

4. 水理

4.2 海象

4.2.1 潮位及び流況

(1) 潮位

当地点近傍における潮位の観測は、当社が1995年9月から1996年8月の1年間、発電所構内（輪谷湾）で実施している。この観測結果によると潮位は下記のとおりである。

最高潮位 (H. H. W. L.) T. P. + 0.81m

(1996年6月18日)

朔望平均満潮位 (H. W. L.) T. P. + 0.46m

平均潮位 (M. W. L.) T. P. + 0.21m

朔望平均干潮位 (L. W. L.) T. P. - 0.02m

最低潮位 (L. L. W. L.) T. P. - 0.40m

(1996年2月19日)

4.2.2 波浪

(2) 設計波高

当発電所の防波堤の設計波高としては、有義波高9.5mを用いている。

波浪は、防波堤でしゃへいされ、敷地護岸では、有義波高5.0m程度となることが水理模型実験により確認されている⁽¹⁾⁽²⁾。

一方、原子炉建物等の主要施設は、T. P + 8.5m以上の敷地面に設置することから、波浪等により原子炉施設の安全性が損なわれることはない。

4.3 利水計画

4.3.1 淡水所要量

(2) 取水計画

本発電所で使用する淡水のうち、発電用水は敷地内に設置している貯水槽にて溪流水を取水し、生活用水は、松江・鹿島水道企業団から供給を受ける。なお、貯水槽は、重大事故等の収束に必要となる水の代替淡水源でもあることから、必要により、海水淡水化装置からも取水する。また、溪流水にて生活用水の一部を賄う。

5. 地震

5.1 概要

基準地震動 S_s は、以下の方針により策定する。

まず、「3. 地盤」に記載されている敷地周辺における活断層の性質や、敷地周辺における地震発生状況等を考慮して、その発生様式による地震の分類を行った上で、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下「検討用地震」という。）を選定した後、敷地での地震動評価を、応答スペクトルに基づく方法及び断層モデルを用いた手法により実施し、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」を評価する。

ついで、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すべてを事前に評価しうるとはい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。

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 S_s を策定する。

5.2 敷地周辺の地震発生状況

中国・四国地方には、南東の方向からフィリピン海プレートが年間約5 cmの速さで近づいており、南海トラフから中国・四国地方の下へ沈み込んでいる。フィリピン海プレートの沈み込みに伴う地震活動は、四国中央の北岸では深さ約40kmまでしかないが、その西側の中国地方西部の南岸ではそれよりも深いところまでみられる。瀬戸内海西部のやや深い地震は、フィリピン海プレートの沈み込みがこの地域まで達していることにより発生しているものと考えられている⁽¹⁾。

中国地方の地形は、中国山地が東西に広がっており全般的にきわめてなだらかな山容を示し、平野は岡山平野を除けば全般的に狭く、広島平野のような比較的規模が大きな河川の河口に形成された三角州から成る平野がところどころに分布する⁽¹⁾。

中国地方は日本列島の中でも地殻変動の比較的小さなところであるが、その中～東部では、中部地方や近畿地方から続いて、ほぼ東西方向に地面が縮む傾向がみられ、中部地方や近畿地方ほどではないが、圧縮の力がかかっているとみられる⁽¹⁾。

中国山地の北麓に位置する島根県では、地形は中国山地から階段状に日本海沿岸域へと低くなっている。^{しんじ}宍道湖周辺には、ほぼ東西に走るいくつかの活断層が知られている⁽¹⁾。

山陰地域の活断層の特徴として、東北東から西南西方向が右ずれ、北北西から南南東方向が左ずれであり、両者の中間方位である西北西～東南東方向が最大圧縮主応力軸と求められ、少なくとも第四紀後期には、こうした広域応力場に置かれていると考えられている⁽²⁾。

島根県に被害を及ぼす地震は、主に陸域の浅い地震である。このほか、南海トラフ沿いの巨大地震による地震動や日本海東縁部の大地震に伴う津波で被害を受けることもある⁽¹⁾。

歴史の資料によれば、880年に出雲地方に陸域の浅い地震とみられるマグニチュード（以下「M」と記す。）7.0の地震が発生し、島根県西部の石見地

方では、1778年にM6.5、1859年にM6.0～6.5の地震が発生し、局地的に被害が生じたとされている。最近では、1997年6月に山口・島根県境付近の地震（M6.1（後にM6.6に改訂））が発生し小被害が生じたほか、2000年10月に鳥取県西部地震（M7.3）が発生し被害が生じた⁽¹⁾。

1872年に発生した浜田地震（M7.1）では、震源域が浜田付近の沿岸から日本海沖合にあったと推定されている。これは陸域の浅い地震と同じタイプの地震と考えられている⁽¹⁾。

プレート間の地震では、南海トラフ沿いの巨大地震のなかで、四国沖から紀伊半島沖が震源域となる地震で被害を受けることがある。1946年の南海地震（M8.0）では、出雲平野等で死者9名や家屋全壊等の被害が生じた。

また、1854年の安政南海地震（M8.4）でも、出雲地方で地震動による被害が生じた⁽¹⁾。

海洋プレート内の地震による敷地周辺での被害は知られていない。

敷地周辺における被害地震、中小地震及び微小地震の発生状況を以下のとおり整理する。

5.2.1 被害地震

日本国内の被害地震に関する記録は古くからみられ、これらを収集、編集したものとして、「増訂 大日本地震史料」⁽³⁾、「日本地震史料」⁽⁴⁾及び「新収 日本地震史料」⁽⁵⁾等がある。

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、地震の規模等をとりまとめた地震カタログとして、「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾、「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾、「茅野・宇津カタログ（2001）」⁽⁸⁾及び「理科年表 平成25年」⁽⁹⁾等がある。

なお、気象庁震度階級関連解説表⁽¹⁰⁾の記載によると、地震によって建物等に被害が発生するのは震度5弱（1996年以前は震度V）程度以上であるとされている。

第5.2-1図は、2001年までは「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾に記載さ

れている地震、2002年以降は「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾に記載されている震度5弱以上の地震で、敷地からの震央距離が200km以内の被害地震の震央分布を示したものである。また、第5.2-2図は、これらの被害地震のMと震央距離及び敷地で想定される震度の関係^{(11), (12)}を示したものである。第5.2-2図に示した被害地震の諸元を第5.2-1表に示す。ここで、被害地震のM及び震央位置は、1922年以前の地震については「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾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」⁽⁷⁾による値をそれぞれ用いている。(以下、特に断らない限り、被害地震のM及び震央位置はこれらの値を用いる。)

第5.2-1図によると、敷地周辺ではM8クラスの地震は発生しておらず、M7クラスの地震の発生も少ない。また、敷地から30km以内では880年出雲の地震(M7.0)、1914年出雲地方の地震(M5.8)及び1991年島根県東部の地震(M5.9)以外に被害地震は発生していない。

第5.2-2図によると、敷地に震度V程度以上の影響を及ぼす地震としては、880年出雲の地震(M7.0)及び2000年鳥取県西部地震(M7.3)がある。

5.2.2 敷地周辺の地震活動

「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による1997年～2012年の敷地周辺におけるM3.0以上の地震の震央分布を第5.2-3図に、震源の鉛直分布を第5.2-4図に示す。

また、1997年～2012年の敷地周辺におけるM3.0未満の地震の震央分布を第5.2-5図に、震源の鉛直分布を第5.2-6図に示す。

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) 敷地から半径50kmの範囲では、鳥取県西部地域に震央の集中がみられる。
- (2) 敷地から半径150kmの範囲では、山陰海岸に平行して微小地震の集中がみられる。

- (3) 敷地周辺で発生する地震の震源深さはほとんどが20km以浅である。
- (4) 瀬戸内海より南の地域では、敷地を含む山陰地域とは異なり、フィリピン海プレートの潜り込みによると考えられる震源深さ約30～70kmの地震が発生している。

5.3 活断層の分布状況

敷地から半径100km程度の範囲について、「3. 地盤」及び「[新編]日本の活断層」⁽¹³⁾に記載されている活断層の分布を第5.3-1図に示す。また、「3. 地盤」に記載されている敷地周辺の考慮する活断層を第5.3-1表に示す。

第5.3-1図によると、敷地から30km程度の範囲に存在する陸域の主な活断層としては、宍道断層及び大社衝上断層^{たいしゃしょうじょう}がある。また、海域の主な活断層としては、F_K-1断層、連動を考慮したF-III断層+F-IV断層+F_K-2断層及びK-4撓曲+K-6撓曲+K-7撓曲がある。

敷地から半径30km程度以遠に存在する陸域の主な活断層としては、山崎断層系があり、文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「地震調査委員会」という。）（2013）⁽¹⁴⁾において、山崎断層主部全体の活動によりM8.0程度の地震が発生する可能性があるとしている。また、海域の主な活断層としては、鳥取沖東部断層、鳥取沖西部断層及び大田沖断層がある。

5.4 地震の分類

「5.2 敷地周辺の地震発生状況」を踏まえ、「5.3 活断層の分布状況」に示す敷地周辺の活断層による地震も考慮の上、敷地周辺における主な地震を以下のとおり分類する。

5.4.1 内陸地殻内地震

(1) 敷地に影響を及ぼすと考えられる地震

「5.2.1 被害地震」によると、敷地周辺で発生した内陸地殻内地震として、敷地に震度V程度以上の影響を及ぼす地震としては、880年出雲の地震（M7.0）及び2000年鳥取県西部地震（M7.3）がある。

「5.3 活断層の分布状況」に示した敷地周辺における活断層分布と被害地震の関係を第5.4-1図に、微小地震との関係を第5.4-2図に示す。

第5.4-1図及び第5.4-2図によると、主な活断層のうち山崎断層系は868年播磨地震（M7.0）を引き起こした可能性が高く、断層沿いに微小地震の分布がみられる。一方、それ以外の活断層については、被害地震及び微小地震との関連はみられない。

(2) 地震発生層

片尾・吉井（2002）⁽¹⁵⁾によると、2000年10月7日～10日に京都大学による2000年鳥取県西部地震の緊急余震観測が実施されており、その観測点、余震の震央分布及び震源鉛直分布を第5.4-3図に示す。また、京都大学に国内の他の大学も加わり、2000年10月15日～25日に合同稠密余震観測が実施されており、その観測点、余震の震央分布及び震源鉛直分布を第5.4-4図に示す。片尾・吉井（2002）⁽¹⁵⁾では、余震発生深さの上限値及び下限値を、それぞれ約3km及び約12kmとしている。

また、原子力安全基盤機構（2004）⁽¹⁶⁾では、気象庁一元化データを用いて全国15の地域に対して求めたD10（その値より震源深さが浅い地震数が全体の10%となる震源深さ）及びD90（その値より震源深さが浅い地震数が全体の90%となる震源深さ）を求めており、その算定結果を第

5.4-5図に示す。第5.4-5図によると、敷地が位置する中国地方におけるD10及びD90は、それぞれ6.4km及び13.1kmとしている。

さらに、岩田・関口（2002）⁽¹⁷⁾では、2000年鳥取県西部地震の震源インバージョンに用いた速度構造の $V_p = 6.1\text{km/s}$, $V_s = 3.5\text{km/s}$ 程度の層の深さを2kmとしている。この速度構造は、京都大学防災研究所地震予知センター鳥取地震観測所が震源決定に用いている伊藤ほか（1995）⁽¹⁸⁾に示すP波速度構造を参考に設定しており、これらの速度構造を第5.4-6図に示す。

上記以外の既往の研究成果^{(19), (20), (21), (22), (23), (24)}等も踏まえ、敷地が位置する領域における地震発生層の上限深さを2km、下限深さを15kmとし、地震発生層の厚さを13kmと設定する。

5.4.2 海洋プレート内地震

「5.2.1 被害地震」によると、敷地からの震央距離が200km以内で発生した海洋プレート内地震の被害地震としては、1686年安芸・伊予の地震(M7.2), 1857年伊予・安芸の地震(M7 1/4), 1905年芸予地震(M7.2), 1949年安芸灘の地震(M6.2)及び2001年芸予地震(M6.7)がある。

いずれの地震も敷地周辺の被害に関する記事はなく、第5.2-2図に示したように、海洋プレート内地震として、敷地に震度V程度以上の影響を及ぼすと考えられる地震はない。

5.4.3 プレート間地震

「5.2.1 被害地震」には、震源が遠方のため示していないが、「最新版日本被害地震総覧」⁽⁶⁾に記載されている震度分布図等により、敷地周辺の出雲平野等に家屋の倒壊を生じたことから敷地で震度V程度であった可能性があるプレート間地震としては、1707年宝永地震(M8.6), 1854年安政南海地震(M8.4)及び1946年南海地震(M8.0)がある。これらの地震の震央分布を第5.4-7図に、Mと震央距離及び敷地で想定される震度の関

係^{(11), (12)}を第5.4-8図に示す。第5.4-8図によると、これらの地震の震央位置は敷地から300km以上離れているため、敷地に及ぼす影響は震度IV程度と推定される。

金井ほか（1968）⁽²⁵⁾によると、1854年安政南海地震（M8.4）及び1946年南海地震（M8.0）により敷地周辺の出雲平野等の宍道湖・中海低地帯で家屋の倒壊や死傷者等の被害を生じた場所は、沖積層の厚く堆積した地盤の軟弱な地域に限られており、これらは地盤条件による特異な震害であるとされている。

1707年宝永地震（M8.6）では出雲で被害が発生したとされているが、前記地震と被害状況が似ていることから、同様に地盤条件による特異な震害と考えられる。

最新の知見として、内閣府（2012）⁽²⁶⁾が南海トラフの巨大地震について、統計的グリーン関数法及び距離減衰式に基づいて評価した震度分布を第5.4-9図に示す。第5.4-9図によると、発電所が位置する島根半島の震度は、概ね震度4とされている。

以上の検討結果から、プレート間地震として、敷地に震度V程度以上の影響を及ぼすと考えられる地震はない。

5.5 敷地地盤の振動特性

5.5.1 解放基盤表面の設定

「3. 地盤」によると、敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類から成る成相寺層と貫入岩類及びそれらを覆う第四系の崖錐堆積物等から構成されている。敷地の地質構造は、原子炉建物基礎地盤における成相寺層の走向がN70°～75°W、傾斜が25°～35°Nで、単斜構造をなしている。

また、原子炉建物基礎地盤における弾性波速度値は、P波速度が3.63km/s、S波速度が1.64km/sであり、堅硬な岩盤としての値を示している。

なお、解放基盤表面は、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを有し、S波速度が700m/s以上となるT.P. - 10mの位置に設定する。

5.5.2 地震観測

敷地地盤では、第5.5-1図に示す位置で地震観測を実施している。主な観測地震の諸元を第5.5-1表に、震央分布を第5.5-2図に示す。

それぞれの地震について、岩盤内観測点における観測記録の応答スペクトルを第5.5-3図に示す。

また、代表的な地震である2000年鳥取県西部地震について、岩盤内の各深さで得られた観測記録の応答スペクトルを第5.5-4図に示す。第5.5-4図によると、岩盤内で応答スペクトルの顕著な増幅はみられない。

5.5.3 地下構造モデル

地震動評価のうち断層モデルを用いた手法で使用する地下構造モデルについて、統計的グリーン関数法に用いるものと理論的手法に用いるものをそれぞれ設定する。

なお、敷地の地震観測記録を到来方向別に比較すると、地震波の到来方向によって大きな違いはなく、敷地の地下構造に不整形性の影響はないと考えられるため、水平成層構造の地下構造モデルを設定する。

(1) 統計的グリーン関数法に用いる地下構造モデル

統計的グリーン関数法による地震動評価では、解放基盤表面から地震基盤面と考えられる深さまでの速度構造及び減衰構造が必要となる。これらは、敷地の地震観測記録を用いた同定解析により求まる最適化地盤モデル及び岩田・関口（2002）⁽¹⁷⁾を参考に設定する。なお、浅部の減衰構造（1～4層）については、複数地震の地震観測記録（方向別）を用いた同定解析結果のばらつきを考慮して、安全側となるように設定する。

ここで、地震基盤面と考えられる深さは、地下構造モデルのS波速度が3,500m/s以上となる深さとしている。

第5.5-2表に統計的グリーン関数法⁽²⁷⁾による地震動評価で用いる地下構造モデルを示す。

(2) 理論的手法に用いる地下構造モデル

理論的手法による地震動評価では、地震基盤面以浅の地盤構造に加えて地震基盤面以深の速度構造及び減衰構造が必要となる。地震基盤面以浅については、統計的グリーン関数法による地震動評価で用いる地下構造モデルと同様とし、地震基盤面以深については岩田・関口（2002）⁽¹⁷⁾を参考に設定する。

第5.5-3表に理論的手法⁽²⁸⁾による地震動評価で用いる地下構造モデルを示す。

5.6 基準地震動 S s

基準地震動 S s は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。なお、基準地震動 S s の策定に与える影響が大きいと考えられる不確かさについても考慮する。

5.6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

(1) 検討用地震の選定

「5.4 地震の分類」を踏まえ、地震発生様式ごとに、敷地に特に大きな影響を及ぼすと想定される地震を検討用地震として選定する。ただし、海洋プレート内地震及びプレート間地震については、敷地へ及ぼす影響が小さいため、内陸地殻内地震より選定する。

第5.6-1表に示す内陸地殻内地震について、それぞれの諸元に基づき、Zhao et al. (2006)⁽²⁹⁾ の方法により応答スペクトルを算定し、敷地に及ぼす影響を検討する。算定した応答スペクトルを第5.6-1図に示す。

第5.6-1図より、検討用地震として、「宍道断層による地震」及び「F - III断層 + F - IV断層 + F K - 2断層による地震」を選定する。

また、内陸地殻内地震のうち880年出雲の地震 (M7.0) については、古い時代の出来事であることから、震源位置について種々の見解^{(30), (31), (32), (33)}があるが、仮に敷地近傍に位置する宍道断層の位置に想定したとしても、松田 (1975)⁽³⁴⁾ により求めた断層長さ (20km) が、宍道断層の断層長さ (22km) より短く、敷地に及ぼす影響は宍道断層より小さいため、「宍道断層による地震」で代表させる。

(2) 検討用地震の地震動評価

「(1) 検討用地震の選定」で選定した検討用地震による地震動は、「応答スペクトルに基づく方法」及び「断層モデルを用いた手法」により評価する。

a. 基本震源モデルの設定

「宍道断層による地震」及び「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」の基本震源モデルについて、断層パラメータの設定根拠を第5.6-2表に、断層パラメータを第5.6-3表及び第5.6-4表に、断層モデルを第5.6-2図及び第5.6-3図に示す。

ここで、アスペリティ位置については、「宍道断層による地震」では、地形調査結果より明瞭な屈曲が認められる位置を参考に設定し、「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」では、海上音波探査結果より後期更新世以降の活動が否定できないと評価している区間を参考に設定する。断層傾斜角については、「宍道断層による地震」では、横ずれ断層の一般的な傾斜角として90度に設定し、「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」では、上下成分を持つ断層であるため、横ずれ断層ではあるが、地震調査委員会（2009）⁽³⁵⁾（以下「レシピ」という。）を参考に高角の傾斜角の範囲内で安全側に60度（敷地側）に設定する。破壊開始点については、破壊の進行による敷地への影響を考慮して設定する。

b. 不確かさを考慮したケースの断層パラメータの設定

「宍道断層による地震」及び「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」の地震動評価における不確かさを考慮したケースの断層パラメータの設定根拠を第5.6-5表及び第5.6-6表に、不確かさを考慮した地震動評価ケースを第5.6-7表及び第5.6-8表に、断層パラメータを第5.6-9表及び第5.6-10表に、断層モデルを第5.6-4図及び第5.6-5図に示す。

ここで、アスペリティ位置の不確かさについては、「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」では、各セグメントで敷地近傍の位置とするケース（「宍道断層による地震」では、基本震源モデルのアスペリティ位置が既に敷地近傍にある。）を設定する。断層傾斜角については、「宍道断層による地震」では、横ずれ断層ではあるが、レ

シピを参考に高角の傾斜角の範囲内で安全側に60度（敷地側）とするケース（「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」では、上下成分を持つ断層であるため、基本震源モデルにおいて既に安全側に60度（敷地側）としている。）を設定する。破壊開始点の不確かさについては、破壊開始点を断層下端の位置とするケースを設定する。アスペリティの応力降下量（短周期レベル）の不確かさについては、2007年新潟県中越沖地震（M6.8）の知見を踏まえ、基本震源モデルの1.5倍とするケースを設定する。

c. 応答スペクトルに基づく地震動評価

「宍道断層による地震」及び「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」の諸元（M及び等価震源距離）と、Noda et al. (2002)⁽³⁶⁾（以下「耐専式」という。）の策定に用いられた地震諸元の比較を第5.6-6図に示す。第5.6-6図によると、「宍道断層による地震」及び「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」の諸元が、耐専式の策定に用いられた地震諸元の範囲外（外挿）になることから、耐専式は適用範囲外と判断する。

応答スペクトルに基づく地震動評価としては、耐専式の代わりに、内陸地殻内地震に適用可能な複数の距離減衰式^{(29), (37), (38), (39), (40), (41), (42)}により評価し、その応答スペクトルを第5.6-7図及び第5.6-8図に示す。

d. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

「宍道断層による地震」及び「F - III断層 + F - IV断層 + F_K - 2断層による地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価では、要素地震として適切な観測記録が得られていないことから、統計的グリーン関数法⁽²⁷⁾及び理論的手法⁽²⁸⁾によるハイブリッド合成法⁽⁴³⁾により評価する。

上記の方法により算定した応答スペクトルを第5.6-9図及び第5.6-10図に示す。

5.6.2 震源を特定せず策定する地震動

敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施してもなお、敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内地震のすべてを事前に評価しうるとはいえないとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」を評価する。

(1) 評価手法

「震源を特定せず策定する地震動」の策定においては、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地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、それらを基に敷地の地盤物性を考慮するとともに、地域性や最新知見を考慮して設定する。

(2) 震源を特定せず策定する地震動に関する知見

加藤ほか（2004）⁽⁴⁴⁾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前もって特定できない地震を「震源を事前に特定できない地震」と定義し、その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設定している。この考え方、「震源を特定せず策定する地震動」と同等の考え方に基づく知見であると考えられる。

また、加藤ほか（2004）⁽⁴⁴⁾では、耐専式に基づく地盤増幅率を用いて、地震基盤相当の地震動レベルも提案している。

(3) 地域性に関する検討

a. 地震発生層から推定される地震の規模

「5.4.1 内陸地殻内地震」に示したように、敷地周辺の内陸地殻内地震における地震発生層の厚さは13kmと設定した。震源と活断層を関連付けることが困難な内陸地殻内地震の最大規模は、地震発生層を飽和する震源断層による地震について、地震発生層の上限から下限まで拡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想定し、断層面積から入倉・三宅（2001）⁽⁴⁵⁾により地震モーメントを求め、さら

に地震モーメントから武村（1990）⁽⁴⁶⁾により地震規模を算定すると、傾斜角90度の場合はM6.4、傾斜角60度の場合はM6.6となる。

b. 領域震源区分から推定される地震の規模

地震調査委員会（2010）⁽⁴⁷⁾は、「全国地震動予測地図」の作成において、日本全国の領域ごとに「震源断層を予め特定しにくい地震」として、陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震の最大規模を評価している。敷地が位置する領域の「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大規模は、第5.6-11図に示すようにM7.1（1872年浜田地震）とされている。なお、第5.6-11図の領域区分は、垣見ほか（2003）⁽⁴⁸⁾に基づいている。

一方、垣見ほか（2003）⁽⁴⁸⁾において1872年浜田地震は、敷地南方の隣接する領域（10C5）に分類されており、敷地が位置する領域（10D2）は、1940年島根県沖の地震のM6.6が「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大規模となる。この1872年浜田地震については、地震調査委員会編（1999）⁽¹⁾によると、陸域の浅い地震と同じタイプの地震と考えられるとされており、垣見ほか（2003）⁽⁴⁸⁾と整合する。

