端にあるジョグのさらに両端まで連動することを想定するものである。ジョグは、断層の破壊が停止し、乗り移る領域のため、変位量は低減するはずであって、ジョグの変位量を大きく想定する断層長さ 69 km のモデルは科学的には考えられないものであるが (本来、このような場合、ジョグで破壊が停止せずさらに長い区間で連動することを意味する。)、従来の地震動評価 (新規制基準制定以前の地震動評価) においては断層長さ (連動) に係る不確かさの考慮として念のために評価していたものである。現在の地震動評価においては、断層長さ 480 km 及び 130 km を基本震源モデルとして設定していることから、69 km の連動ケースはこれに含まれていると考えられる。(乙ヨ 31 (33~34 頁)) 断層モデルを用いた手法による地震動評価では、断層長さを変えても地震動レベルは変わらないことを確認しているのは上記のとおりである。しかしながら、応答スペクトルに基づく地震動評価のうち、耐専スペクトルを用いた評価では、断層長さ 130 km の地震動レベルが断層長さ 480 km の地震動レベルを上回るケースがある (乙ヨ 31 (136 頁, 138 頁)) など、評価手法の特性の影響がある可能性も考えられるため、断層長さを 69 km とするケースについても、念のために考慮することとしたものである。(乙ヨ 31 (95 頁))

(応答スペクトルに基づく地震動評価)

応答スペクトルに基づく地震動評価においては、断層長さを 4

80 km, 130 km 及び 54 km の 3 ケースに 69 km のケースを加え、それぞれに断層傾斜角が鉛直のモデルと北傾斜のモデルを考慮した。また、適用する手法（距離減衰式）については、耐専スペクトルを基本とするものの、敷地前面海域の断層群が敷地近傍に位置することから、検討ケースごとに距離及び地震規模の観点から適用性を吟味した上で、各種の応答スペクトルによる手法や断層モデルの結果と対比して適用性の検証を行った。その結果、断層長さ 130 km, 69 km 及び 54 km の断層傾斜角が鉛直となる 3 つのケースについては、耐専スペクトルによる評価結果が過大となったことから（乙ヨ 31（109～120 頁））、耐専スペクトル以外の複数の距離減衰式を用いた評価を行った。上記 3 ケース以外のケースについては、耐専スペクトルを含む、複数の距離減衰式によって評価を行った。ちなみに、上記 3 ケースにおいて耐専スペクトルによる評価結果が過大となったのは、耐専スペクトルを構築するのに用いられた地震記録には、敷地前面海域の断層群のように敷地との距離が 8 km という至近に位置するケースは含まれていないためである。一方、480 km ケースや北傾斜ケースが適用できたのは、断層が長くなったことや敷地から離れる方向に傾斜することにより震源距離が長くなったことによるものである。（乙ヨ 11（6-5-36～6-5-39 頁, 6-5-197 頁））

（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を行うにあたっては、まず、中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯の連動を考慮し

た480 kmの基本震源モデルについて、統計的グリーン関数法及び経験的グリーン関数法により評価し、両者を比較した。なお、経験的グリーン関数法に用いる要素地震は、2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震(M5.2)の敷地における観測記録を用いた。適用にあたっては、当該地震がスラブ内地震⁸⁶であるため、内陸地殻内地震の評価に用いることができるよう、距離及びパラメータ(地震モーメント、応力降下量等)を補正した。比較の結果、両者は整合的であることを確認したが、原子炉施設に影響の大きい周期0.1秒付近の地震動については経験的グリーン関数法の結果(図58のグレーの応答スペクトル)の方が厳しい結果を与えるものであったことから原子炉施設への影響度の観点から、断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、経験的グリーン関数法を採用した(乙ヨ31(152~155頁))。

(乙ヨ11(6-5-41~6-5-42頁, 6-5-202~6-5-220頁, 6-5-221~6-5-223頁))