(4) 震源を特定せず策定する地震動の設定

以上の検討結果を踏まえると、地震発生層及び領域震源区分から推定される震源と活断層を関連付けることが困難な内陸地殻内地震の最大規模は、M6.6と考えられる。一方、加藤ほか（2004）⁽⁴⁴⁾では、M6.8の地震を考慮して応答スペクトルを設定していることから、その地震動レベルは、敷地周辺の地域性を考慮しても適切であると考えられる。したがって、敷地における「震源を特定せず策定する地震動」としては、加藤ほか（2004）⁽⁴⁴⁾の応答スペクトルに、耐専式に基づく地盤増幅率及び鉛直方向への変換を考慮して設定することとし、その応答スペクトルを第5.6-12図に示す。

(5) 超過確率の参照

原子力安全基盤機構（2005）⁽⁴⁹⁾は、各地域の震源を特定しにくい地震

による地震動について、地震基盤面における水平動の年超過確率を求め、その一様ハザードスペクトルを算出している。原子力安全基盤機構（2005）⁽⁴⁹⁾による領域区分を第5.6-13図に、敷地が位置する領域（中国・四国）における一様ハザードスペクトルと、「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを比較して第5.6-14図に示す。第5.6-14図によると、「震源を特定せず策定する地震動」の年超過確率は、短周期側では $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度、長周期側では 10^{-6} 程度である。

(6) その他の検討対象地震

加藤ほか（2004）⁽⁴⁴⁾の応答スペクトルの設定において反映されていない内陸地殻内地震のうち、2004年北海道留萌支庁南部地震（M6.1）を「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震として考慮する。

2004年北海道留萌支庁南部地震（M6.1）は、震源近傍の観測点において、 $1,000\text{cm/s}^2$ を超える大加速度記録が得られた特徴的な地震である。本地震の観測記録は、地表面の軟らかい地盤で得られたものであるため、基盤地震動とみなせるように補正して考慮する。水平方向の基盤地震動については、敷地に及ぼす影響がより大きなEW成分の基盤地震動で代表させる。

検討対象地震の応答スペクトル及び「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを第5.6-15図に示す。

5.6.3 基準地震動 S s

基準地震動 S s は、「5.6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「5.6.2 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。

(1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 S s

基準地震動 S s の設計用応答スペクトルは、「5.6.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における検討用地震の応答スペクトルに基づく地震動評価結果をすべて包絡させて設定し、これを水平方向の基準

地震動 S s – 1 H として設定する。また、鉛直方向の基準地震動 S s – 1 V は、基準地震動 S s – 1 H の 2 / 3 倍程度となるように設定する。基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトルと、検討用地震の応答スペクトルに基づく地震動評価結果を併せて第5.6-16図に、基準地震動 S s – 1 H 及び S s – 1 V の設計用応答スペクトル及びコントロールポイントの値を第5.6-17図及び第5.6-11表に示す。

基準地震動 S s – 1 の設計用応答スペクトルと検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を比較すると、「宍道断層による地震」及び「F – III断層 + F – IV断層 + F K – 2 断層による地震」の応力降下量の不確かさを考慮したケースの断層モデルを用いた手法による水平方向の地震動評価結果が、基準地震動 S s – 1 の設計用応答スペクトルを一部の周期帯で上回ることから、これらを基準地震動 S s – 2 H 及び S s – 2 V 並びに S s – 3 H 及び S s – 3 V として選定する。基準地震動 S s – 1 の設計用応答スペクトルと、検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を併せて第5.6-18図及び第5.6-19図に示す。

(2) 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 S s

「5.6.2 震源を特定せず策定する地震動」において設定した「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル、検討対象地震の応答スペクトル及び基準地震動 S s – 1 の設計用応答スペクトルを第5.6-20図に示す。

第5.6-20図によると、「震源を特定せず策定する地震動」の水平方向及び鉛直方向の応答スペクトルは、すべての周期帯において基準地震動 S s – 1 の設計用応答スペクトルに包絡される。

一方、2004年北海道留萌支庁南部地震 (M6.1) の水平方向及び鉛直方向の基盤地震動の応答スペクトルは、基準地震動 S s – 1 の設計用応答スペクトルを一部の周期帯で上回ることから、これを基準地震動 S s – 4 H 及び S s – 4 V として選定する。

(3) 基準地震動 S_s の応答スペクトル

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価結果を踏まえて設定した基準地震動 S_s-1, S_s-2 及び S_s-3 の応答スペクトルと、「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果を踏まえて設定した基準地震動 S_s-4 の応答スペクトルを併せて第5.6-21図に示す。

(4) 基準地震動 S_s の設計用地震波

基準地震動 S_s の設計用地震波は、基準地震動 S_s-1H 及び S_s-1V の設計用応答スペクトルに適合する設計用模擬地震波と、基準地震動 S_s-2 及び S_s-3 の断層モデルを用いた手法による地震動評価として得られる時刻歴波形と、基準地震動 S_s-4 の観測記録に基づく時刻歴波形とする。

基準地震動 S_s-1H 及び S_s-1V の設計用模擬地震波は、それぞれの応答スペクトルに適合するような周波数－振幅特性と、一様乱数の位相特性をもつ正弦波の重ね合わせによって作成するものとし、振幅包絡線の経時的变化については、Noda et al. (2002)⁽³⁶⁾ に基づき設定し、第5.6-12表に示す。基準地震動 S_s-1H 及び S_s-1V の設計用模擬地震波の作成結果を第5.6-13表に、設計用応答スペクトルに対する設計用模擬地震波の応答スペクトルの比を第5.6-22図に、時刻歴波形を第5.6-23図に示す。

また、基準地震動 S_s-2～S_s-4 の時刻歴波形を第5.6-24図～第5.6-26図に示す。

5.6.4 基準地震動 S_s-1 の超過確率の参照

参考として、基準地震動 S_s-1 の設計用応答スペクトルと日本原子力学会 (2007)⁽⁵⁰⁾ の方法に基づき算定した敷地における地震動の一様ハザードスペクトルの比較を第5.6-27図に示す。第5.6-27図によると、基準地震動 S_s-1 の設計用応答スペクトルの年超過確率は $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 程度である。

5.7 参考文献

- (1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会編 (1999) : 日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－, 追補版
- (2) 岡田篤正 (2002) : 山陰地方の活断層の諸特徴, 活断層研究22, pp. 17–32
- (3) 文部省震災予防評議会編 (1941～1943) : 増訂 大日本地震史料, 第一卷～第三卷
- (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, 第一卷～第五卷, 補遺, 続補遺
- (6) 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
- (7) 気象庁 (2013) : 地震年報2011年, 地震・火山月報, 気象庁一元化震源
- (8) 茅野・宇津 (2001) : 日本の主な地震の表, 「地震の事典」第2版, 朝倉書店
- (9) 国立天文台編 (2013) : 理科年表 平成25年, 丸善
- (10) 気象庁 (2009) : 気象庁震度階級の解説
- (11) 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卷, pp. 168–176
- (12) 勝又護・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卷, 第3, 4号, pp. 89–96
- (13) 活断層研究会編 (1991) : [新編] 日本の活断層 分布図と資料, 東京大学出版会
- (14) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) : 山崎断層帯の長期評価(一部改訂)について
- (15) 片尾浩・吉井弘治 (2002) : 緊急観測によって得られた鳥取県西部地震直後の余震分布, 地震, 第2輯, 第54卷, pp. 581–585
- (16) 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

- (17) 岩田知孝・関口春子 (2002) : 2000年鳥取県西部地震の震源過程と震源域強震動，月刊地球／号外，No. 38B-1, pp. 182-188
- (18) 伊藤潔・松村一男・和田博夫・平野憲雄・中尾節郎・渋谷拓郎・西上欽也・片尾浩・竹内文朗・渡辺邦彦・渡辺晃・根岸弘明 (1995) : 西南日本内帯における地殻内地震発生層，京都大学防災研究所年報，第38号，pp. 209-219
- (19) 岩崎貴哉・佐藤比呂志 (2009) : 陸域制御震源地震探査から明らかになりつつある島弧地殻・上部マントル構造，地震，第2輯，第61巻，pp. S165-S176
- (20) 地震予知連絡会 (2003) : 地震予知連絡会会報，第69巻
- (21) Zhao, D. • A. Hasegawa • H. Kanamori (1994) : Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol. 99, No. B11, pp. 22, 313-22, 329
- (22) 佐藤比呂志・児島悠司・村田明広・伊藤谷生・金田義行・大西正純・岩崎貴哉・於保幸正・萩野スミ子・狩野謙一・河村知徳・藏下英司・越谷信・高須晃・竹下徹・津村紀子・寺林優・豊原富士夫・中島隆・野田賢・橋本善孝・長谷川修一・平田直・宮内崇裕・宮田隆夫・山北聰・吉田武義・Steven Harder・Kate Miller・Galen Kaip・小澤岳史・井川猛 (2005) : 西南日本外帯の地殻構造：2002年四国一瀬戸内海横断地殻構造探査の成果，東京大学地震研究所彙報，Vol. 80, pp. 53-71
- (23) 藏下英司・徳永雅子・平田直・岩崎貴哉・小平秀一・金田義行・伊藤潔・西田良平・木村昌三・井川猛 (2002) : 四国東部地域における地殻及び最上部マントルの地震波速度構造と沈み込むフィリピン海プレートの形状，地震，第2輯，第54巻，pp. 489-505
- (24) Kodaira, S. • E. Kurashimo • J.-O. Park • N. Takahashi • A. Nakanishi •

- S. Miura · T. Iwasaki · N. Hirata · K. Ito · Y. Kaneda (2002) : Structural factors controlling the rupture process of a megathrust earthquake at the Nankai trough seismogenic zone, Geophysical Journal International, 149, pp. 815–835
- (25) 金井清・田中貞二・鈴木富三郎 (1968) : 異常震害と常時微動・小引 (島根県大社町の場合), 東京大学地震研究所彙報, Vol. 46, pp. 783–790
- (26) 内閣府 (2012) : 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告)
- (27) 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, 第430号, pp. 1 – 9
- (28) Bouchon, M. (1981) : A SIMPLE METHOD TO CALCULATE GREEN' S FUNCTIONS FOR ELASTIC LAYERED MEDIA, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 71, No. 4, pp. 959–971
- (29) Zhao, J. X. · J. Zhang · A. Asano · Y. Ohno · T. Oouchi · T. Takahashi · H. Ogawa · K. Irikura · H. K. Thio · P. G. Somerville · Y. Fukushima · Y. Fukushima (2006) : Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 898–913
- (30) 井上大榮・宮腰勝義・上田圭一・宮脇明子・松浦一樹 (2002) : 2000年鳥取県西部地震震源域の活断層調査, 地震, 第2輯, 第54巻, pp. 557 – 573
- (31) 萩原尊禮編著 (1982) : 古地震, 東京大学出版会
- (32) Usami, T. (1979) : Study of Historical Earthquakes in Japan, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol. 54, pp. 339–439
- (33) 渡辺満久・中田高・奥村晃史・熊原康博・後藤秀昭・隅元崇・今泉俊文・徳岡隆夫・吹田歩 (2006) : 鹿島断層 (島根半島) 東部におけるトレシチ調査, 日本地震学会講演予稿集, B020

- (34) 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, pp. 269–283
- (35) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2009) : 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 ('レシピ')
- (36) Noda, S. • K. Yashiro • K. Takahashi • M. Takemura • S. Ohno • M. Tohdo • T. Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct. 16–18 Istanbul, pp. 399–408
- (37) Kanno, T. • A. Narita • N. Morikawa • H. Fujiwara • Y. Fukushima (2006) : A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 879–897
- (38) 内山泰生・翠川三郎 (2006) : 震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第606号, pp. 81–88
- (39) 片岡正次郎・佐藤智美・松本俊輔・日下部毅明 (2006) : 短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式, 土木学会論文集A, Vol. 62, No. 4, pp. 740–757
- (40) Abrahamson, N. • W. Silva (2008) : Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations, Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pp. 67–97
- (41) Chiou, B. S. -J. • R. R. Youngs (2008) : An NGA Model for the Average of Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pp. 173–215
- (42) Idriss, I. M. (2008) : An NGA Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated By Shallow Crustal Earthquakes, Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, 217–242

- (43) Kamae, K. • K. Irikura • A. Pitarka (1998) : A Technique for Simulating Strong Ground Motion Using Hybrid Green's Function, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 88, No. 2, pp. 357–367
- (44) 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大榮・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, pp. 46–86
- (45) 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, Vol. 110, No. 6, pp. 849–875
- (46) 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巻, pp. 257–265
- (47) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2010) : 「全国地震動予測地図」報告書
- (48) 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, pp. 389–406
- (49) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 (2005) : 震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書(平成16年度), JNES/SAE05–004
- (50) 社団法人 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
- (51) Kanamori, H. (1977) : The Energy Release in Great Earthquakes, Journal of Geophysical Research, Vol. 82, No. 20, pp. 2981–2987
- (52) Eshelby, J. D. (1957) : The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, Proceedings of the Royal Society, A241, pp. 376–396
- (53) 中村洋光・宮武 隆 (2000) : 断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式, 地震, 第2輯, 第53巻, pp. 1–9
- (54) 香川敬生・鶴来雅人・佐藤信光 (2003) : 硬質サイトの強震観測記録に

- 見られる高周波低減特性の検討, 土木学会地震工学論文集, pp. 1 – 4
- (55) Geller, R. J. (1976) : SCALING RELATIONS FOR EARTHQUAKE SOURCE PARAMETERS AND MAGNITUDES, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 66, No. 5, pp. 1501–1523
- (56) 佐藤智美 (2008a) : 中国地方の地殻内地震の短周期レベルの推定－断層タイプによる違いに着目して－, 日本地震工学会大会梗概集, pp. 242 – 243
- (57) 佐藤智美 (2008b) : 地殻内地震に対する P 波部・S 波部・全継続時間の水平・上下動の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第73巻, 第 632 号, pp. 1745–1754
- (58) 京都大学防災研究所附属 地震予知研究センター：
http://www1.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/TOTTORI/goudou_j.html.
- (59) Nishimura, I. • S. Noda • K. Takahashi • M. Takemura • S. Ohno • M. Tohdo • T. Watanabe (2001) : Response Spectra for Design Purpose of Stiff Structures on Rock Sites, Trans. 16th Inter. Conf. Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT), Div. K, No. 1133

第5.2-1表(1) 敷地周辺における被害地震 -その1-

No.	番号	年	月	日	震央位置		深さ (km)	M	震央 距離 (km)	地名
					北緯	東経				
1	020	868	8	3	34.8°	134.8°	—	7.0	183.0	播磨・山城
2	023	880	11	23	35.4°	133.2°	—	7.0	23.8	出雲
3	129	1676	7	12	34.5°	131.8°	—	6.5	158.5	石見
4	140	1686	1	4	34.0°	132.6°	—	7.2	173.9	安芸・伊予
5	153-1	1707	11	21	34.2°	131.7°	—	5.5	189.7	防長
6	156	1710	10	3	35.5°	133.7°	—	6.5	63.5	伯耆・美作
7	157	1711	3	19	35.2°	133.8°	—	6 1/4	81.5	伯耆
8	205	1778	2	14	34.6°	132.0°	—	6.5	137.9	石見
9	217-3	1796	1	3	35.7°	134.3°	—	5.5	119.2	鳥取
10	240-1	1835	3	12	35.1°	132.6°	—	5 1/2	60.2	石見
11	264-2	1857	7	8	34.4°	131.4°	—	6.0	192.7	萩
12	266	1857	10	12	34.0°	132.75°	—	7 1/4	171.6	伊予・安芸
13	275	1859	1	5	34.8°	131.9°	—	6.2	129.0	石見
14	277	1859	10	4	34.5°	132.0°	—	6.25	146.5	石見
15	279	1865	2	24	35.0°	134.8°	—	6 1/4	174.0	播磨・丹波
16	282	1872	3	14	35.15°	132.1°	—	7.1	92.1	石見・出雲
17	324	1898	4	3	34.6°	131.2°	—	6.2	194.3	山口県見島
18	—	1901	1	16	35.3°	133.7°	—	—	68.8	鳥取県西部
19	357	1904	6	6	35.3°	133.2°	—	5.8	31.7	宍道湖付近
20	358	1905	6	2	34.1°	132.5°	—	7.2	165.6	安芸灘
21	400	1914	5	23	35.35°	133.2°	—	5.8	27.2	出雲地方
22	409	1916	8	6	34.0°	133.4°	—	5.7	174.2	愛媛県宇摩郡閑川村
23	419	1919	11	1	34.8°	132.9°	—	5.8	82.7	広島県三次付近
24	438	1925	5	23	35° 33.8'	134° 50.09'	0	6.8	166.6	但馬北部
25	439	1925	7	4	35° 21.26'	133° 25.23'	0	5.7	43.4	美保湾
26	445	1927	3	7	35° 37.91'	134° 55.84'	18	7.3	175.5	京都府北西部
27	462	1930	12	20	34° 56.35'	132° 50.54'	12	6.1	67.7	三次付近
28	475-1	1934	1	9	33° 58.63'	133° 57.68'	36	5.6	194.1	徳島県西部(吉野川上流域)
29	486	1938	1	2	34° 58.98'	133° 18.14'	19	5.5	67.3	岡山県北部
30	497	1941	4	6	34° 31.64'	131° 38.05'	2	6.2	167.3	山口県須佐付近

つづく

第5.2-1表(2) 敷地周辺における被害地震 -その2-

つづき

No.	番号	年	月	日	震央位置		深さ (km)	M	震央 距離 (km)	地名
					北緯	東経				
31	501	1943	3	4	35° 26.59'	134° 6.29'	5	6.2	101.0	鳥取市付近
32	503	1943	9	10	35° 28.39'	134° 11.04'	0	7.2	107.8	鳥取付近
33	516	1949	1	20	35° 35.97'	134° 28.75'	14	6.3	134.5	兵庫県北部
34	517	1949	7	12	34° 2.99'	132° 45.42'	25	6.2	166.3	安芸灘
35	520	1950	8	22	35° 10.19'	132° 38.68'	4	5.2	51.7	三瓶山付近
36	531	1955	6	23	35° 18'	133° 23'	10	5.5	43.7	鳥取県西部
37	549-1	1961	5	7	35° 2.9'	134° 30.7'	23	5.9	148.0	兵庫県西部
38	594	1970	3	13	34° 56'	132° 49'	10	4.6	69.7	広島県北部
39	597	1970	9	29	34° 26'	133° 18'	10	4.9	126.4	広島県東南部
40	622	1977	5	2	35° 9'	132° 42'	10	5.6	50.6	三瓶山付近
41	628	1978	6	4	35° 5'	132° 42'	0	6.1	57.0	島根県中部
42	648	1983	10	31	35° 25'	133° 55.4'	15	6.2	85.0	鳥取県沿岸
43	650	1984	5	30	34° 57.8'	134° 35.4'	17	5.6	158.2	兵庫県南西部
44	676	1989	10	27	35° 15.7'	133° 22.4'	13	5.3	45.7	鳥取県西部
45	676	1989	11	2	35° 15.3'	133° 22.1'	15	5.5	45.9	鳥取県西部
46	682	1991	8	28	35° 19.4'	133° 11.2'	13	5.9	29.2	島根県東部
47	722	1997	6	25	34° 26.49'	131° 39.97'	8	6.6	171.8	山口・島根県境
48	736	1999	7	16	34° 25.5'	133° 11.66'	20	4.5	124.6	尾道市付近
49	746	2000	10	6	35° 16.45'	133° 20.94'	9	7.3	43.2	鳥取県西部
50	749	2001	1	12	35° 27.96'	134° 29.4'	11	5.6	135.6	兵庫県北部
51	750	2001	3	24	34° 7.94'	132° 41.62'	46	6.7	158.2	安芸灘
52	—	2011	11	21	34° 52.30'	132° 53.62'	12	5.4	74.3	広島県北部

- ・番号は「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾による。
 ・1922年以前の地震諸元は「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾、1923年以降の地震諸元は「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による。なお、地震諸元に幅があるものは中央値とする。

第 5.3-1 表 敷地周辺の考慮する活断層

断層名	評価長さ (km)	M ^{※1}	距離 ^{※2} (km)
宍道断層	22	7.1	6.8
大社衝上断層	29	7.3	27.9
山崎断層系	79	8.0	162.1
F K-1 断層	19	7.0	29.3
F-III断層 + F-IV断層 + F K-2 断層	51.5	7.7	24.7
K-4 撓曲 + K-6 撓曲 + K-7 撓曲	19	7.0	13.9
鳥取沖東部断層	51	7.7	108.6
鳥取沖西部断層	37	7.4	50.5
大田沖断層	47	7.6	69.9

※1 松田 (1975)⁽³⁴⁾ による断層長さとMの関係式による。

※2 断層中央までの震央距離。

第 5.5-1 表 主な観測地震の諸元

No.	発震年月日 時 刻 (地震名 又は地名)	震央位置 北緯 東経	M	震源 深さ (km)	震央 距離 (km)	気象庁震度階級
1	2000. 10. 6 13 時 30 分 (2000 年 鳥取県西部 地震)	35° 16.45' 133° 20.94'	7.3	9	43.2	6 強 境港, 日野町 6 弱 西伯町, 会見町, 岸本町, 淀江町, 溝口町 5 強 米子, 安来, 新見 5 弱 松江, 岡山, 玉野, 笠岡, 福山 4 鳥取, 出雲, 平田, 倉敷, 井原, 総 社, 高梁, 備前, 三次, 庄原, 三原, 尾道, 広島, 呉, 大竹, 廿日市, 岩 国, 柳井 3 倉吉, 浜田, 江津, 津山, 東広島, 萩, 山口, 徳山, 下松, 光, 下関, 宇部 2 美祢, 防府, 小野田
2	2001. 3. 24 15 時 27 分 (2001 年 芸予地震)	34° 7.94' 132° 41.62'	6.7	46	158.2	6 弱 河内町, 大崎町, 熊野町 5 強 広島, 三原, 吳, 廿日市, 岩国, 柳 井, 今治, 松山 5 弱 尾道, 福山, 徳山, 下松, 光, 新居 浜, 西条, 宇和島, 大洲 4 境港, 出雲, 安来, 平田, 倉敷, 玉 野, 笠岡, 井原, 高梁, 三次, 庄原, 東広島, 萩, 山口, 防府, 宇部, 高 松, 坂出, 善通寺, 觀音寺, 川之江, 八幡浜 3 鳥取, 米子, 松江, 浜田, 江津, 津 山, 新見, 岡山, 総社, 備前, 美祢, 下関 2 倉吉
3	2011. 6. 4 1 時 57 分 (島根県東部)	35° 5.75' 132° 40.23'	5.2	11	57.2	4 雲南, 境港, 庄原 3 大田, 出雲, 安来, 江津, 松江, 米 子, 広島, 三次, 東広島, 尾道, 福 山, 安芸高田, 吳, 新見, 真庭, 今 治 2 浜田, 益田, 鳥取, 三原, 竹原, 江 田島, 廿日市, 大竹, 岡山, 倉敷, 笠岡, 総社, 高梁, 浅口, 玉野, 濱 戸内, 井原, 赤磐, 津山, 備前, 萩, 山口, 岩国, 防府, 柳井
4	2011. 11. 21 19 時 16 分 (広島県北部)	34° 52.30' 132° 53.62'	5.4	12	74.3	5 弱 三次 4 庄原, 雲南 3 広島, 安芸高田, 府中, 尾道, 福山, 三原, 東広島, 江田島, 大竹, 廿日 市, 安来, 益田, 出雲, 大田, 鳥取, 岡山, 新見, 浅口, 笠岡, 倉敷, 井 原, 高梁, 高松, 今治 2 吳, 浜田, 松江, 境港, 米子, 倉吉, 津山, 玉野, 赤磐, 総社, 濱戸内, 備前, 山口, 岩国, 萩, 防府, 柳井, 下関, 下松

[地震諸元は「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による。]

第 5.5-2 表 地下構造モデル（統計的グリーン関数法）

層番号	標高 T. P. (m)	層厚 (m)	P 波速度 Vp (m/s)	S 波速度 Vs (m/s)	密度 ρ (kg/m ³)	Q 値		備考
						Qp	Qs	
1	-10	12	2750	2080	2510	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	解放基盤表面
2	-22	116	4470	2080	2570	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	
3	-138	32	5010	2420	2490	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	
4	-170	51	4610	2170	2570	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	
5	-221	54	4610	2170	2570	$8.93f^{0.751}$	$15.6f^{0.833}$	
6	-275	580	4900	2660	2500	$19.2f^{0.694}$	$22.7f^{0.717}$	
7	-855	560	5310	2920	2500	$50.0f^{0.864}$	$62.5f^{0.664}$	
8	-1415	710	5500	3180	2600	385	200	
9	-2125	∞	6100	3530	2700	556	263	地震基盤面

f : 振動数 (Hz)

■ : 敷地の地震観測記録を用いた同定解析結果を参考に設定。

□ : 岩田・関口 (2002)⁽¹⁷⁾ を参考に設定。

第 5.5-3 表 地下構造モデル（理論的手法）

層番号	標高 T. P. (m)	層厚 (m)	P 波速度 Vp (m/s)	S 波速度 Vs (m/s)	密度 ρ (kg/m ³)	Q 値		備考
						Q _p	Q _s	
1	-10	12	2750	2080	2510	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	解放基盤表面
2	-22	116	4470	2080	2570	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	
3	-138	32	5010	2420	2490	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	
4	-170	51	4610	2170	2570	$1.67f^{0.423}$	$7.94f^{0.338}$	
5	-221	54	4610	2170	2570	$8.93f^{0.751}$	$15.6f^{0.833}$	
6	-275	580	4900	2660	2500	$19.2f^{0.694}$	$22.7f^{0.717}$	
7	-855	560	5310	2920	2500	$50.0f^{0.864}$	$62.5f^{0.664}$	
8	-1415	710	5500	3180	2600	385	200	
9	-2125	13875	6100	3530	2700	556	263	地震基盤面
10	-16000	22000	6700	3870	2800	833	385	
11	-38000	∞	7800	4510	3100	1000	500	

f : 振動数 (Hz)

■ : 岩田・関口 (2002)⁽¹⁷⁾ を参考に設定。

第 5.6-1 表 検討用地震選定のための内陸地殻内地震の諸元

No.	断層名又は地震名	評価長さ(km)	モーメントマグニチュード Mw ^{※1}	断層最短距離(km)
1	宍道断層	22	6.4	2.8
2	880 年出雲の地震	—	6.5 ^{※2}	23.8 ^{※4}
3	2000 年鳥取県西部地震	—	6.6 ^{※3}	43.2 ^{※4}
4	大社衝上断層	29	6.5	11.8
5	山崎断層系	79	7.1	123.1
6	F K-1 断層	19	6.3	29.3
7	F-III 断層 + F-IV 断層 + F K-2 断層	51.5	6.9	7.7
8	K-4 撓曲 + K-6 撓曲 + K-7 撓曲	19	6.3	14.7
9	鳥取沖東部断層	51	6.9	83.3
10	鳥取沖西部断層	37	6.7	32.2
11	大田沖断層	47	6.8	46.8

※1 No. 2, No. 3 を除き、断層面積から入倉・三宅 (2001)⁽⁴⁵⁾ により地震モーメントを求め、地震モーメントから Kanamori (1977)⁽⁵¹⁾ により Mw を算定。なお、震源断層は傾斜角 90 度の横ずれ断層を仮定。

※2 地震カタログによる M7.0 から武村 (1990)⁽⁴⁶⁾ により地震モーメントを求め、地震モーメントから Kanamori (1977)⁽⁵¹⁾ により Mw を算定。

※3 F-net による。

※4 第 5.2-1 表の震央距離。

第 5.6-2 表 基本震源モデルの断層パラメータの設定根拠

パラメータ		基本震源モデルの断層パラメータ設定根拠	
		宍道断層	F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2断層
巨視的パラメータ	震源断層の形状等	断層長さ	地質調査結果に基づき設定。
		断層幅	地震発生層上下限深さ及び断層傾斜角に基づき、地震発生層を飽和するように設定。
		断層傾斜角	レシピに基づき、横ずれ断層の基本的な傾斜角となる傾斜角 90 度に設定。 上下成分を持つ断層であるため、横ずれ断層ではあるが、レシピに基づき高角の傾斜角の範囲内で安全側に傾斜角 60 度（敷地側）に設定。
		地震発生層	敷地周辺の稠密余震観測等に基づき、地震発生層の上限深さを 2 km、下限深さを 15 km に設定。
	地震モーメント		レシピに基づき、断層面積から入倉・三宅（2001） ⁽⁴⁵⁾ により設定。
	平均すべり量	レシピに基づき、地震モーメント及び断層面積より設定。	
微視的パラメータ	アスペリティ位置	地形調査結果より、明瞭な屈曲が認められる位置を参考に設定。（結果的に敷地近傍の位置）	海上音波探査結果より、後期更新世以降の活動が否定できないと評価している区間（変位・変形が認められる区間）を参考に設定。
	アスペリティの応力降下量、平均すべり量	レシピに基づき、Esheby (1957) ⁽⁵²⁾ 等の経験式により設定。	
	背景領域の実効応力、平均すべり量		
	すべり速度時間関数	レシピに基づき、長周期領域では中村・宮武（2000） ⁽⁵³⁾ により設定。（短周期領域では用いていない）	
	高周波遮断特性	内陸地殻内地震の硬質サイト記録の検討結果である香川ほか（2003） ⁽⁵⁴⁾ により設定。	
その他のパラメータ	破壊伝播速度	レシピに基づき、Geller (1976) ⁽⁵⁵⁾ により設定。	
	破壊開始点	破壊の進行による敷地への影響を考慮してアスペリティ下端に設定。	
	破壊伝播様式	レシピに基づき、放射状の破壊伝播を設定。	

第 5.6-3 表 「宍道断層による地震」の断層パラメータ（基本震源モデル）

項目		設定値
巨視的断層面	断層位置 (断層西端)	東経 (°) 35.51
		北緯 (°) 35.51
	走向 (°)	N82.0E
	断層上端深さ (km)	2.0
	断層長さ (km)	22.0
	断層幅 (km)	13.0
	断層面積 (km ²)	286.0
	断層傾斜角 (°)	90
	破壊伝播様式	放射状
	S波速度 (m/s)	3530
第1アスペリティ	破壊伝播速度 (m/s)	2500
	剛性率 (N/m ²)	3.4×10^{10}
	密度 (kg/m ³)	2700
	地震モーメント (N・m)	4.5×10^{18}
第2アスペリティ	短周期レベル (N・m/s ²)	8.7×10^{18}
	面積 (km ²)	31.3
	地震モーメント (N・m)	1.1×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	103.4
背景領域	応力降下量 (MPa)	15.1
	面積 (km ²)	11.7
	地震モーメント (N・m)	2.6×10^{17}
	平均すべり量 (cm)	65.4
	応力降下量 (MPa)	15.1
	面積 (km ²)	243.0
	地震モーメント (N・m)	3.1×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	37.5
	実効応力 (MPa)	3.0

第 5.6-4 表(1) 「F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2断層による地震」の
断層パラメータ（基本震源モデル）－その 1－

項目			設定値	
巨視的断層面	断層位置	セグメント 1 西端	東経 (°) 北緯 (°)	
			132.45 35.54	
	セグメント 2 西端	東経 (°) 北緯 (°)	132.71 35.55	
	セグメント 2 折れ点	東経 (°) 北緯 (°)	132.94 35.56	
	走向	セグメント 1 (°)	N87.8E	
		セグメント 2 (西) (°)	N87.8E	
		セグメント 2 (東) (°)	N33.2E	
断層上端深さ (km)			2.0	
断層長さ (km)			52.4※	
断層幅 (km)			15.0	
断層面積 (km ²)			786.1	
断層傾斜角 (°)			60	
破壊伝播様式			放射状	
S 波速度 (m/s)			3530	
破壊伝播速度 (m/s)			2500	
剛性率 (N/m ²)			3.4 × 10 ¹⁰	
密度 (kg/m ³)			2700	
地震モーメント (N·m)			3.4 × 10 ¹⁹	
短周期レベル (N·m/s ²)			1.7 × 10 ¹⁹	

※ モデル化の値。

つづく

第 5.6-4 表(2) 「F-III断層+F-IV断層+F_K-2断層による地震」の
断層パラメータ（基本震源モデル）－その2－

つづき

項目		設定値	
セグメント1	セグメント全体	断層長さ (km)	23.6
		面積 (km ²)	354.3
		地震モーメント (N・m)	1.5×10^{19}
		平均すべり量 (cm)	121.7
	アスペリティ	面積 (km ²)	105.7
		地震モーメント (N・m)	8.7×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	243.3
		応力降下量 (MPa)	12.7
セグメント2	背景領域	面積 (km ²)	248.7
		地震モーメント (N・m)	5.9×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	70.0
		実効応力 (MPa)	2.0
	セグメント全体	断層長さ (km)	28.8
		面積 (km ²)	431.8
		地震モーメント (N・m)	2.0×10^{19}
		平均すべり量 (cm)	134.3
セグメント2	第1アスペリティ	面積 (km ²)	93.7
		地震モーメント (N・m)	9.6×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	300.4
		応力降下量 (MPa)	12.7
	第2アスペリティ	面積 (km ²)	35.1
		地震モーメント (N・m)	2.2×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	183.9
		応力降下量 (MPa)	12.7
	背景領域	面積 (km ²)	303.0
		地震モーメント (N・m)	8.0×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	77.2
		実効応力 (MPa)	2.1

第5.6-5表 不確かさを考慮したケースの断層パラメータの設定根拠
(宍道断層による地震)

パラメータ		不確かさを考慮したケースの断層パラメータ設定根拠
巨視的パラメータ	震源断層の形状等	断層長さ 耐震設計上考慮する評価長さは、地質調査結果に基づき設定していることから、不確かさの考慮は行わない。
		断層幅 断層傾斜角の不確かさの考慮に伴い設定。(地震発生層を飽和する断層幅 15km)
		断層傾斜角 横ずれ断層ではあるが、レシピを参考に高角の傾斜角の範囲内で安全側に傾斜角 60 度(敷地側)に設定。
		地震発生層 敷地周辺の稠密余震観測等の多くの情報に基づき設定していることから、不確かさの考慮は行わない。
	地震モーメント	断層傾斜角(断層面積)の不確かさを考慮することに伴い設定。
微視的パラメータ	アスペリティ位置	基本震源モデルにおいて、既にアスペリティ位置を敷地近傍に設定。
	アスペリティの応力降下量、平均すべり量	アスペリティの応力降下量(短周期レベル)は、中国地方で発生する地震の知見 [*] を踏まえ、レシピの 1.25 倍を設定すれば十分と考えられるが、新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、念のため、レシピの 1.5 倍を設定。
	背景領域の実効応力、平均すべり量	背景領域の実効応力は、上記の不確かさの考慮に伴い設定。(レシピの 1.5 倍) アスペリティ及び背景領域の平均すべり量は、断層傾斜角(断層面積)の不確かさの考慮に伴い設定。
	すべり速度時間関数	(長周期)応力降下量等の他の断層パラメータの不確かさで間接的に考慮されることから、不確かさの考慮は行わない。
	高周波遮断特性	レシピよりも安全側の値を用いていることから、不確かさの考慮は行わない。
その他のパラメータ	破壊伝播速度	他の断層パラメータの不確かさを考慮した地震動の影響の方が大きいと判断し、不確かさの考慮は行わない。
	破壊開始点	基本震源モデルにおける設定以外で破壊の進行による敷地への影響が大きいと考えられる断層下端に破壊開始点を設定。
	破壊伝播様式	破壊開始点を断層下端又はアスペリティ下端に設定したケースを考慮しており、マルチハイポセンターの破壊等、他の伝播様式による地震動との違いは大きくないと判断し、不確かさの考慮は行わない。

* 佐藤(2008a)⁽⁵⁶⁾によると、中国地方の内陸地殻内地震の短周期レベルは平均以下であるという傾向がみられ、また佐藤(2008b)⁽⁵⁷⁾によると、短周期領域において逆断層による地震動は横ずれ断層の 1.2 倍~1.3 倍程度とされている。新潟県中越沖地震による知見は、短周期レベルが平均的なものよりおよそ 1.5 倍程度大きかったというものであるが、新潟県中越沖地震は逆断層であることから、逆断層と横ずれ断層の地震動の違いである 1.2 倍を考慮し、 $1.5/1.2=1.25$ 倍を短周期レベルの不確かさとして考慮すれば十分と考えられる。

第 5.6-6 表 不確かさを考慮したケースの断層パラメータの設定根拠
(F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2断層による地震)

パラメータ			不確かさを考慮したケースの断層パラメータ設定根拠
巨視的パラメータ	震源断層の形状等	断層長さ	耐震設計上考慮する評価長さは、地質調査結果に基づき連動を考慮して設定していることから、不確かさの考慮は行わない。
		断層幅	地震発生層上下限深さ及び断層傾斜角に基づき、地震発生層を飽和するように設定。
		断層傾斜角	基本震源モデルにおいて、既に安全側に傾斜角 60 度（敷地側）に設定。
		地震発生層	敷地周辺の稠密余震観測等の多くの情報に基づき設定していることから、不確かさの考慮は行わない。
	地震モーメント		断層傾斜角の設定に伴い、不確かさの考慮は行わない。
微視的パラメータ	アスペリティ位置		各セグメントでアスペリティ位置を敷地近傍に設定。
	アスペリティの応力降下量、平均すべり量		アスペリティの応力降下量（短周期レベル）は、中国地方で発生する地震の知見 [*] を踏まえ、レシピの 1.25 倍を設定すれば十分と考えられるが、新潟県中越沖地震の知見を踏まえ、念のため、レシピの 1.5 倍を設定。
	背景領域の実効応力、平均すべり量		背景領域の実効応力は、上記の不確かさの考慮に伴い設定。（レシピの 1.5 倍） アスペリティ及び背景領域の平均すべり量は、断層傾斜角の設定に伴い、不確かさの考慮は行わない。
	すべり速度時間関数		（長周期）応力降下量等の他の断層パラメータの不確かさで間接的に考慮されることから、不確かさの考慮は行わない。
	高周波遮断特性		レシピよりも安全側の値を用いていることから、不確かさの考慮は行わない。
その他のパラメータ	破壊伝播速度		他の断層パラメータの不確かさを考慮した地震動の影響の方が大きいと判断し、不確かさの考慮は行わない。
	破壊開始点		基本震源モデルにおける設定以外で破壊の進行による敷地への影響が大きいと考えられる断層下端に破壊開始点を設定。
	破壊伝播様式		破壊開始点を断層下端又はアスペリティ下端に設定したケースを考慮しており、マルチハイポセンターの破壊等、他の伝播様式による地震動との違いは大きくないと判断し、不確かさの考慮は行わない。

* 佐藤 (2008a)⁽⁵⁶⁾によると、中国地方の内陸地殻内地震の短周期レベルは平均以下であるという傾向がみられ、また佐藤 (2008b)⁽⁵⁷⁾によると、短周期領域において逆断層による地震動は横ずれ断層の 1.2 倍～1.3 倍程度とされている。新潟県中越沖地震による知見は、短周期レベルが平均的なものよりもおよそ 1.5 倍程度大きかったというものであるが、新潟県中越沖地震は逆断層であることから、逆断層と横ずれ断層の地震動の違いである 1.2 倍を考慮し、 $1.5/1.2=1.25$ 倍を短周期レベルの不確かさとして考慮すれば十分と考えられる。

第5.6-7表 「宍道断層による地震」の不確かさを考慮した地震動評価ケース

No.	評価ケース	断層長さ	断層傾斜角	断層幅	破壊開始点	アスペリティ位置	応力降下量
1	基本震源モデル	22km	90°	13km	アスペリティ下端	調査結果※	レシピ
2	破壊開始点の不確かさを考慮したケース	22km	90°	13km	断層下端	調査結果※	レシピ
3	断層傾斜角の不確かさを考慮したケース	22km	60°(敷地側)	15km	アスペリティ下端	調査結果※	レシピ
4	応力降下量の不確かさを考慮したケース	22km	90°	13km	アスペリティ下端	調査結果※ ×1.5	レシピ

■：不確かさを考慮した断層パラメータ。

※ アスペリティ位置は、地形調査結果より明瞭な屈曲が認められる位置を参考に設定。(結果的に敷地近傍の位置)

第5.6-8表 「F—III断層+F—IV断層+F_K—2断層による地震」の不確かさを考慮した地震動評価ケース

No.	評価ケース	断層長さ	断層傾斜角	断層幅	破壊開始点	アスペリティ位置	応力降下量
1	基本震源モデル	51.5km ^{*1}	60° (敷地側)	15km	アスペリティ 下端	調査結果 ^{*2}	レシピ
2	破壊開始点の不確かさを考慮したケース	51.5km ^{*1}	60° (敷地側)	15km	断層下端	調査結果 ^{*2}	レシピ
3	アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース	51.5km ^{*1}	60° (敷地側)	15km	アスペリティ 下端	各セグメントの 敷地近傍	レシピ
4	応力降下量の不確かさを考慮したケース	51.5km ^{*1}	60° (敷地側)	15km	アスペリティ 下端	調査結果 ^{*2}	レシピ ×1.5

■：不確かさを考慮した断層パラメータ。

*1 断層長さは、地質調査結果に基づき運動を考慮して設定。

*2 アスペリティ位置は、海上音波探査結果により後期更新世以降の活動が否定できないと評価している区間を参考に設定。(No. 3以外)

第5.6-9表(1) 「宍道断層による地震」の断層パラメータ
(破壊開始点の不確かさを考慮したケース)

項目		設定値
巨視的断層面	断層位置 (断層西端)	東経 (°) 北緯 (°)
		132.95 35.51
	走向 (°)	N82.0E
	断層上端深さ (km)	2.0
	断層長さ (km)	22.0
	断層幅 (km)	13.0
	断層面積 (km ²)	286.0
	断層傾斜角 (°)	90
	破壊伝播様式	放射状
	S波速度 (m/s)	3530
	破壊伝播速度 (m/s)	2500
	剛性率 (N/m ²)	3.4×10^{10}
	密度 (kg/m ³)	2700
	地震モーメント (N・m)	4.5×10^{18}
第1アスペリティ	短周期レベル (N・m/s ²)	8.7×10^{18}
	面積 (km ²)	31.3
	地震モーメント (N・m)	1.1×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	103.4
第2アスペリティ	応力降下量 (MPa)	15.1
	面積 (km ²)	11.7
	地震モーメント (N・m)	2.6×10^{17}
	平均すべり量 (cm)	65.4
背景領域	応力降下量 (MPa)	15.1
	面積 (km ²)	243.0
	地震モーメント (N・m)	3.1×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	37.5
	実効応力 (MPa)	3.0

第5.6-9表(2) 「宍道断層による地震」の断層パラメータ
(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)

項目		設定値
巨視的断層面	断層位置 (断層西端)	東経 (°) 北緯 (°)
		132.95 35.52
	走向 (°)	N82.0E
	断層上端深さ (km)	2.0
	断層長さ (km)	22.0
	断層幅 (km)	15.0
	断層面積 (km ²)	330.0
	断層傾斜角 (°)	60
	破壊伝播様式	放射状
	S波速度 (m/s)	3530
	破壊伝播速度 (m/s)	2500
	剛性率 (N/m ²)	3.4×10^{10}
	密度 (kg/m ³)	2700
	地震モーメント (N·m)	6.1×10^{18}
第1アスペリティ	短周期レベル (N·m/s ²)	9.7×10^{18}
	面積 (km ²)	40.3
	地震モーメント (N·m)	1.6×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	116.8
第2アスペリティ	応力降下量 (MPa)	14.8
	面積 (km ²)	15.1
	地震モーメント (N·m)	3.7×10^{17}
	平均すべり量 (cm)	72.1
背景領域	応力降下量 (MPa)	14.8
	面積 (km ²)	274.6
	地震モーメント (N·m)	4.1×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	43.9
	実効応力 (MPa)	2.8

第 5.6-9 表(3) 「宍道断層による地震」の断層パラメータ
(応力降下量の不確かさを考慮したケース)

項目		設定値
巨視的断層面	断層位置 (断層西端)	東経 (°) 北緯 (°)
		132.95 35.51
	走向 (°)	N82.0E
	断層上端深さ (km)	2.0
	断層長さ (km)	22.0
	断層幅 (km)	13.0
	断層面積 (km ²)	286.0
	断層傾斜角 (°)	90
	破壊伝播様式	放射状
	S 波速度 (m/s)	3530
第 1 アスペリティ	破壊伝播速度 (m/s)	2500
	剛性率 (N/m ²)	3.4×10^{10}
	密度 (kg/m ³)	2700
	地震モーメント (N・m)	4.5×10^{18}
第 2 アスペリティ	短周期レベル (N・m/s ²)	8.7×10^{18}
	面積 (km ²)	31.3
	地震モーメント (N・m)	1.1×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	103.4
背景領域	応力降下量 (MPa)	22.7
	面積 (km ²)	11.7
	地震モーメント (N・m)	2.6×10^{17}
	平均すべり量 (cm)	65.4
	応力降下量 (MPa)	22.7
	面積 (km ²)	243.0
	地震モーメント (N・m)	3.1×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	37.5
	実効応力 (MPa)	4.5

第 5.6-10 表(1) 「F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2 断層による地震」の
断層パラメータ（破壊開始点の不確かさを考慮したケース）
—その1—

項目			設定値	
巨視的断層面	断層位置	セグメント1 西端	東経 (°) 北緯 (°)	
			132.45 35.54	
	セグメント2 西端	東経 (°) 北緯 (°)	132.71 35.55	
	セグメント2 折れ点	東経 (°) 北緯 (°)	132.94 35.56	
	走向	セグメント1 (°)	N87.8E	
		セグメント2 (西) (°)	N87.8E	
		セグメント2 (東) (°)	N33.2E	
	断層上端深さ (km)			2.0
	断層長さ (km)			52.4*
	断層幅 (km)			15.0
	断層面積 (km ²)			786.1
	断層傾斜角 (°)			60
	破壊伝播様式			放射状
	S 波速度 (m/s)			3530
	破壊伝播速度 (m/s)			2500
	剛性率 (N/m ²)			3.4 × 10 ¹⁰
	密度 (kg/m ³)			2700
	地震モーメント (N·m)			3.4 × 10 ¹⁹
	短周期レベル (N·m/s ²)			1.7 × 10 ¹⁹

* モデル化の値。

つづく

第 5.6-10 表(2) 「F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2 断層による地震」の
断層パラメータ（破壊開始点の不確かさを考慮したケース）
—その2—

つづき

項目		設定値
セグメント1	セグメント全体	断層長さ (km) 面積 (km ²) 地震モーメント (N・m) 平均すべり量 (cm)
	アスペリティ	面積 (km ²) 地震モーメント (N・m) 平均すべり量 (cm) 応力降下量 (MPa)
	背景領域	面積 (km ²) 地震モーメント (N・m) 平均すべり量 (cm) 実効応力 (MPa)
	セグメント全体	断層長さ (km) 面積 (km ²) 地震モーメント (N・m) 平均すべり量 (cm)
	第1アスペリティ	面積 (km ²) 地震モーメント (N・m) 平均すべり量 (cm) 応力降下量 (MPa)
	第2アスペリティ	面積 (km ²) 地震モーメント (N・m) 平均すべり量 (cm) 応力降下量 (MPa)
	背景領域	面積 (km ²) 地震モーメント (N・m) 平均すべり量 (cm) 実効応力 (MPa)