⁸⁶ 沈み込む海洋プレート(スラブ)の内部で破断を生じることによって引き起こされる地震。地震の発生様式としては海洋プレート内地震に分類される。

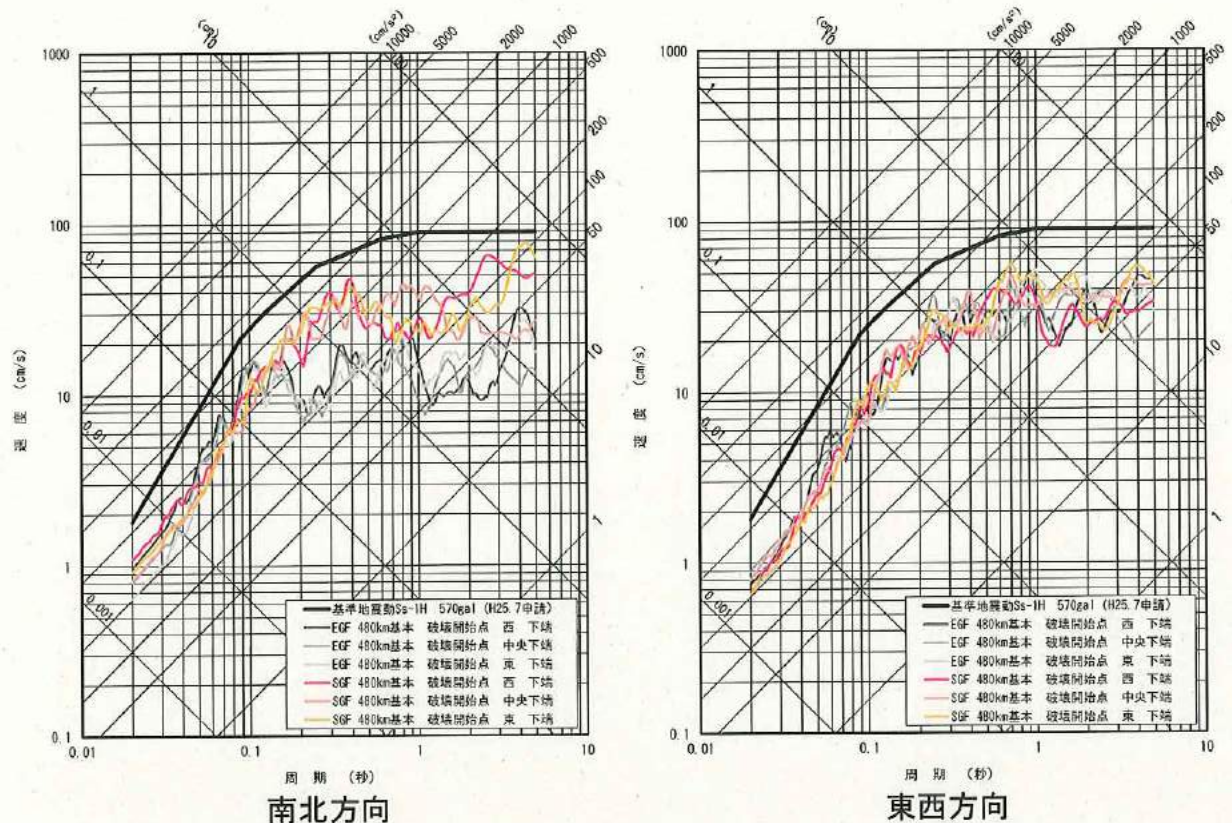


図 5.8 経験的グリーン関数法 (EGF) と
統計的グリーン関数法 (SGF) の比較

b 海洋プレート内地震 (基本震源モデル)

海洋プレート内地震については、1649年安芸・伊予の地震 (M6.9) を検討用地震として選定したが、基本震源モデルの設定にあたっては、地震発生位置と規模の不確かさをあらかじめ織り込むこととし、敷地下方に既往最大規模 (1854年伊予西部地震のM7.0) の地震を仮定するなどし、「想定スラブ内地震」として地震動評価を行った。

(不確かさの考慮)

不確かさの考慮においては、1649年安芸・伊予の地震（M6.9）を再現したモデルをM7.0に較正したケース、敷地の真下に想定する地震規模をM7.2としたケース、アスペリティの位置を断層上端に配置したケース、敷地東方の領域に水平に近い断層面を考慮したケース（M7.4）を設定した。

（応答スペクトルに基づく地震動評価）

応答スペクトルに基づく地震動評価では、耐専スペクトルの適用範囲内にあることから、耐専スペクトルに基づき評価を行った（乙ヨ11（6-5-39頁，6-5-198～6-5-199頁））。

（断層モデルを用いた手法による地震動評価）

断層モデルを用いた手法による地震動評価では、敷地で得られた2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震の観測記録を要素地震とした経験的グリーン関数法により評価を行った（乙ヨ11（6-5-42～6-5-43頁，6-5-224～6-5-228頁））。

c プレート間地震

（基本震源モデル）

基本震源モデルとしては、内閣府検討会（2012）の南海トラフの巨大地震（陸側ケース）（M9.0）を採用することとした。

（不確かさの考慮）

このモデルは、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震として、過去最大規模の宝永地震（M8.6）や中央防災会

議（２００３）の想定南海地震モデル（ $M8.6$ ）を上回る想定で作成されたモデルであるため、十分に不確かさが考慮されたものであるが、設定された強震動生成域に加え、さらに敷地直下にも強震動生成域を追加配置する不確かさの考慮を行った。

（応答スペクトルに基づく地震動評価）

応答スペクトルに基づく地震動評価では、パラメータとして $M8.3$ を採用する（上記（イ）参照）。この場合、耐専スペクトルの適用範囲内にあることから、耐専スペクトルに基づき評価を行った。（乙ヨ１１（６－５－３９頁，６－５－２００頁））

（断層モデルを用いた手法による地震動評価）

断層モデルを用いた手法による地震動評価では、適切な要素地震が得られていないことや内閣府検討会が統計的グリーン関数法を用いていることを踏まえ、統計的グリーン関数法及びハイブリッド合成法⁸⁷により評価を行った（乙ヨ１１（６－５－４３頁，６－５－２２９頁））。

ウ 震源を特定せず策定する地震動

本件発電所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が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、基準地震動 S_s の策定にあたっては、震源を特定せず策定する地震動も考慮してい

⁸⁷ 短周期領域の評価に適している経験的グリーン関数法又は統計的グリーン関数法により計算した地震動と、長周期帯の評価に適している理論的手法（断層のずれ方や、震源断層から地震波が評価地点まで伝播する経路上の地盤構造を詳細にモデル化して、理論的に揺れを計算する方法）により計算した地震動を組み合わせることで広い周期帯で精度よく地震動を評価する手法

る。

(ア) 加藤ほか（２００４）の知見

上記(2)ウ(ウ)ｂのとおり、震源を特定せず策定する地震動に関する代表的な知見として、加藤ほか（２００４）（乙ヨ２２）がある。震源を特定せず策定する地震動は、改訂後の耐震設計審査指針で規定されていたものとその考え方において違いはないため、従来同様に、加藤ほか（２００４）が提案する「地震基盤における地震動」を震源を特定せず策定する地震動として考慮することとした。

(イ) 震源近傍の観測記録の収集・検討

被告が観測記録の収集対象として検討した地震は、基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（乙ヨ３９）が例示する１６地震（表７）である（被告独自でも調査を行ったが、結果として、１６地震以外に震源を特定せず策定する地震動の評価において考慮すべき地震はなかった。）。