第 5.6-10 表(3) 「F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2断層による地震」の
断層パラメータ（アスペリティ位置の不確かさを考慮した
ケース）－その1－

項目			設定値	
巨視的断層面	断層位置	セグメント1 西端	東経 (°) 北緯 (°)	
		セグメント2 西端	東経 (°) 北緯 (°)	
		セグメント2 折れ点	東経 (°) 北緯 (°)	
		セグメント1 (°)	N87.8E	
		セグメント2 (西) (°)	N87.8E	
	走向	セグメント2 (東) (°)	N33.2E	
		断層上端深さ (km)	2.0	
		断層長さ (km)	52.4*	
		断層幅 (km)	15.0	
		断層面積 (km ²)	786.1	
	断層傾斜角 (°)			60
	破壊伝播様式			放射状
	S波速度 (m/s)			3530
	破壊伝播速度 (m/s)			2500
	剛性率 (N/m ²)			3.4 × 10 ¹⁰
	密度 (kg/m ³)			2700
	地震モーメント (N·m)			3.4 × 10 ¹⁹
	短周期レベル (N·m/s ²)			1.7 × 10 ¹⁹

* モデル化の値。

つづく

第 5.6-10 表(4) 「F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2 断層による地震」の
断層パラメータ（アスペリティ位置の不確かさを考慮した
ケース）－その 2－

つづき

項目		設定値	
セグメント 1	セグメント全体	断層長さ (km)	23.6
		面積 (km ²)	354.3
		地震モーメント (N・m)	1.5×10^{19}
		平均すべり量 (cm)	121.7
	アスペリティ	面積 (km ²)	105.7
		地震モーメント (N・m)	8.7×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	243.3
		応力降下量 (MPa)	12.7
セグメント 2	背景領域	面積 (km ²)	248.7
		地震モーメント (N・m)	5.9×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	70.0
		実効応力 (MPa)	2.0
	セグメント全体	断層長さ (km)	28.8
		面積 (km ²)	431.8
		地震モーメント (N・m)	2.0×10^{19}
		平均すべり量 (cm)	134.3
セグメント 2	アスペリティ	面積 (km ²)	128.8
		地震モーメント (N・m)	1.2×10^{19}
		平均すべり量 (cm)	268.6
		応力降下量 (MPa)	12.7
	背景領域	面積 (km ²)	303.0
		地震モーメント (N・m)	8.0×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	77.2
		実効応力 (MPa)	2.0

第 5.6-10 表(5) 「F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2 断層による地震」の
断層パラメータ（応力降下量の不確かさを考慮したケース）
—その1—

項目			設定値
巨視的断層面	断層位置	セグメント1 西端	東経 (°) 北緯 (°)
		セグメント2 西端	東経 (°) 北緯 (°)
		セグメント2 折れ点	東経 (°)
			北緯 (°)
		セグメント1 (°)	N87.8E
	走向	セグメント2 (西) (°)	N87.8E
		セグメント2 (東) (°)	N33.2E
	断層上端深さ (km)		2.0
	断層長さ (km)		52.4*
	断層幅 (km)		15.0
	断層面積 (km ²)		786.1
	断層傾斜角 (°)		60
	破壊伝播様式		放射状
	S波速度 (m/s)		3530
	破壊伝播速度 (m/s)		2500
	剛性率 (N/m ²)		3.4×10^{10}
	密度 (kg/m ³)		2700
	地震モーメント (N·m)		3.4×10^{19}
	短周期レベル (N·m/s ²)		1.7×10^{19}

* モデル化の値。

つづく

第 5.6-10 表(6) 「F-III断層 + F-IV断層 + F_K-2 断層による地震」の
断層パラメータ（応力降下量の不確かさを考慮したケース）
-その2-

つづき

項目		設定値	
セグメント1	セグメント全体	断層長さ (km)	23.6
		面積 (km ²)	354.3
		地震モーメント (N・m)	1.5×10^{19}
		平均すべり量 (cm)	121.7
	アスペリティ	面積 (km ²)	105.7
		地震モーメント (N・m)	8.7×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	243.3
		応力降下量 (MPa)	19.1
セグメント2	背景領域	面積 (km ²)	248.7
		地震モーメント (N・m)	5.9×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	70.0
		実効応力 (MPa)	3.1
	セグメント全体	断層長さ (km)	28.8
		面積 (km ²)	431.8
		地震モーメント (N・m)	2.0×10^{19}
		平均すべり量 (cm)	134.3
セグメント2	第1アスペリティ	面積 (km ²)	93.7
		地震モーメント (N・m)	9.6×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	300.4
		応力降下量 (MPa)	19.1
	第2アスペリティ	面積 (km ²)	35.1
		地震モーメント (N・m)	2.2×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	183.9
		応力降下量 (MPa)	19.1
背景領域	背景領域	面積 (km ²)	303.0
		地震モーメント (N・m)	8.0×10^{18}
		平均すべり量 (cm)	77.2
		実効応力 (MPa)	3.2

第 5.6-11 表 設計用応答スペクトルのコントロールポイント

基準地震動 S s - 1 H

	コントロールポイント (減衰定数 h = 5 %)						
	A	B	C	D	E	F	G
周期 (秒)	0.020	0.046	0.100	0.210	0.560	2.000	5.000
S v (cm/s)	1.910	6.400	22.50	47.30	80.50	119.0	140.0

基準地震動 S s - 1 V

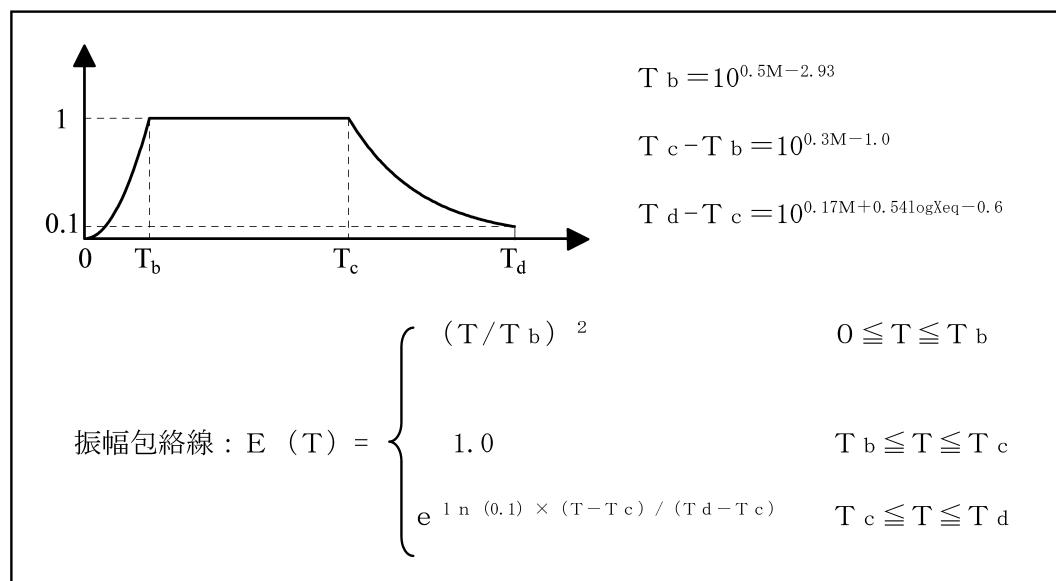
	コントロールポイント (減衰定数 h = 5 %)					
	A	B	C	D	E	F
周期 (秒)	0.020	0.046	0.100	0.290	2.000	5.000
S v (cm/s)	1.274	4.700	15.00	45.10	80.00	94.00

S v : 速度応答スペクトル値

第 5.6-12 表 設計用模擬地震波の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化

設計用 模擬地震波	マグニチュード M	等価震源距離 X_{eq} (km)	振幅包絡線の経時的変化 (秒) *		
			T_b	T_c	T_d
Ss-1H Ss-1V	7.6	67	7.4	26.5	74.1

* Noda et al. (2002)⁽³⁶⁾による振幅包絡線の経時的変化



第 5.6-13 表 設計用模擬地震波の作成結果

設計用 模擬地震波	作成条件	作成結果			
	応答スペクトル	最大 加速度 (cm/s ²)	応答スペクトル比	継続時間	S I 比*
S s - 1 H	第 5.6-17 図(1)	600	第 5.6-22 図	第 5.6-12 表	1.00
S s - 1 V	第 5.6-17 図(2)	400	第 5.6-22 図	第 5.6-12 表	1.00

* S I 比の算定式

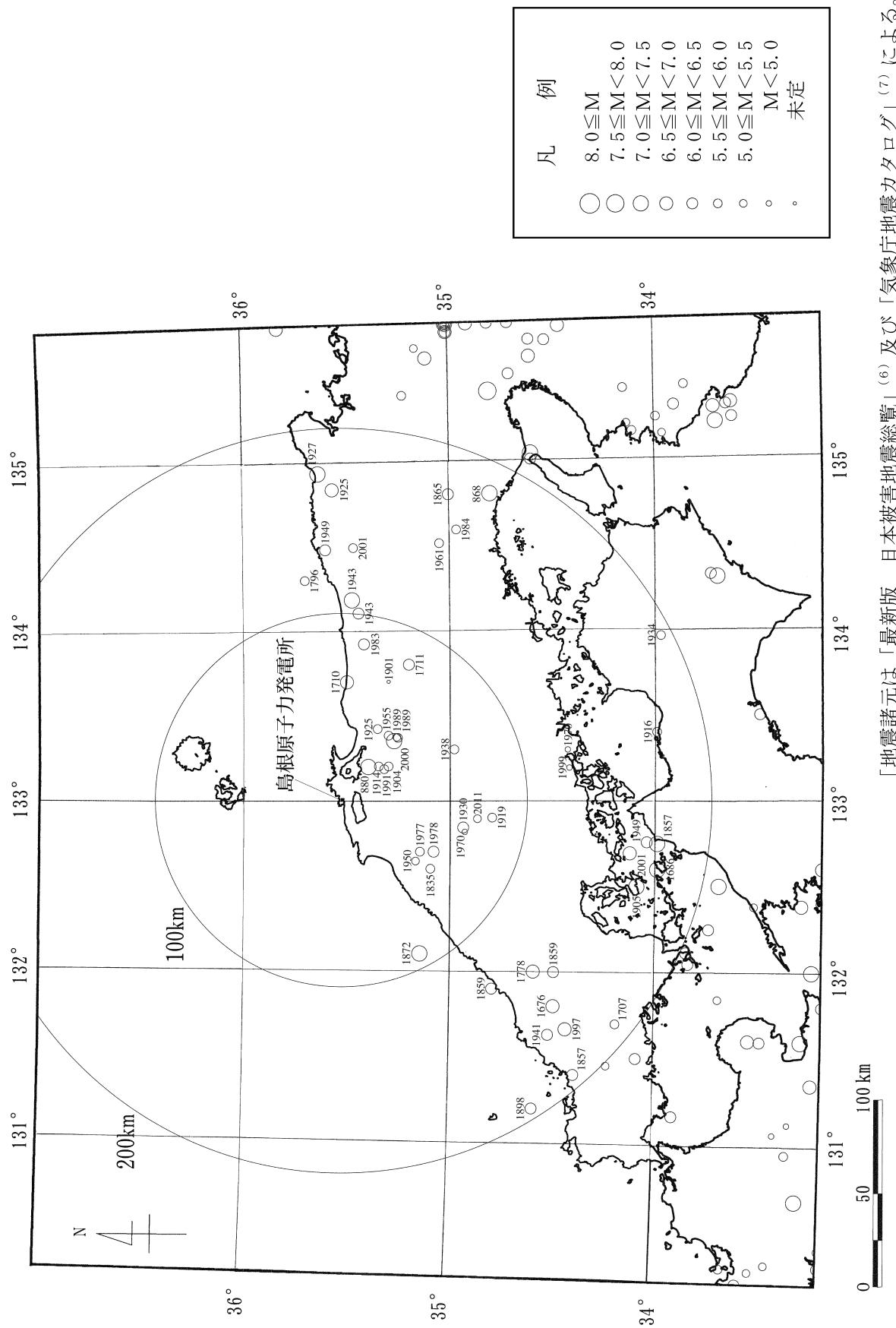
$$S I \text{ 比} : \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dT}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dT}$$

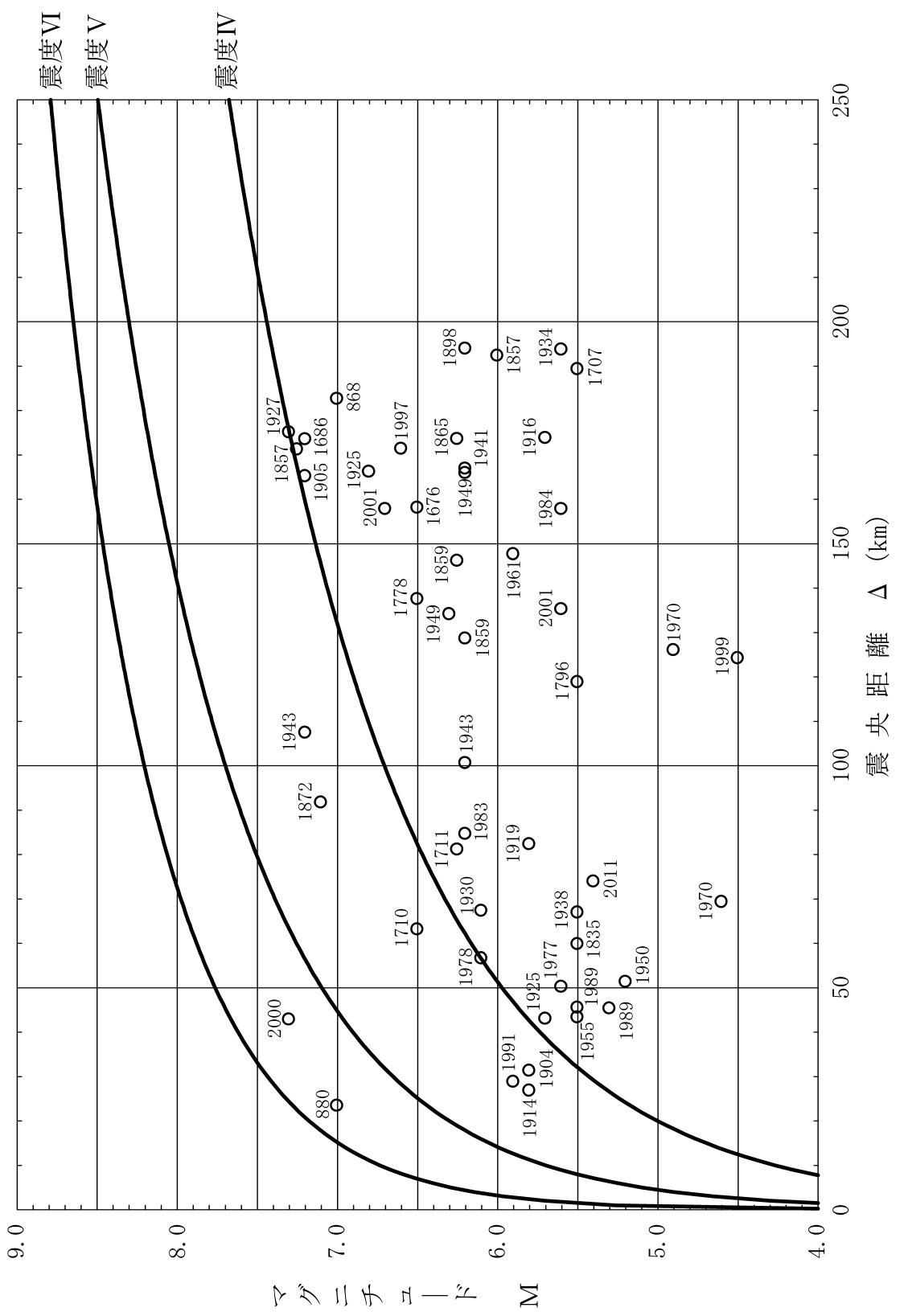
ここで, S I : 応答スペクトルの強さ (減衰定数 h = 5 %)

$S_v(T)$: 設計用模擬地震波の速度応答スペクトル (cm/s)

$\bar{S}_v(T)$: 目標とする設計用速度応答スペクトル (cm/s)

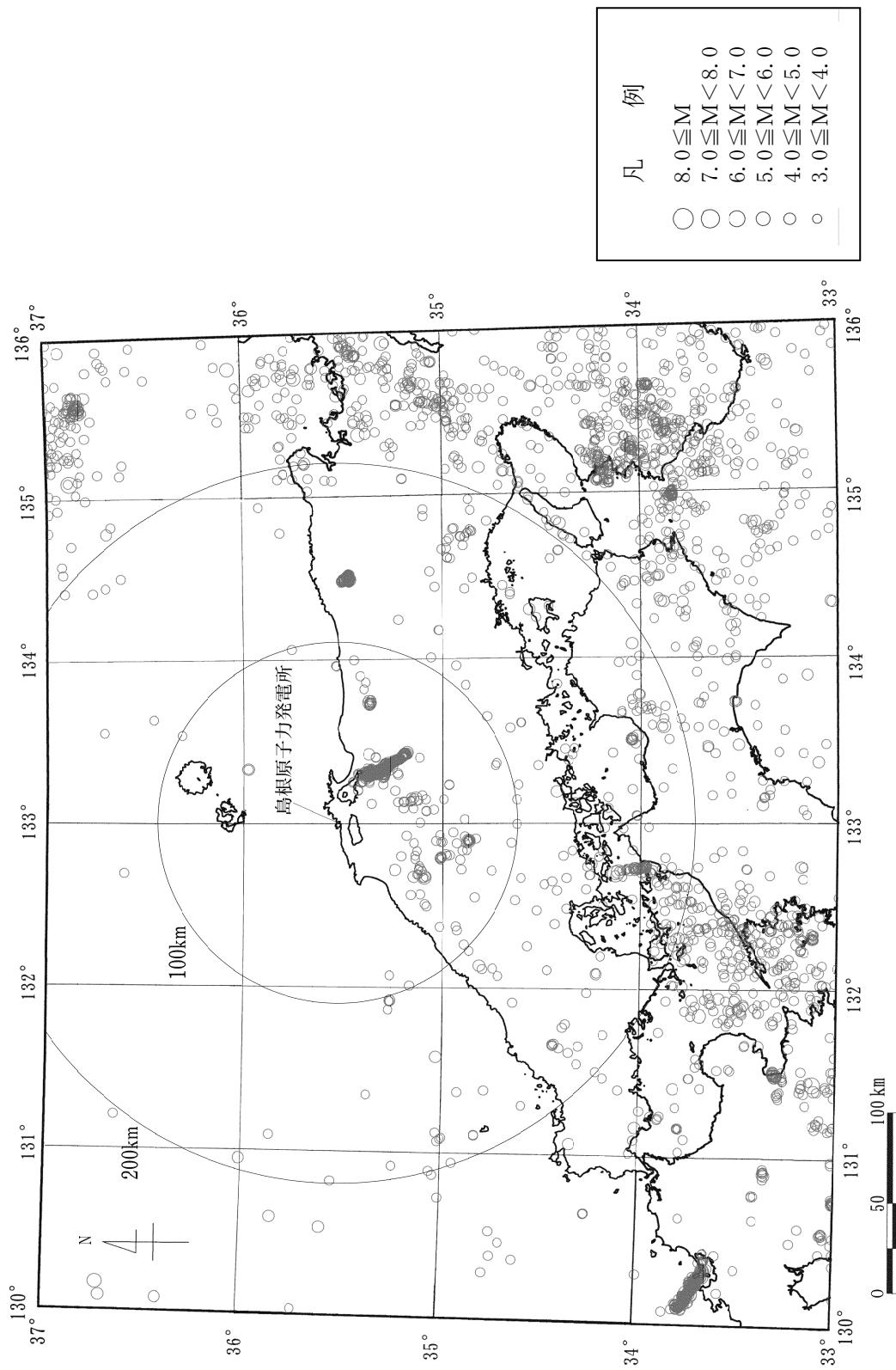
T : 固有周期 (秒)





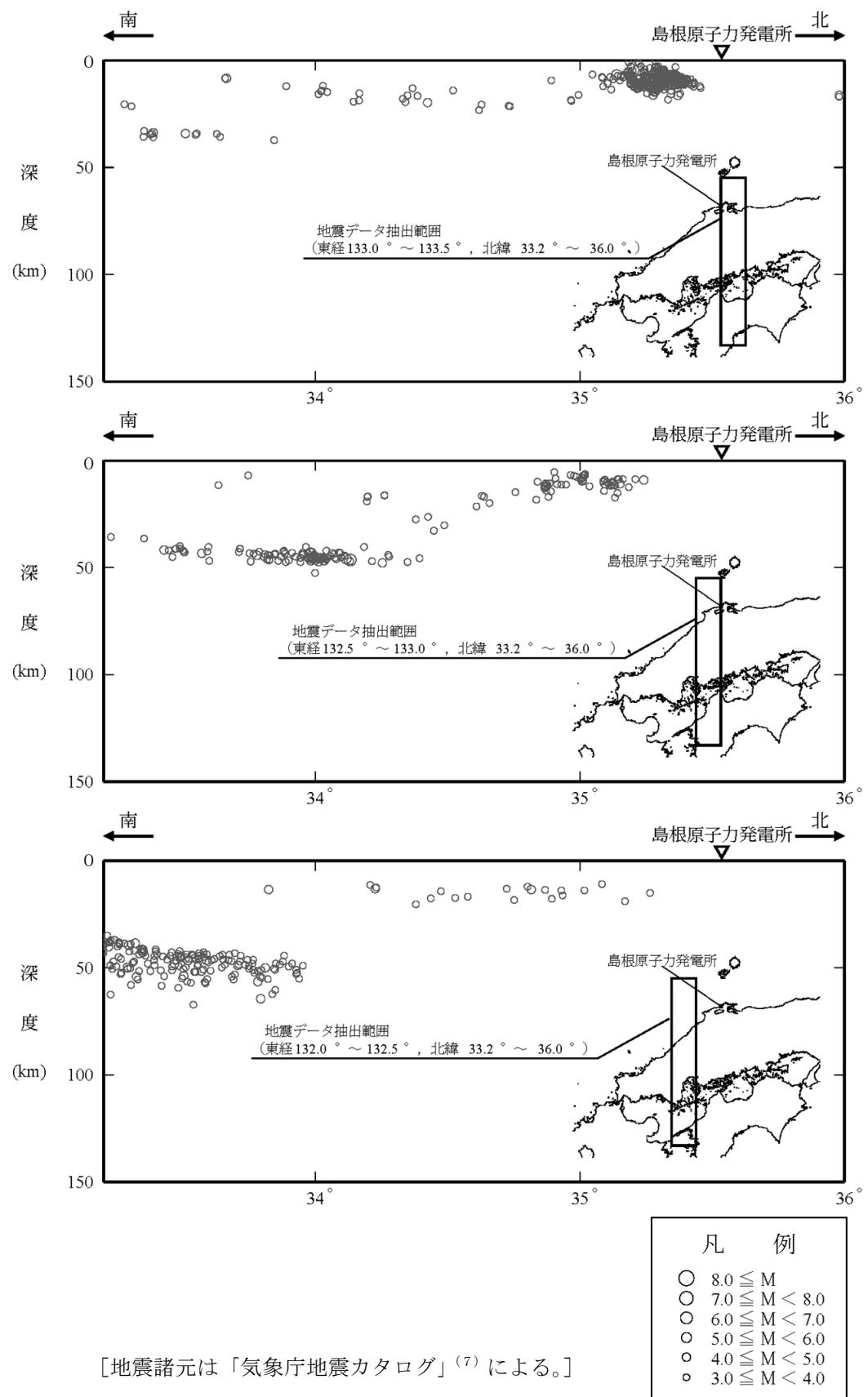
地震諸元は「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾ 及び「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による。
IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松（1969）⁽¹¹⁾ 及び勝又・徳永（1971）⁽¹²⁾ による。]

第 5.2-2 図 敷地周辺における被害地震のMと震央距離の関係

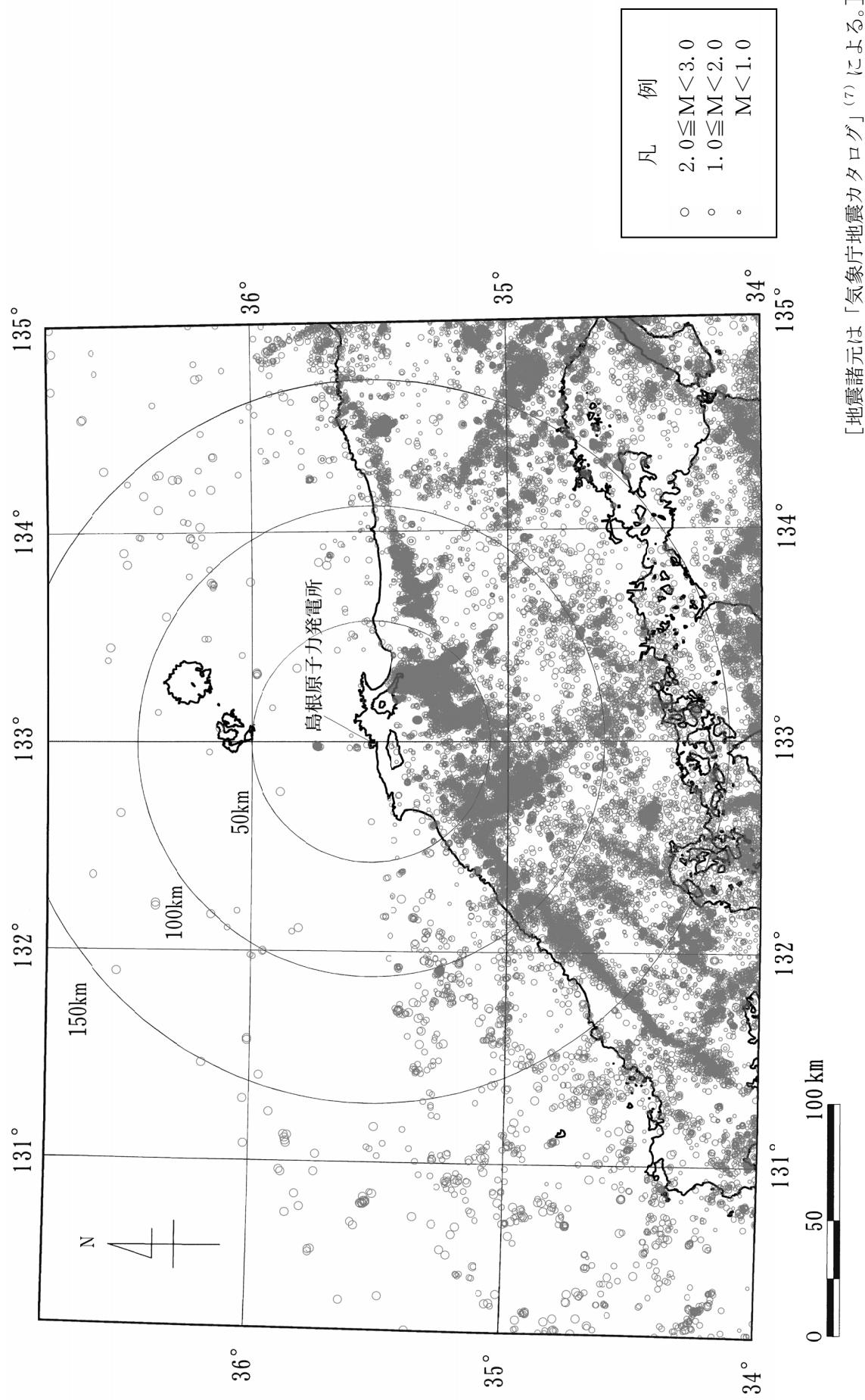


〔地震諸元〕は「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による。】

第5.2-3図 敷地周辺における地震（M≥3）の震央分布（1997年10月～2012年12月）

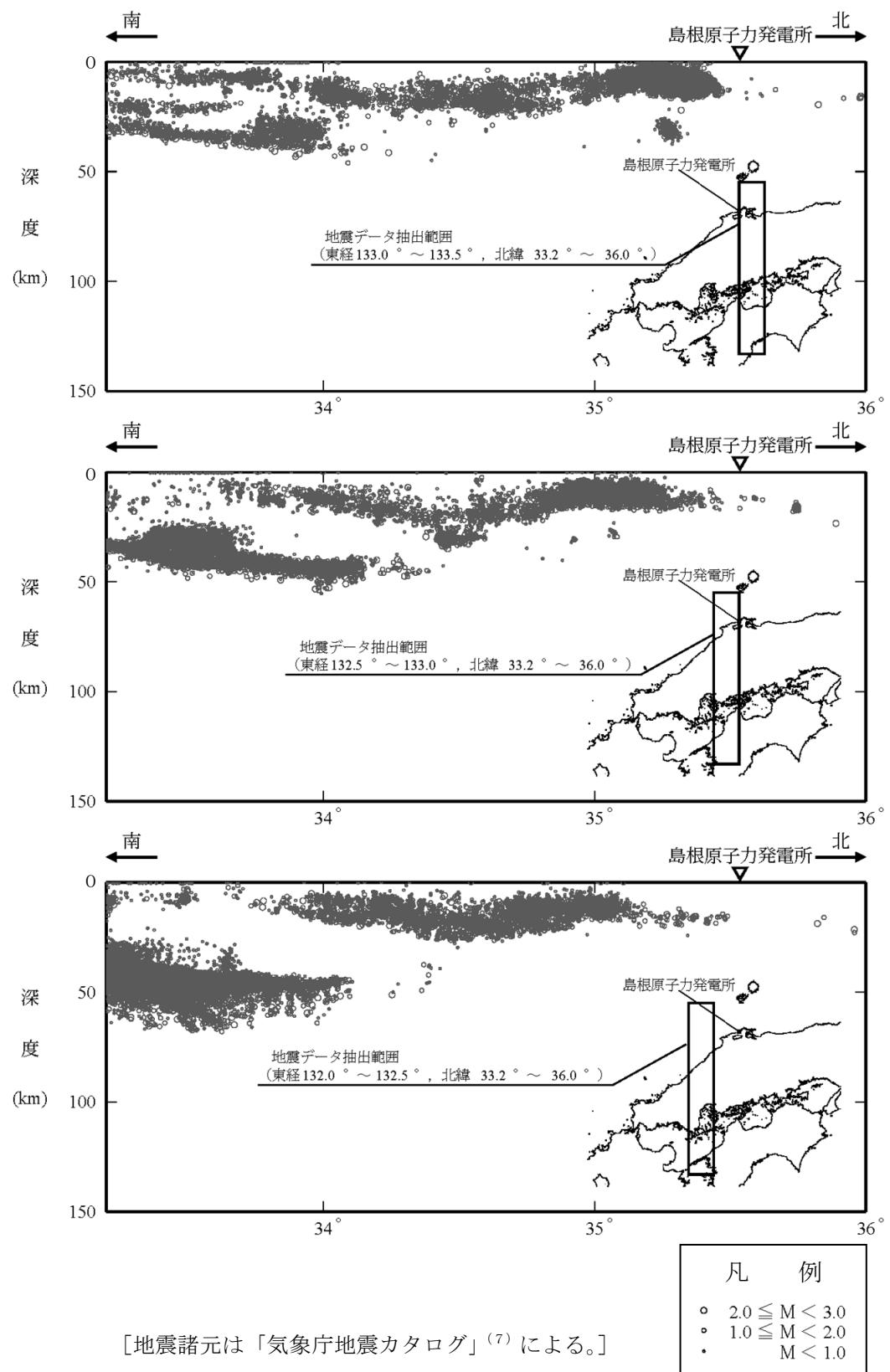


第 5.2-4 図 敷地周辺における地震 ($M \geq 3$) の震源鉛直分布
(1997 年 10 月～2012 年 12 月)

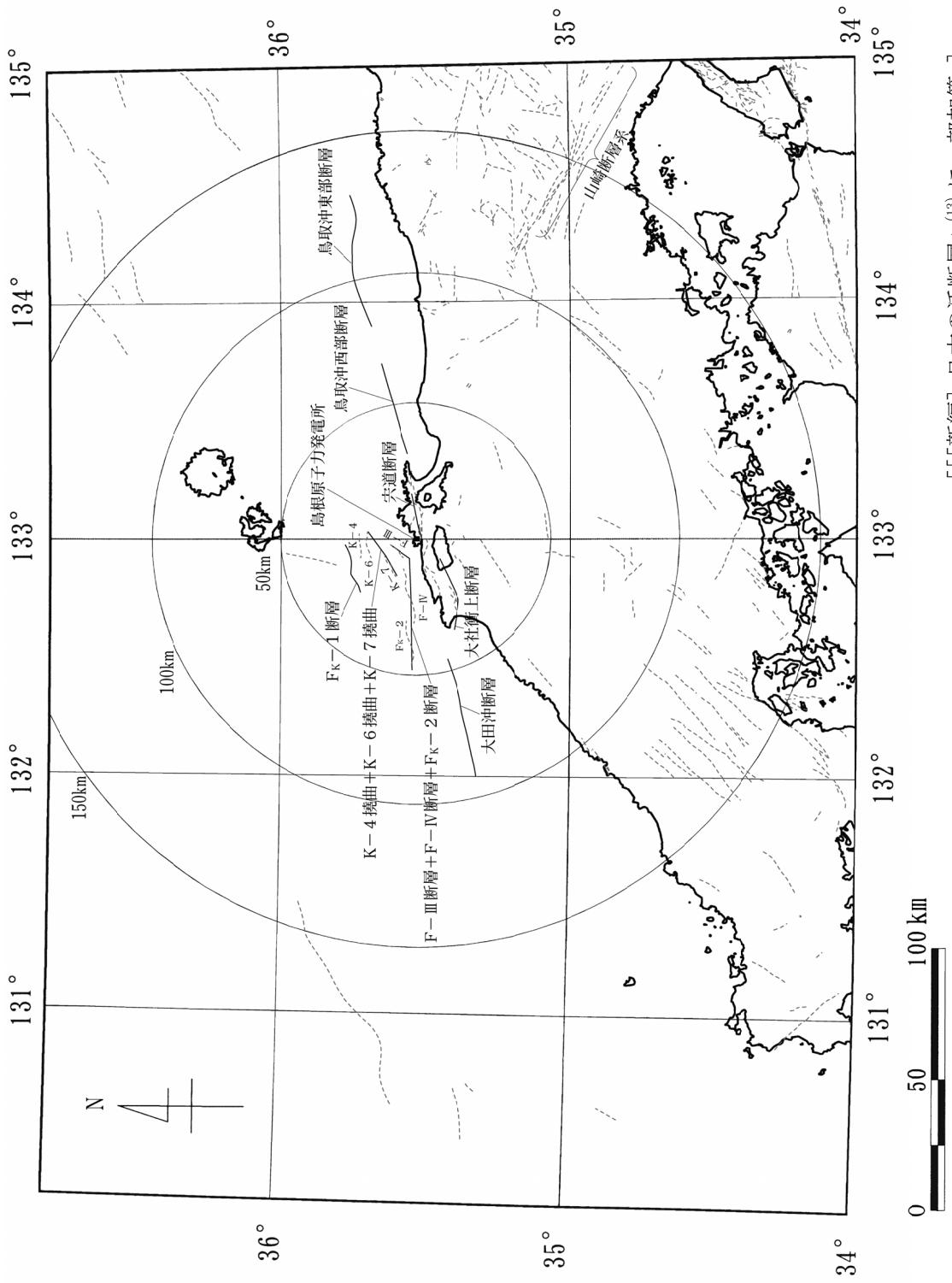


[地震諸元は「気象庁地震カタログ」(7)による。]

第5.2-5図 敷地周辺における地震 ($M < 3$) の震央分布 (1997年10月～2012年12月)

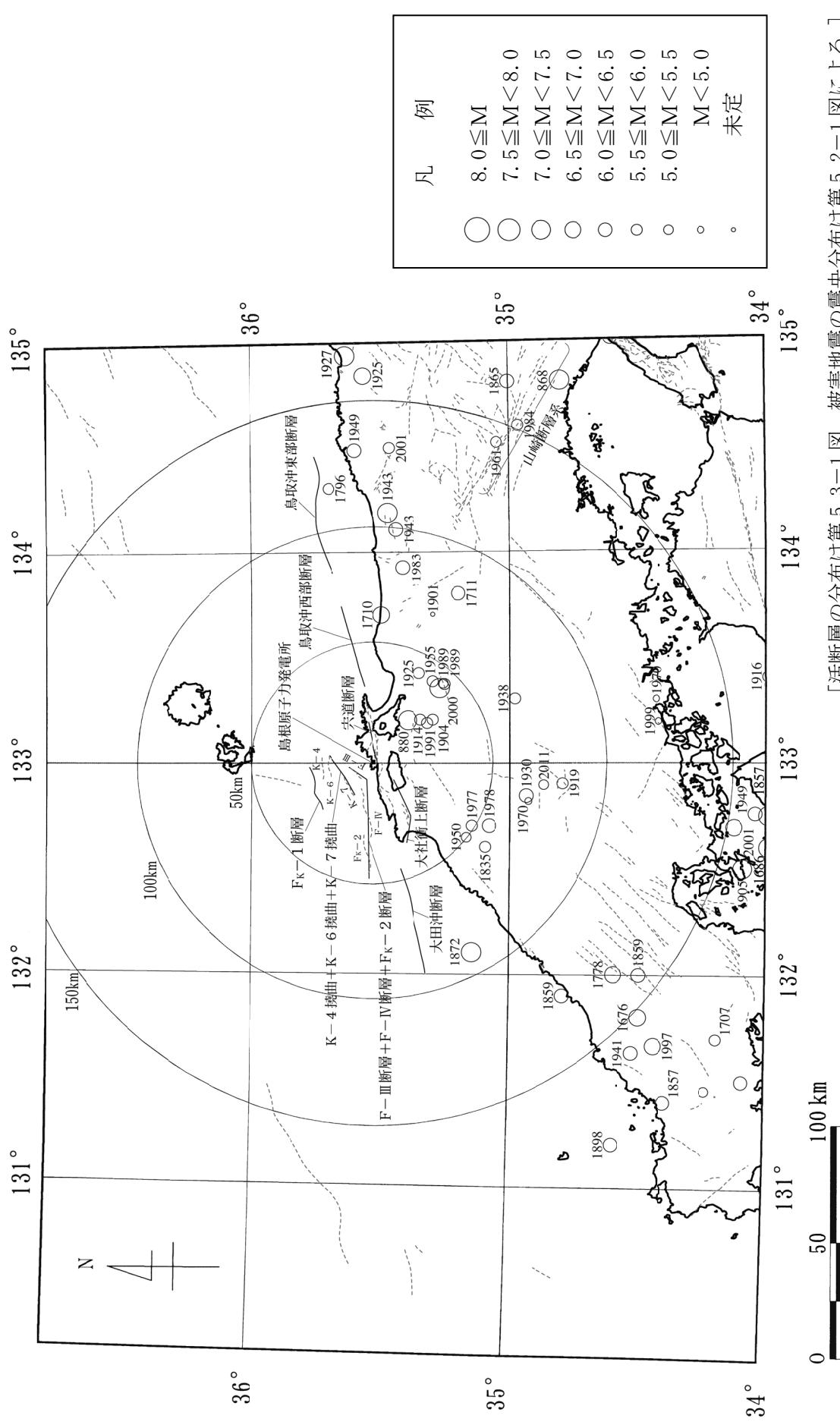


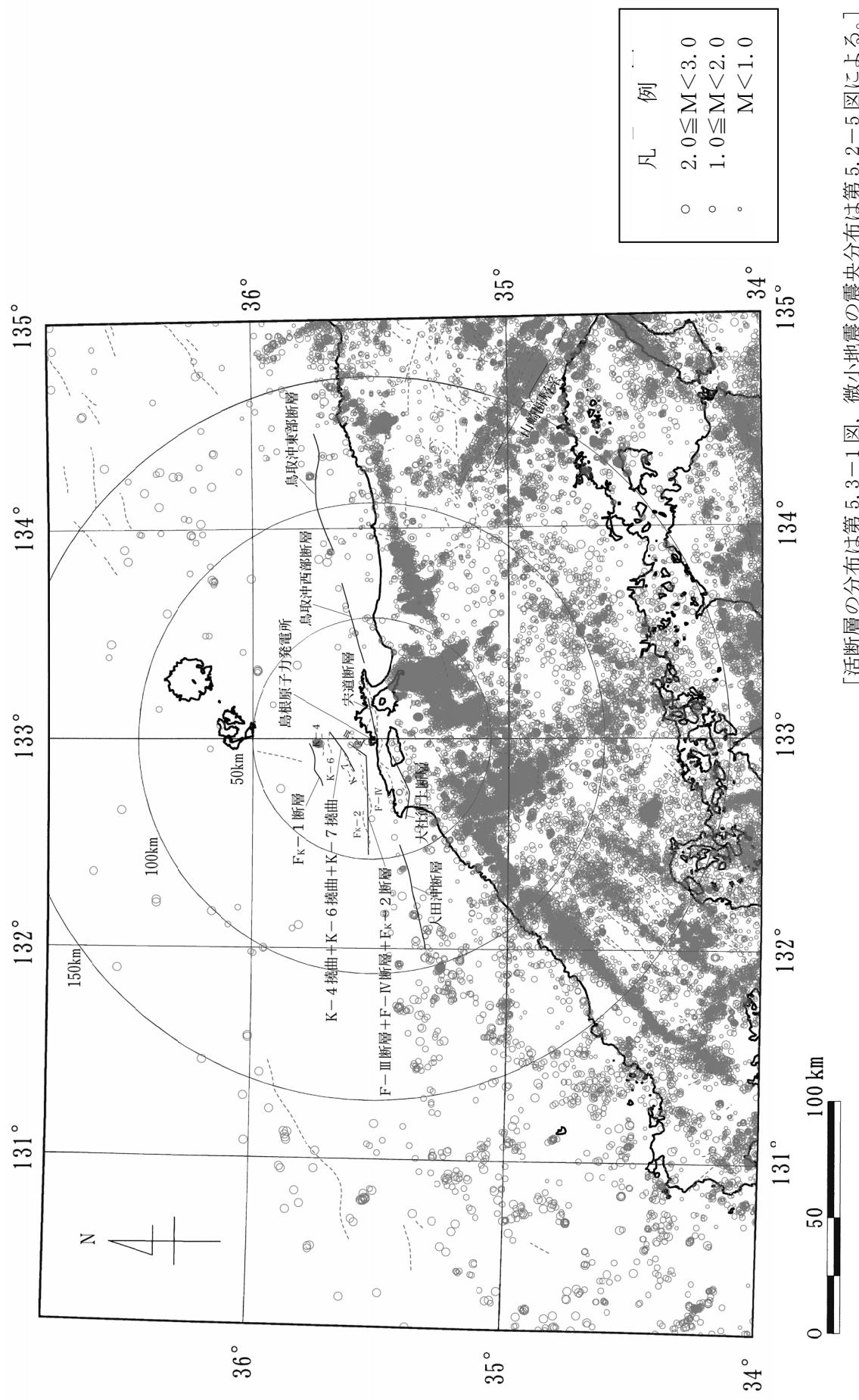
第 5.2-6 図 敷地周辺における地震 ($M < 3$) の震源鉛直分布
(1997 年 10 月～2012 年 12 月)



〔〔新編〕日本の活断層〕⁽¹³⁾ 〔一部加筆。〕

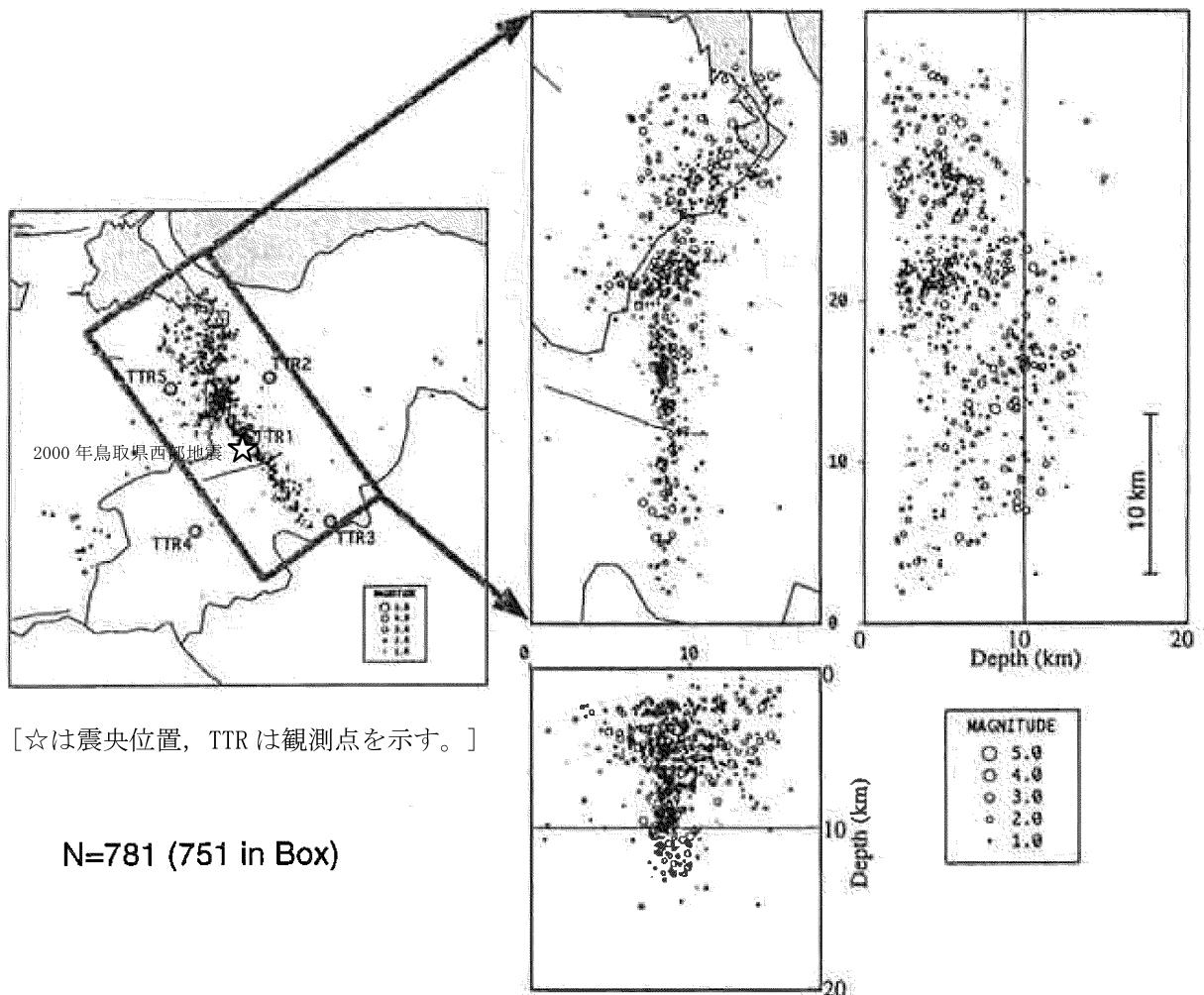
第5.3-1図 勢地周辺における活断層の分布





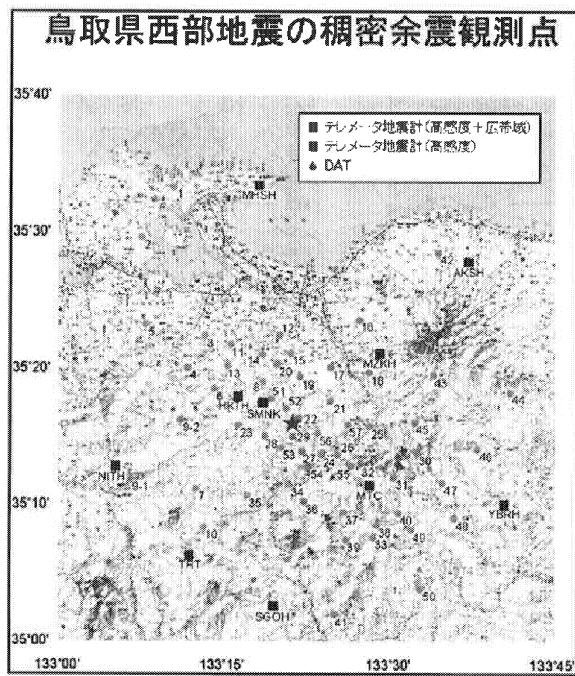
[活断層の分布は第5.3-1図、微小地震の震央分布は第5.2-5図による。]

第5.4-2図 敷地周辺における活断層の分布と微小地震の震央分布



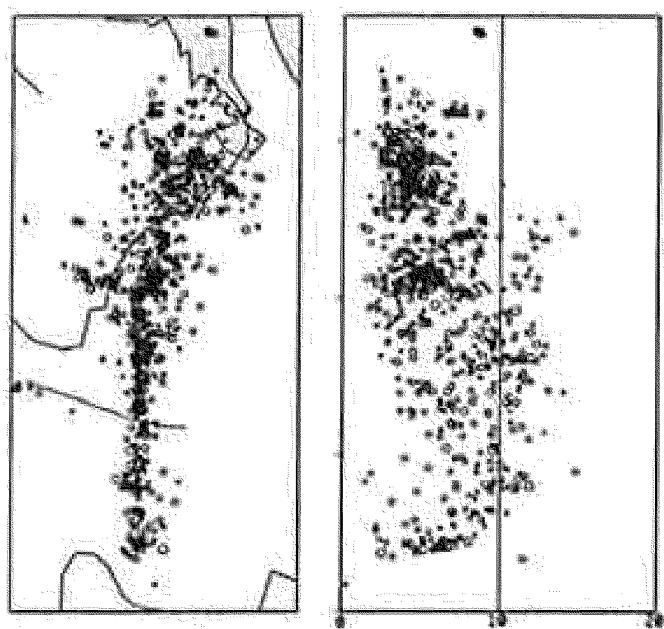
[片尾・吉井 (2002)⁽¹⁵⁾に一部加筆。]

第 5.4-3 図 京都大学緊急余震観測の観測点、震央分布及び震源鉛直分布



[京都大学防災研究所附属 地震予知研究センターHP⁽⁵⁸⁾による。]

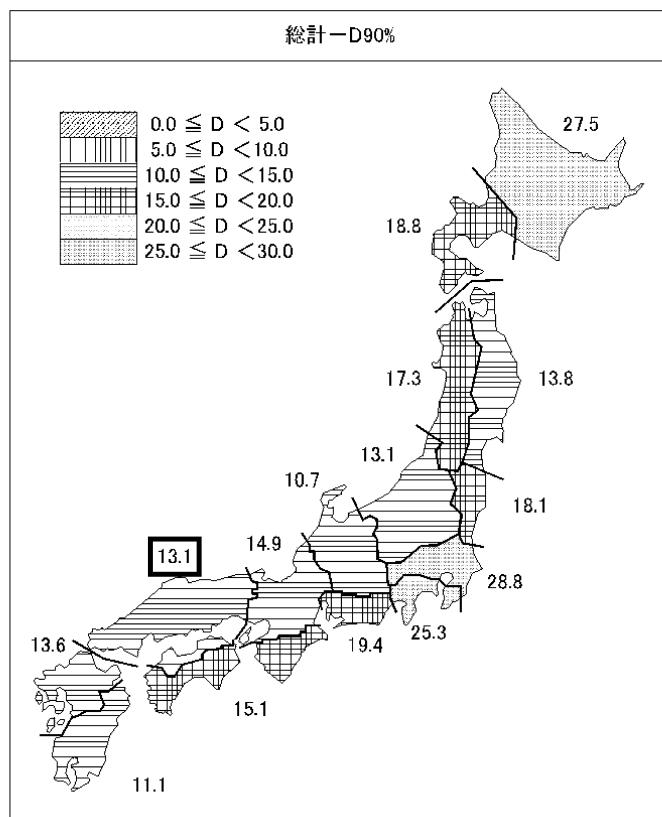
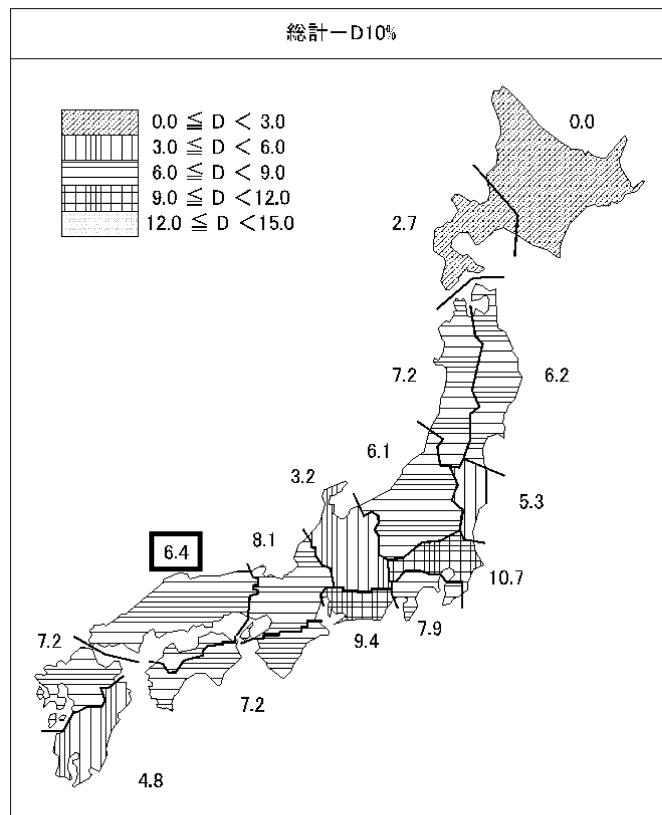
(a) 観測点



[片尾・吉井 (2002)⁽¹⁵⁾による。]

(b) 震央分布及び震源鉛直分布

第 5.4-4 図 合同稠密余震観測の観測点、震央分布及び震源鉛直分布



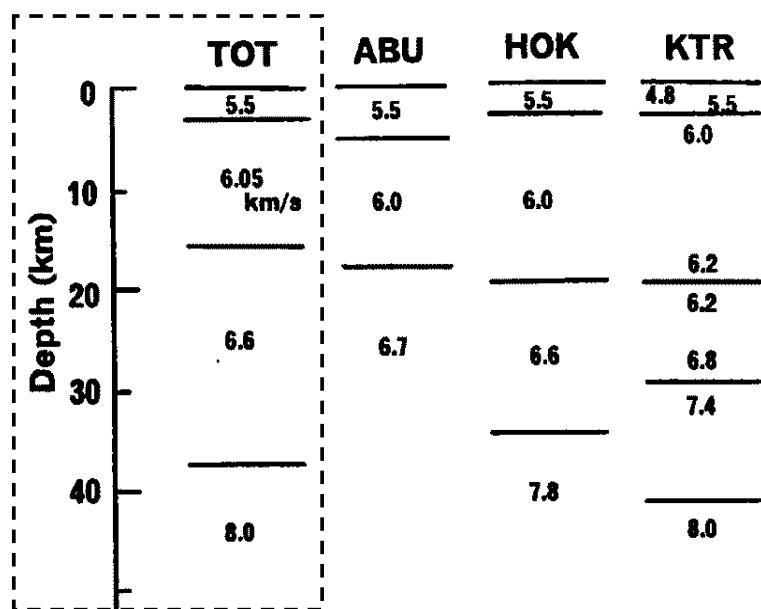
[原子力安全基盤機構（2004）⁽¹⁶⁾に一部加筆。]

第5.4-5図 原子力安全基盤機構（2004）⁽¹⁶⁾によるD10及びD90算定結果

Top depth of the layer (km)	V_p (km/s)	V_s (km/s)	ρ (g/cm ³)	Q_p	Q_s
0	5.5	3.18	2.6	400	200
2.	6.1	3.53	2.7	550	270
16.	6.7	3.87	2.8	800	400
38.	7.8	4.51	3.1	1000	500

[岩田・関口 (2002)⁽¹⁷⁾ による。]

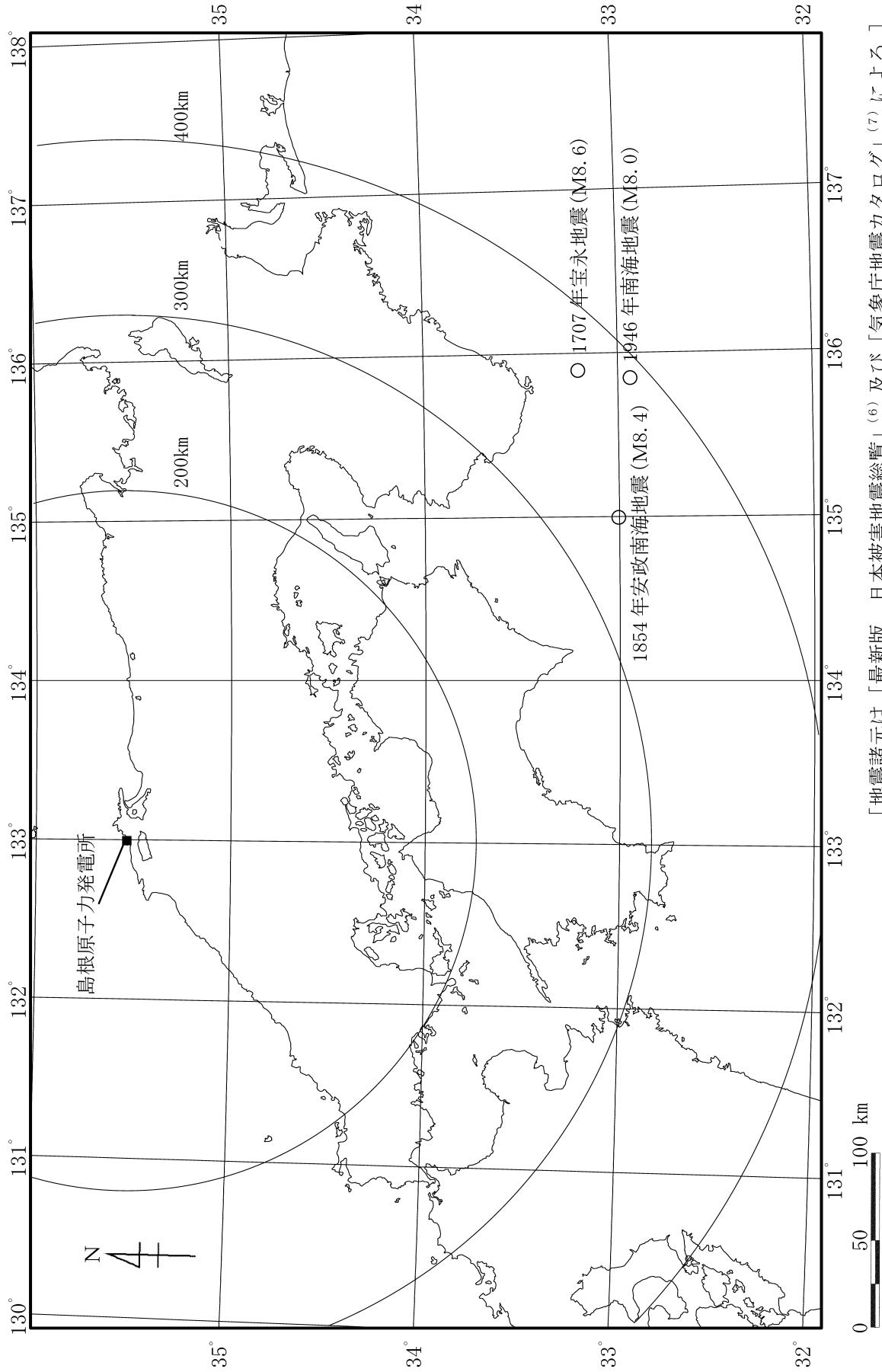
(a) 岩田・関口 (2002)⁽¹⁷⁾ による速度構造



[伊藤ほか (1995)⁽¹⁸⁾ に一部加筆。]

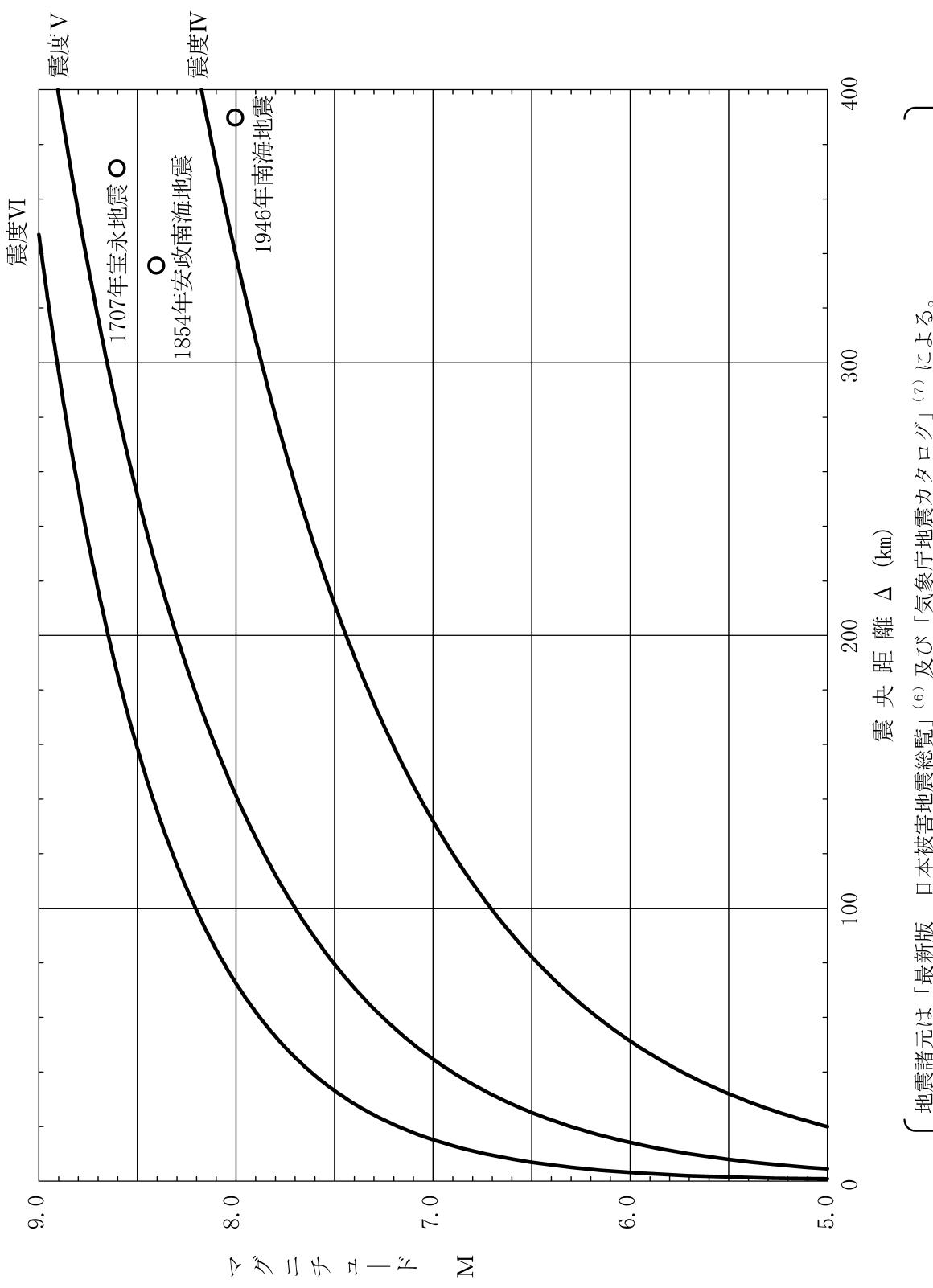
(b) 伊藤ほか (1995)⁽¹⁸⁾ による P 波速度構造

第 5.4-6 図 岩田・関口 (2002)⁽¹⁷⁾ 及び伊藤ほか (1995)⁽¹⁸⁾ による速度構造



〔地震諸元〕は「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾ 及び「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による。】

第5.4-7図 ブレート間地震の震央分布

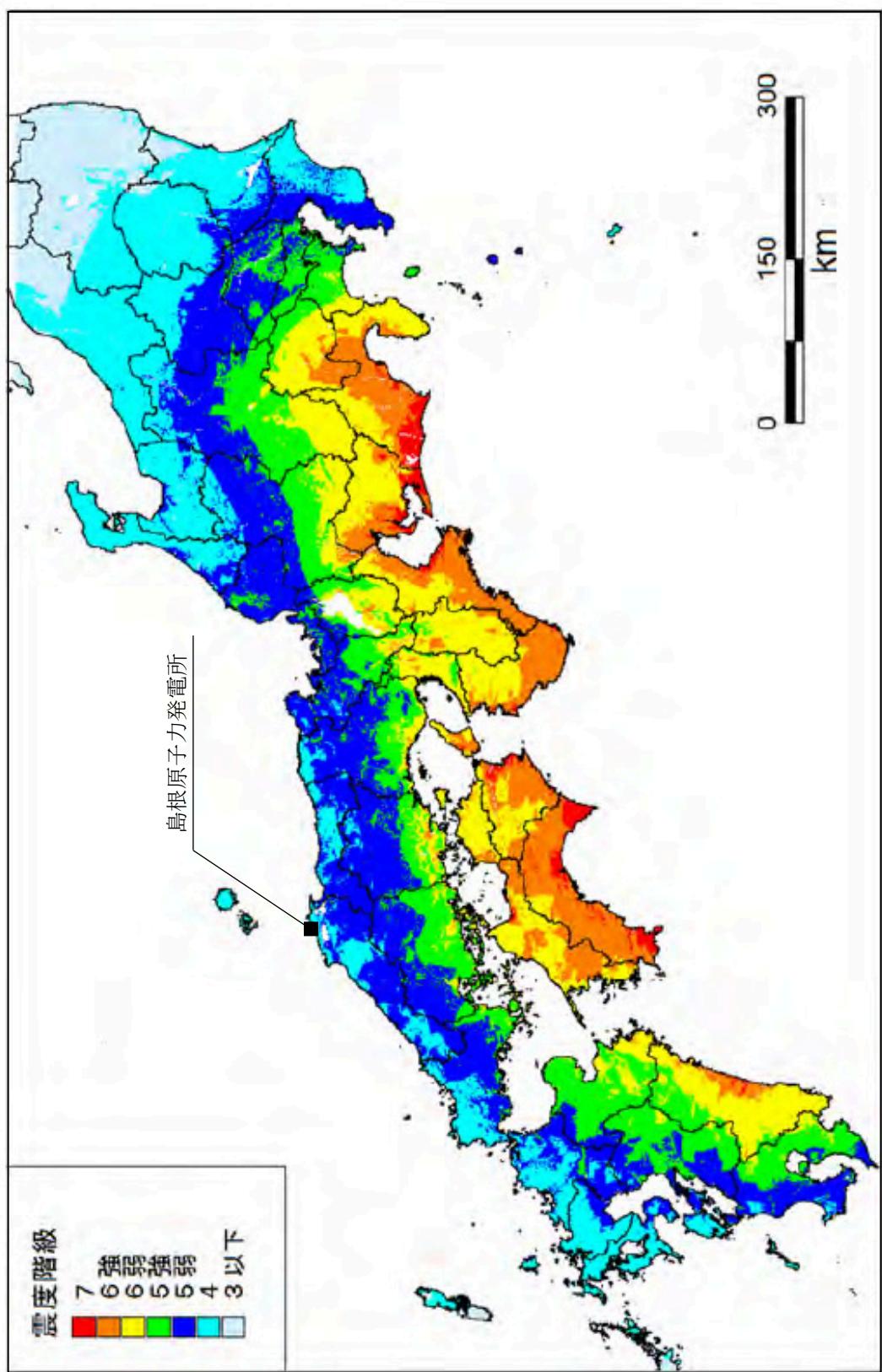


地震諸元は「最新版 日本被害地震総覧」⁽⁶⁾ 及び「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による。
 IV, V, VIは旧気象庁震度階級で、震度の境界線は村松(1969)⁽¹¹⁾ 及び勝又・徳永(1971)⁽¹²⁾による。]

第5.4-8 図 プレート間地震のMと震央距離の関係

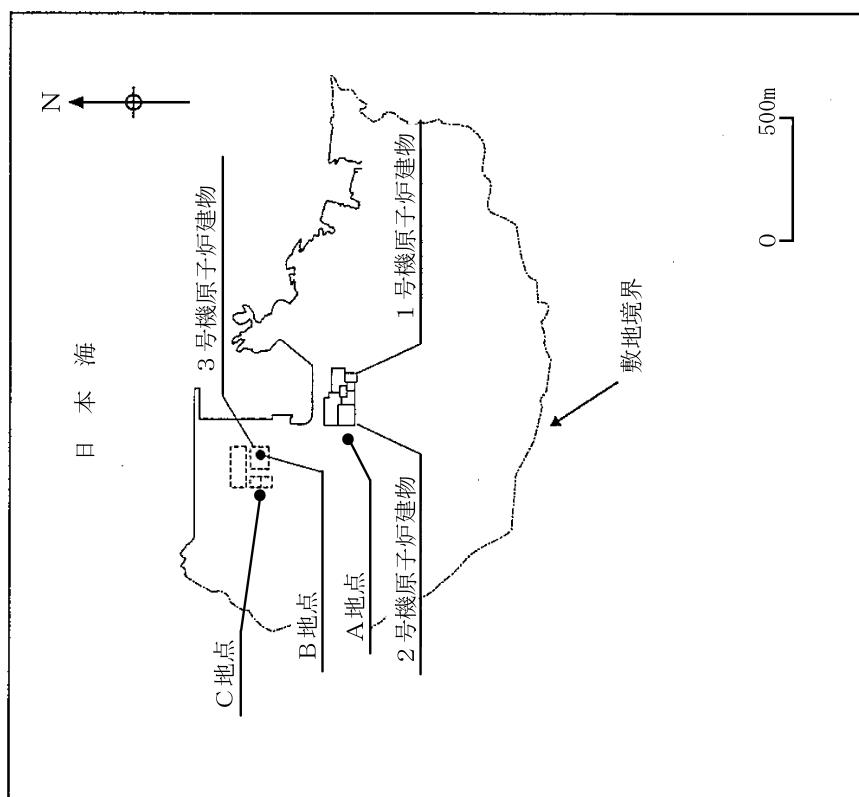
第5.4-9図 南海トラフの巨大地震モデル検討会における震度の最大値分布

[「内閣府」(2012) ⁽²⁶⁾ に一部加筆。]



第5.5-1 図 地震観測点

(a) 配置図

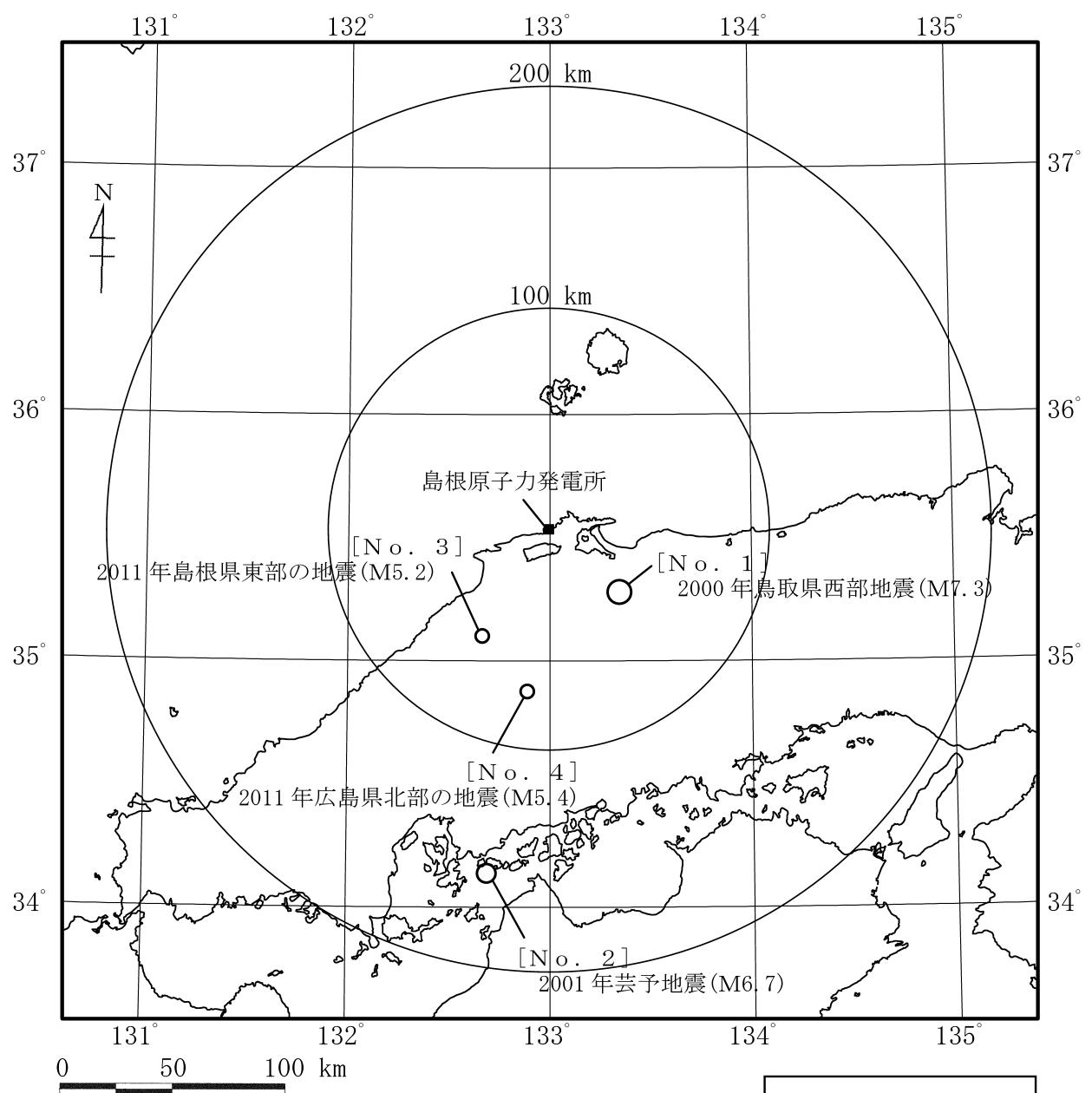


(b) 地震計の設置位置

観測点	A地点	B地点	C地点
	G. L. +15m G. L. +10m G. L. +5m	G. L. +46m G. L. +8m G. L. +5m	

地震計設置位置
(数値は標高を表す。)

○ : 地震計の設置位置



凡例

- $7.0 \leq M$
- $6.0 \leq M < 7.0$
- $5.0 \leq M < 6.0$

[地震諸元は「気象庁地震カタログ」⁽⁷⁾による。]

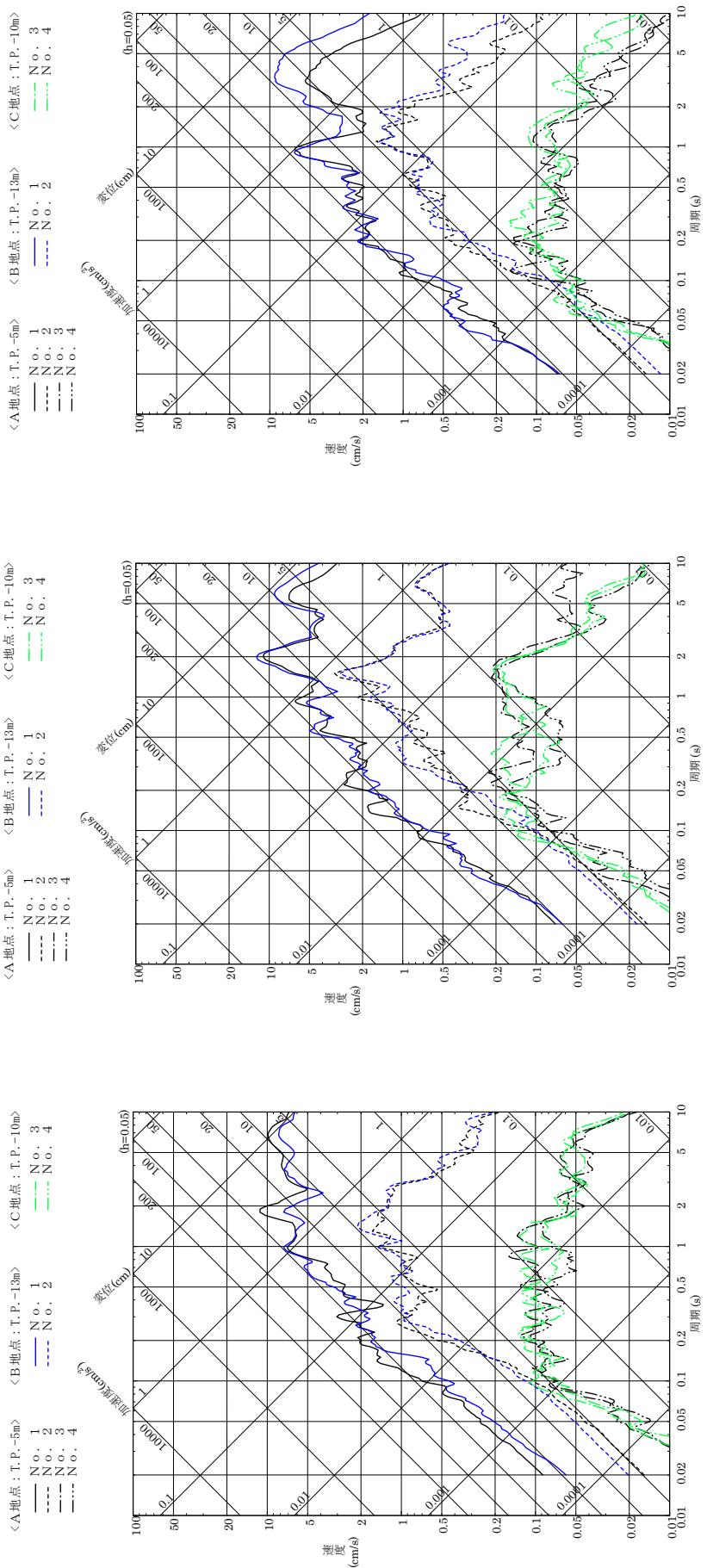
第 5.5-2 図 主な観測地震の震央分布

第5.5—3 図 主な観測地震の応答スペクトル

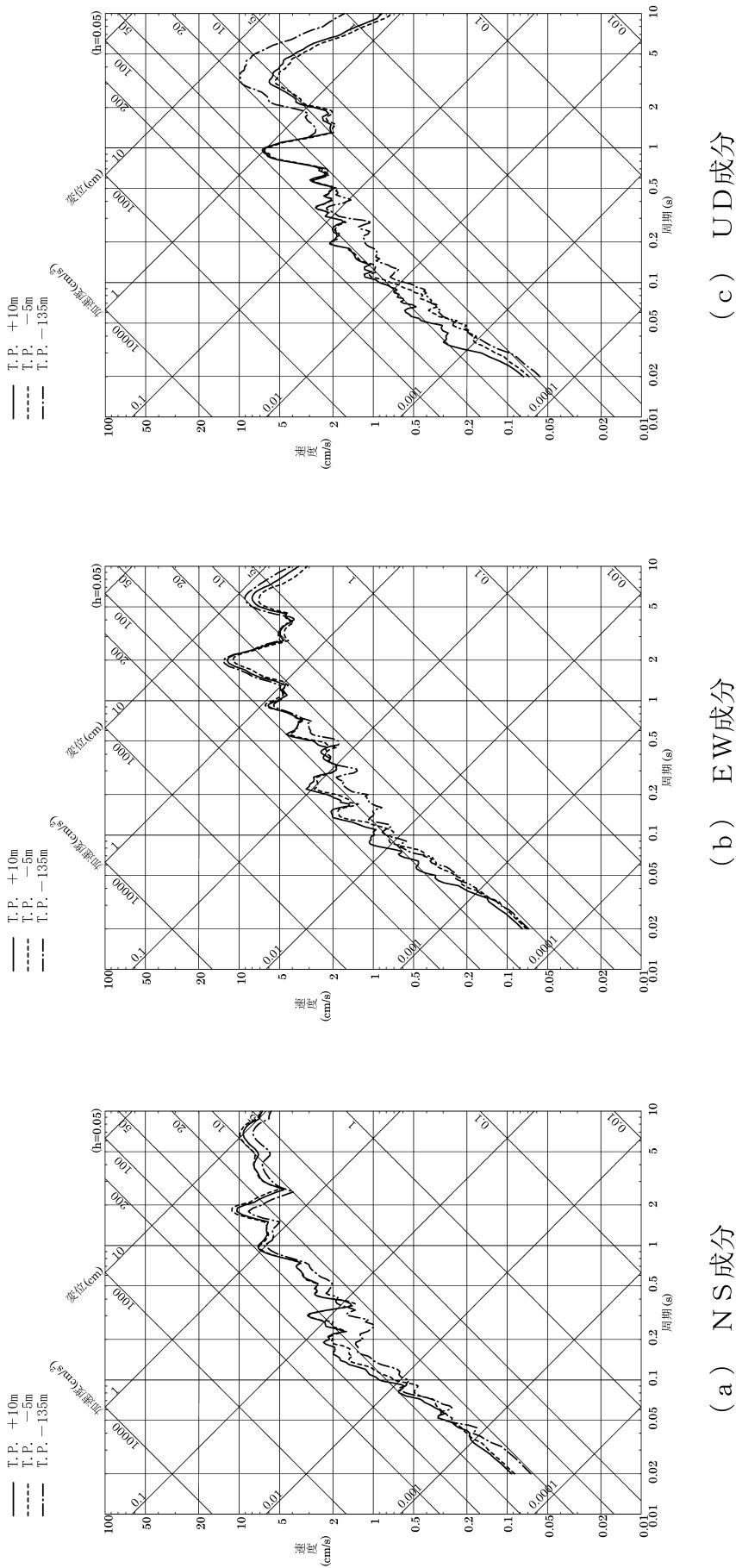


<主な観測地震>

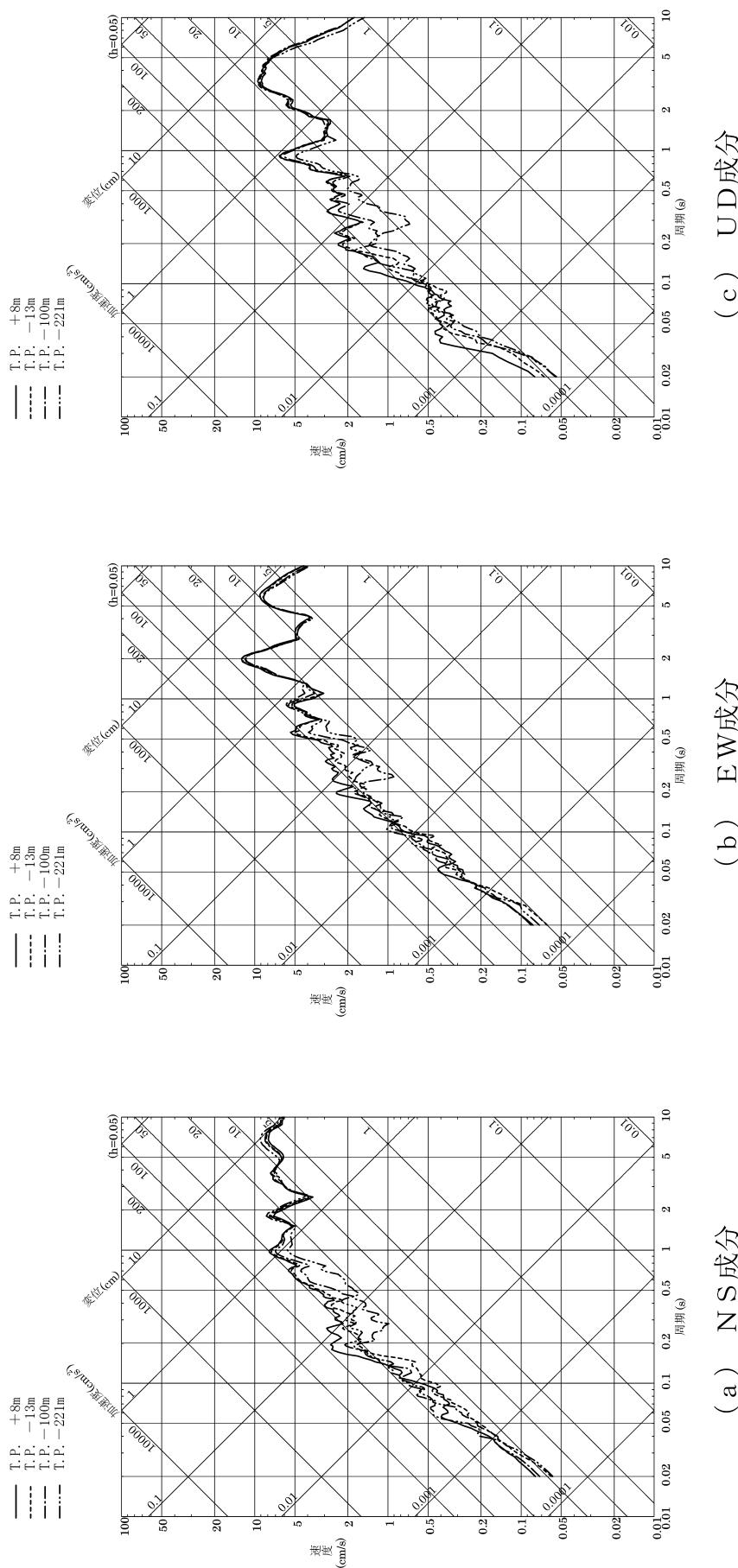
N o. 1 : 2000年鳥取県西部地震 (M7.3)	N o. 3 : 2011年島根県東部の地震 (M5.2)
N o. 2 : 2001年芸予地震 (M6.7)	N o. 4 : 2011年広島県北部の地震 (M5.4)

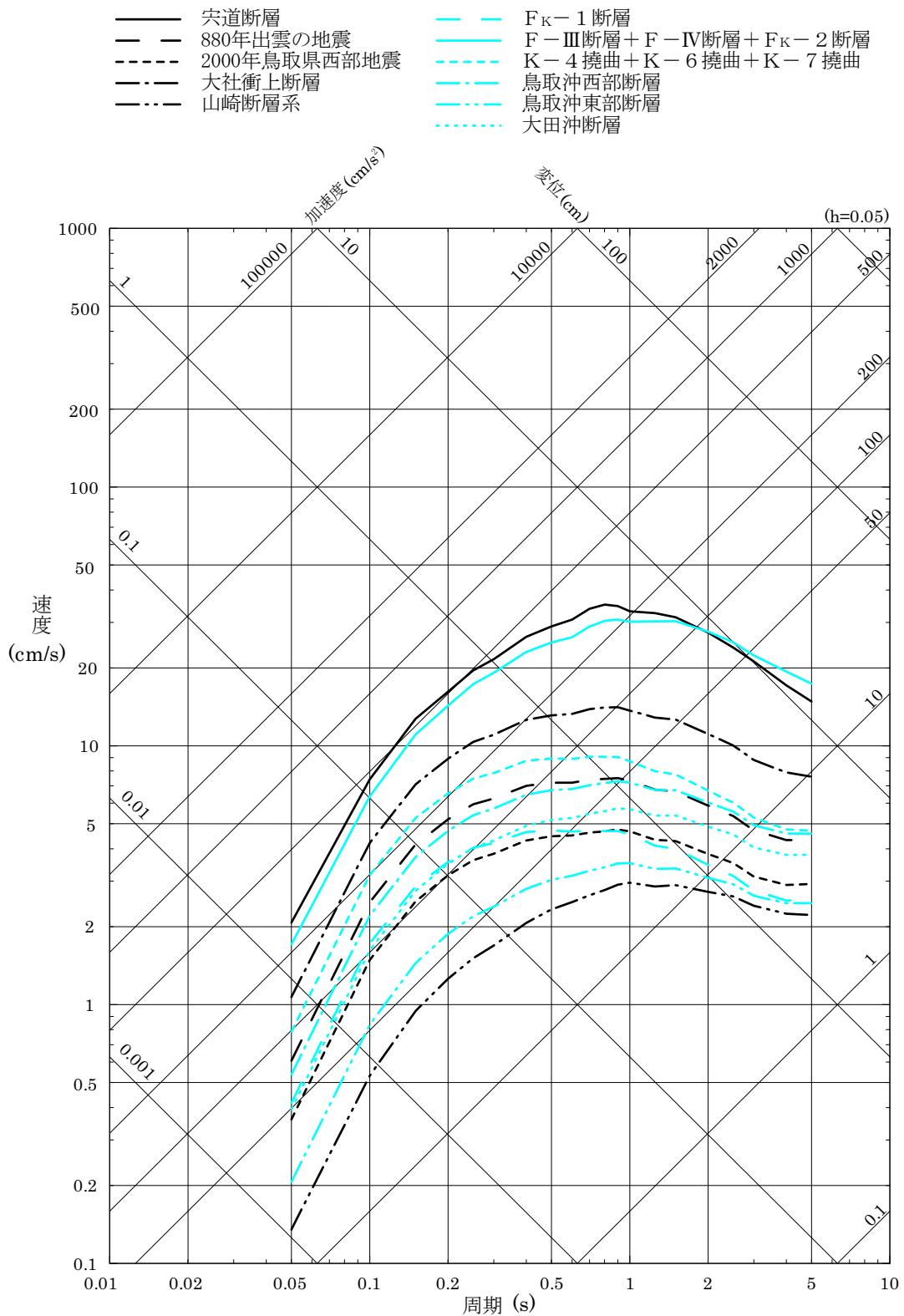


第5.5-4図(1) 深度別応答スペクトル (2000年鳥取県西部地震(M7.3), 観測点: A地点)



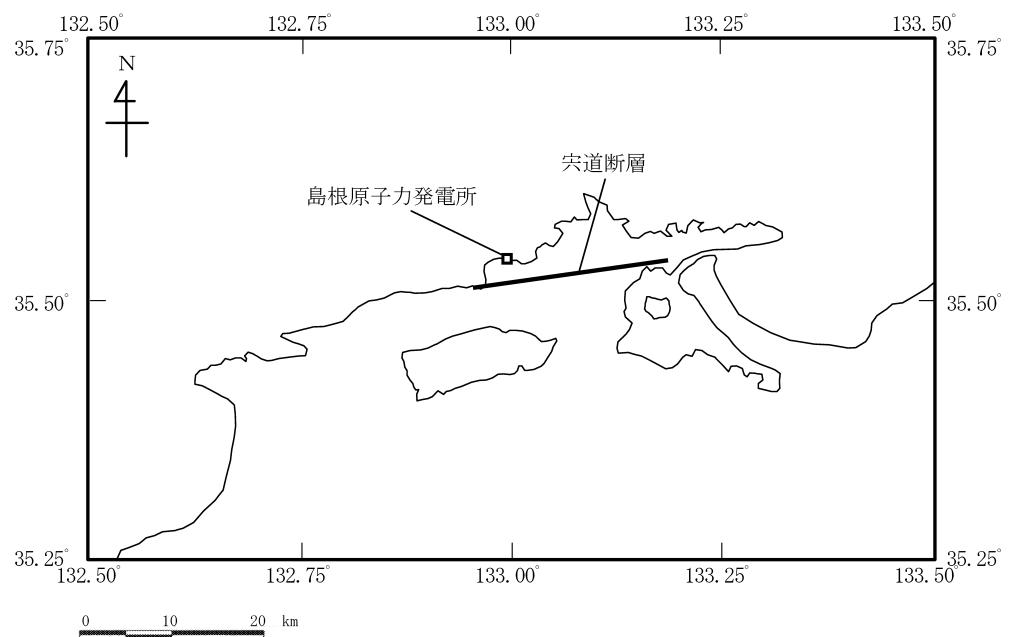
第5.5-4図(2) 深度別応答スペクトル (2000年鳥取県西部地震(M7.3), 観測点: B地点)



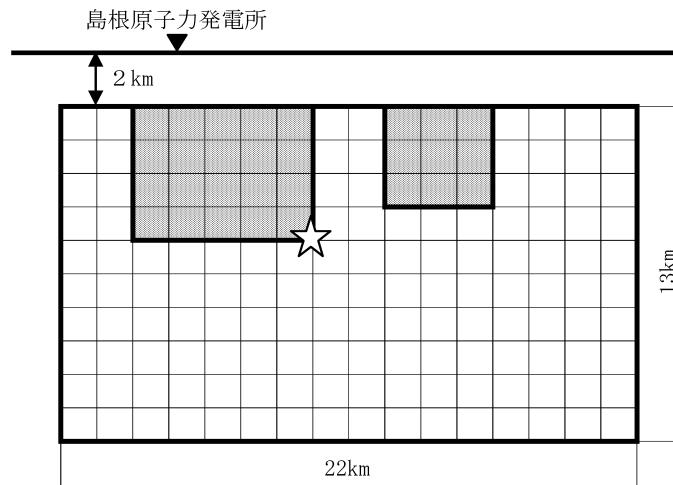


[地盤条件は、Zhao et al. (2006)⁽²⁹⁾ に示される Hard Rock として評価。]

第 5.6-1 図 検討用地震選定のための応答スペクトルの比較



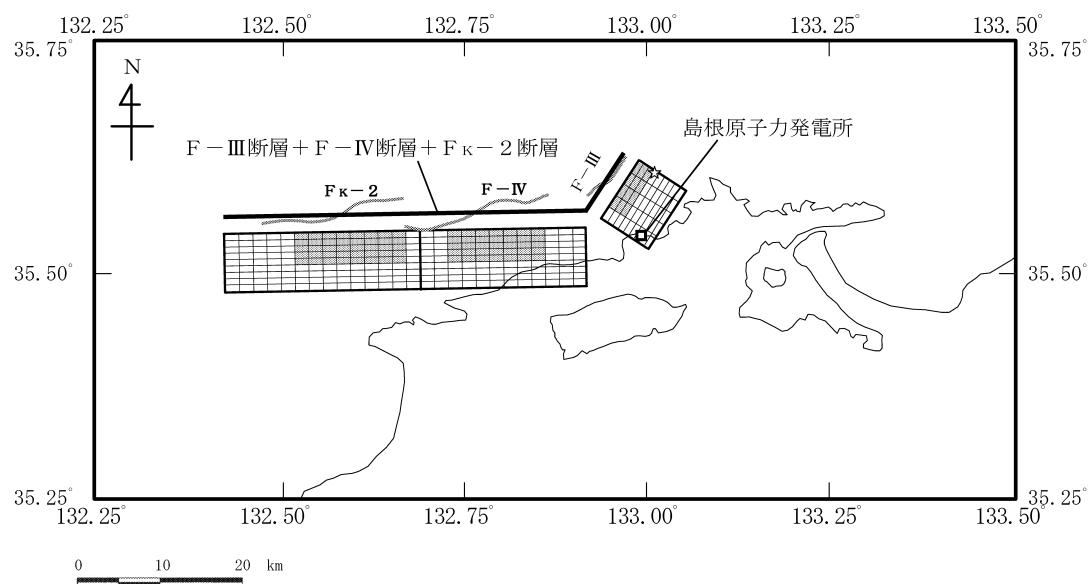
(a) 断層位置図



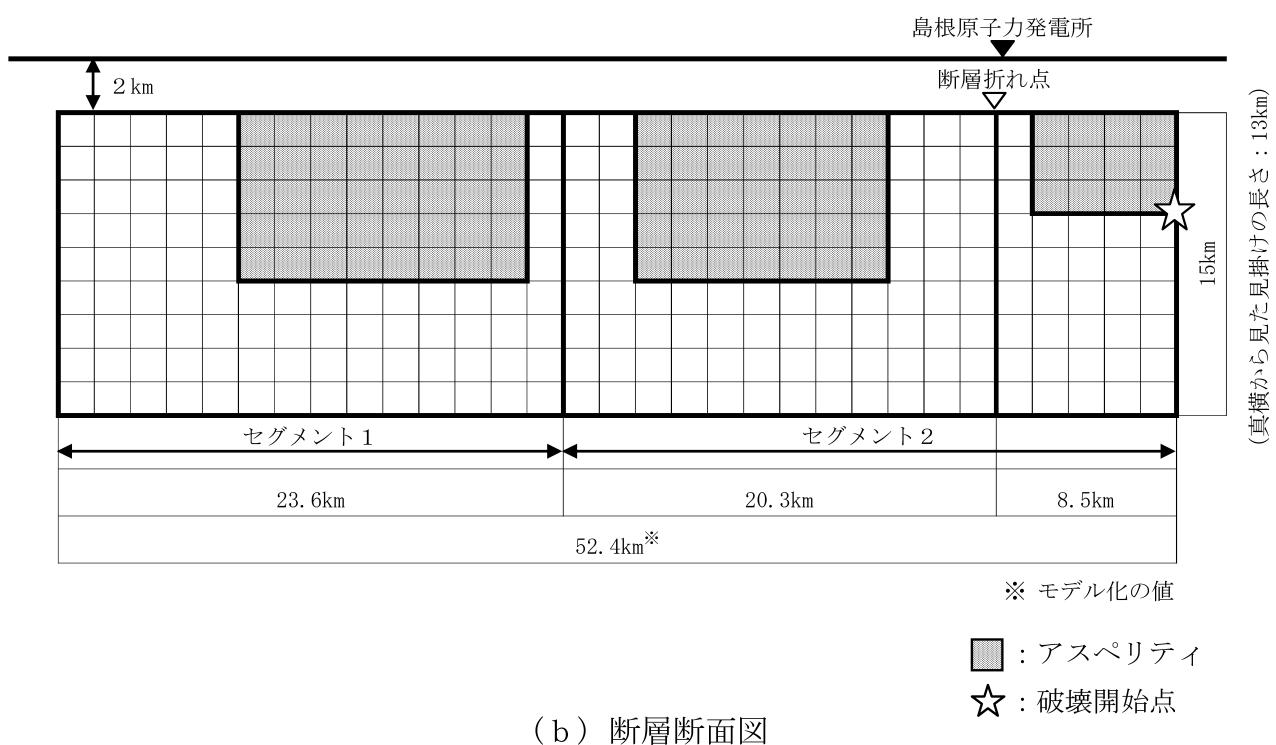
■ : アスペリティ
☆ : 破壊開始点

(b) 断層断面図

第 5.6-2 図 「宍道断層による地震」の断層モデル（基本震源モデル）

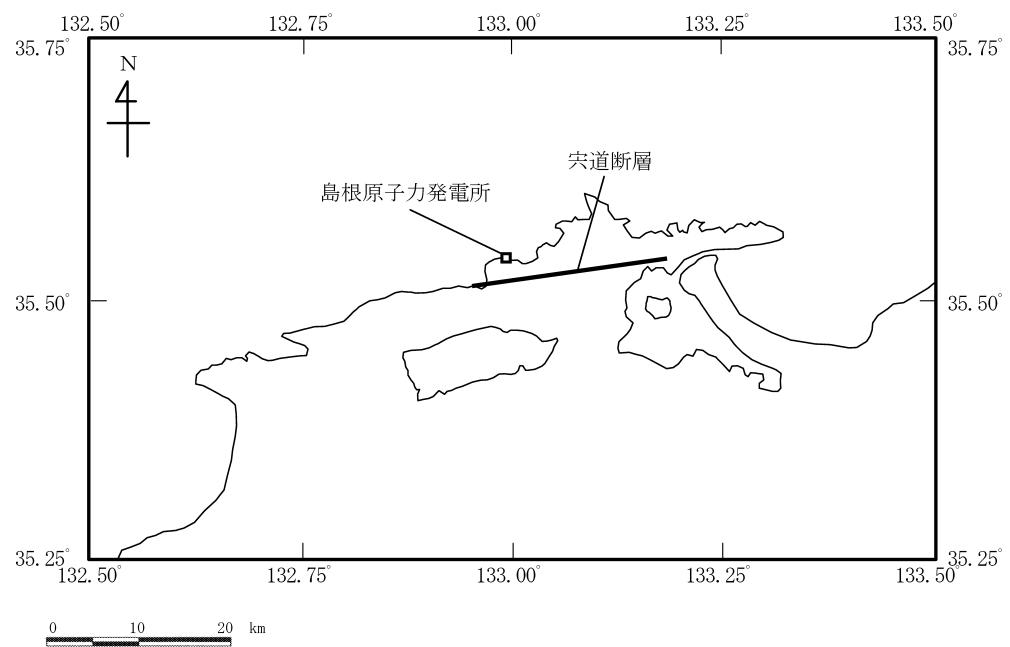


(a) 断層位置図

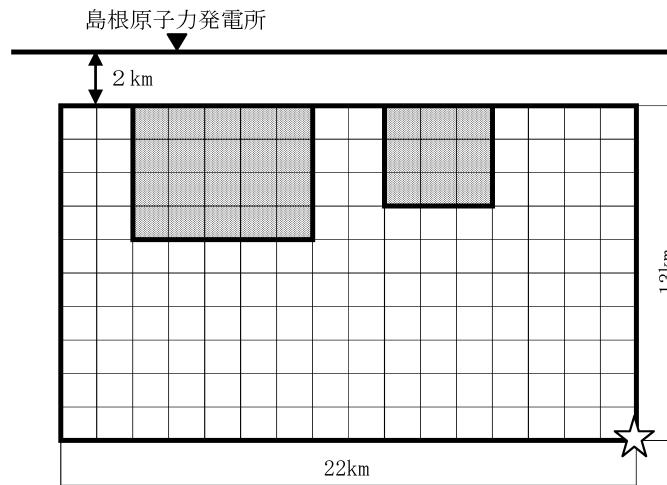


(b) 断層断面図

第 5.6-3 図 「F-III断層 + F-IV断層 + FK-2断層による地震」の断層モデル
(基本震源モデル)



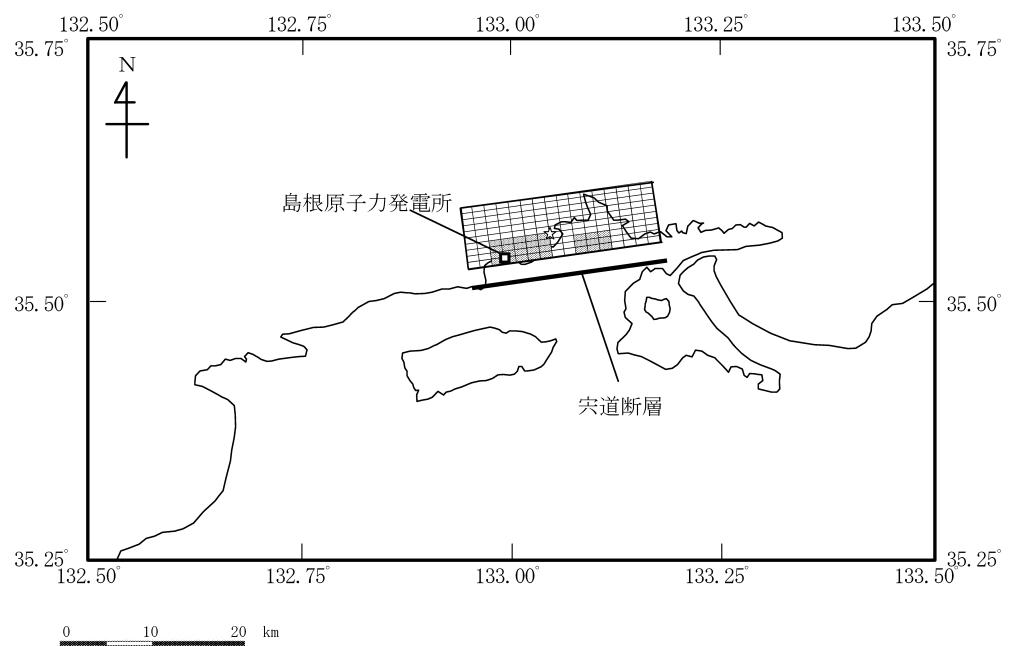
(a) 断層位置図



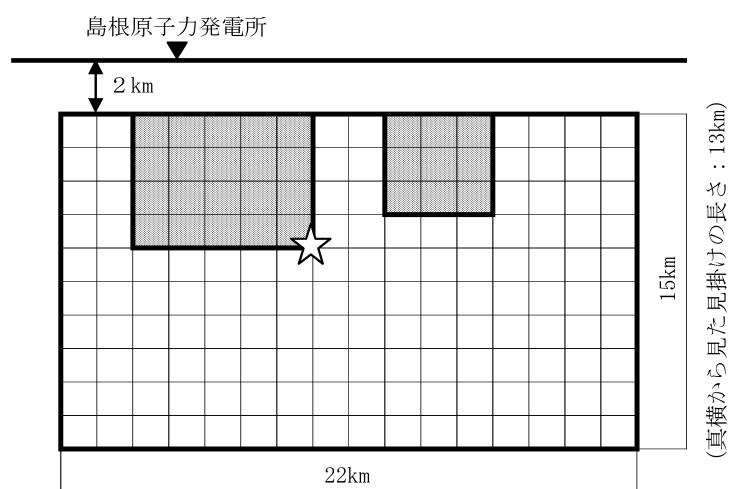
■ : アスペリティ
☆ : 破壊開始点

(b) 断層断面図

第 5.6-4 図(1) 「宍道断層による地震」の断層モデル
(破壊開始点の不確かさを考慮したケース)



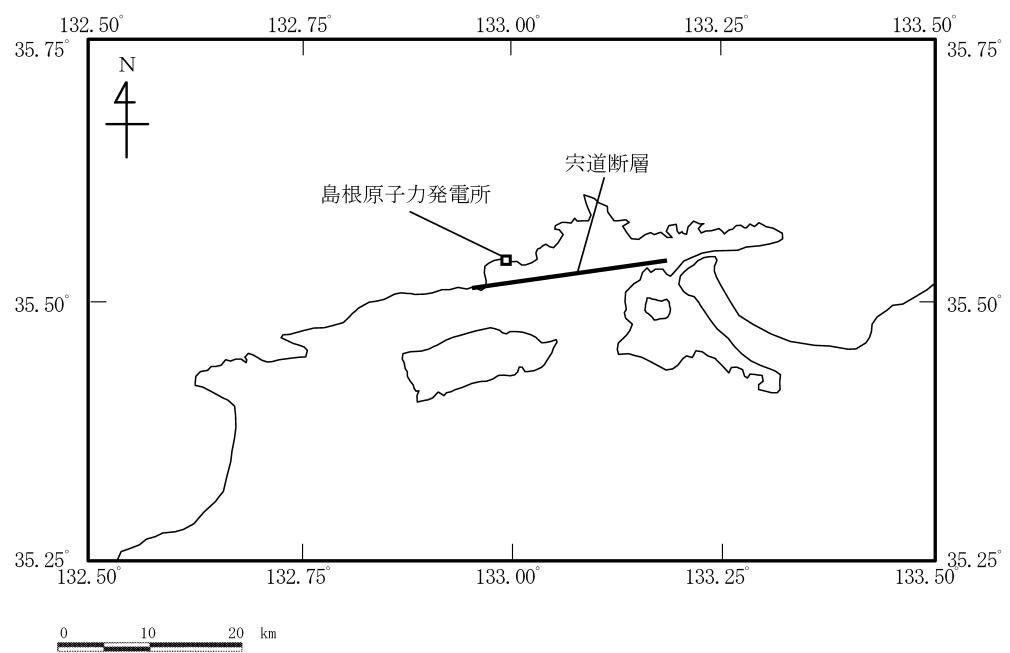
(a) 断層位置図



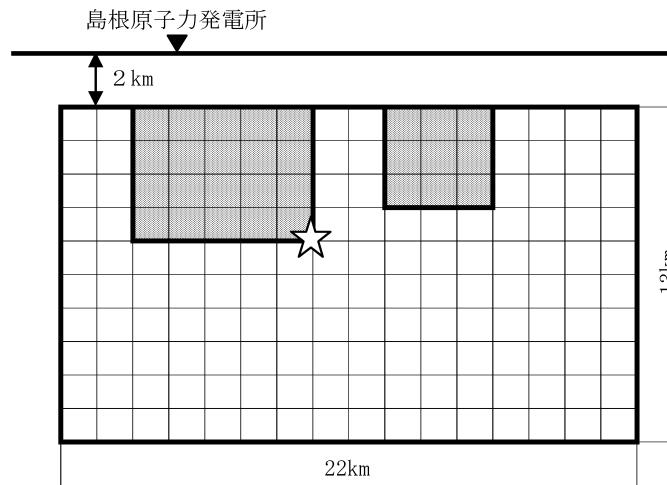
■ : アスペリティ
☆ : 破壊開始点

(b) 断層断面図

第 5.6-4 図(2) 「宍道断層による地震」の断層モデル
(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース)



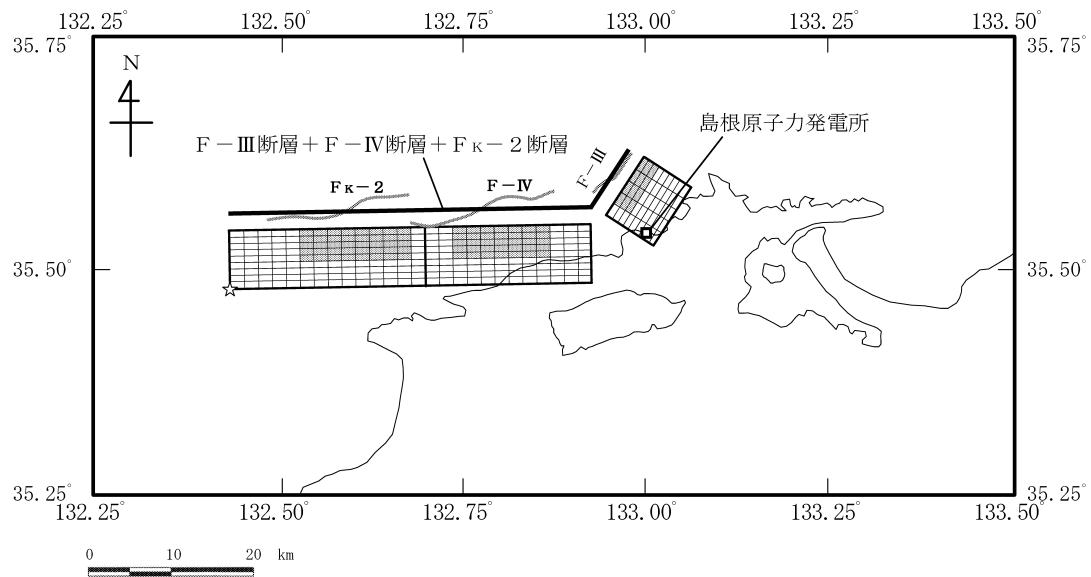
(a) 断層位置図



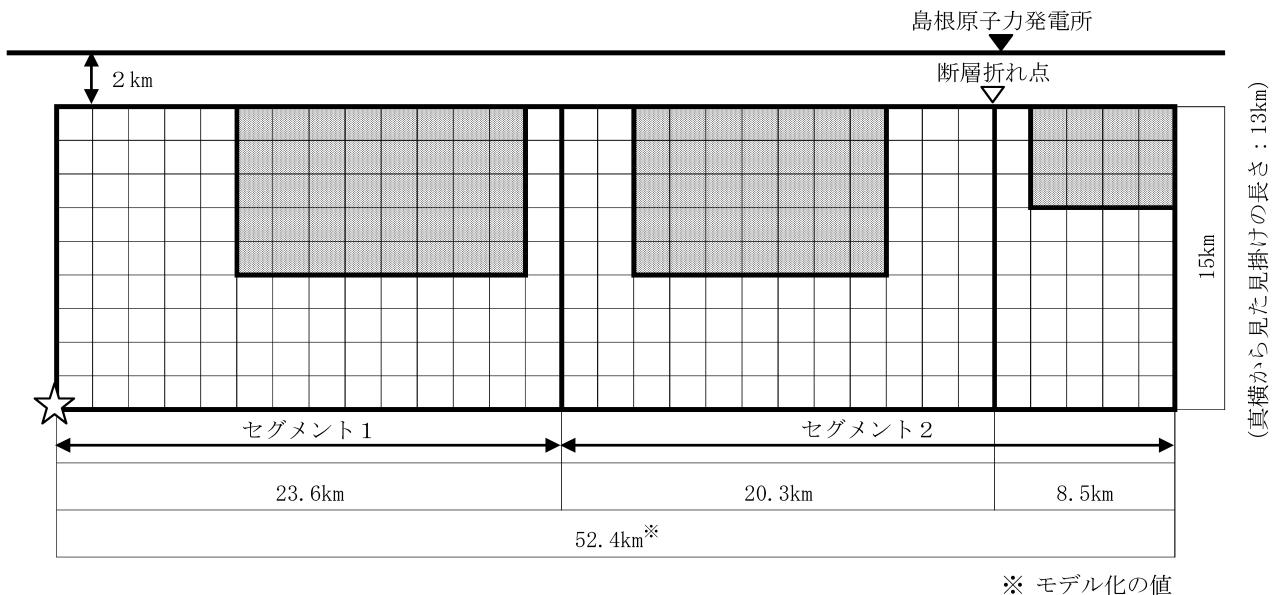
■ : アスペリティ
☆ : 破壊開始点

(b) 断層断面図

第 5.6-4 図(3) 「宍道断層による地震」の断層モデル
(応力降下量の不確かさを考慮したケース)

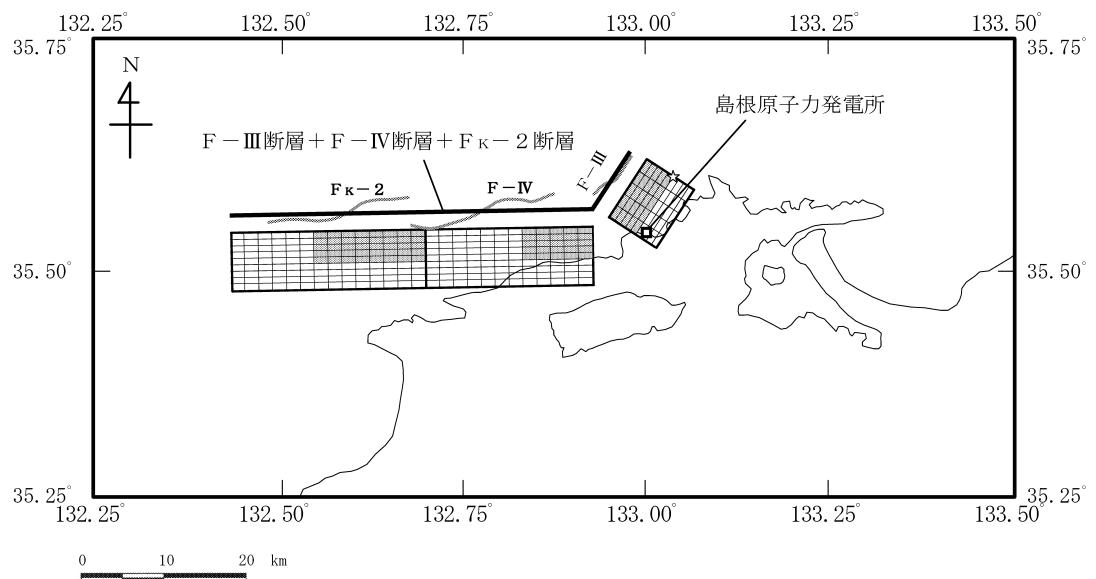


(a) 断層位置図

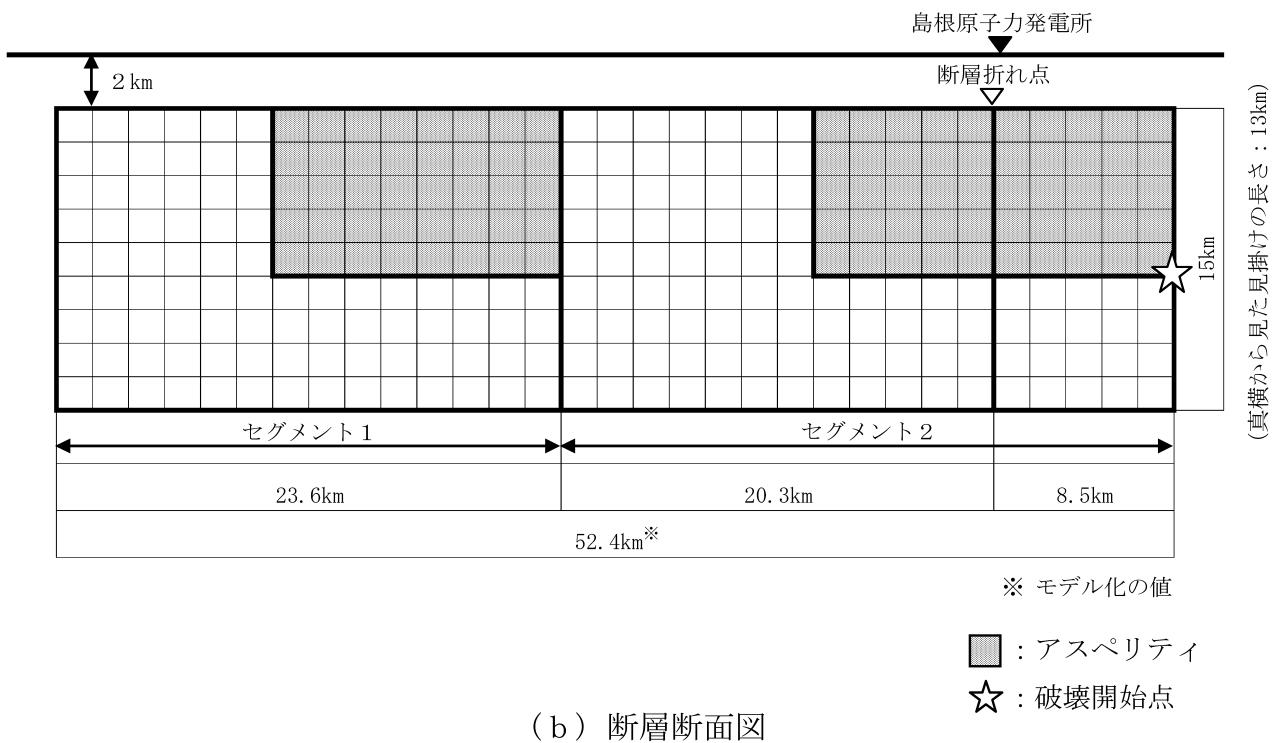


(b) 断層断面図

第 5.6-5 図(1) 「F - III 断層 + F - IV 断層 + FK - 2 断層による地震」の
断層モデル (破壊開始点の不確かさを考慮したケース)

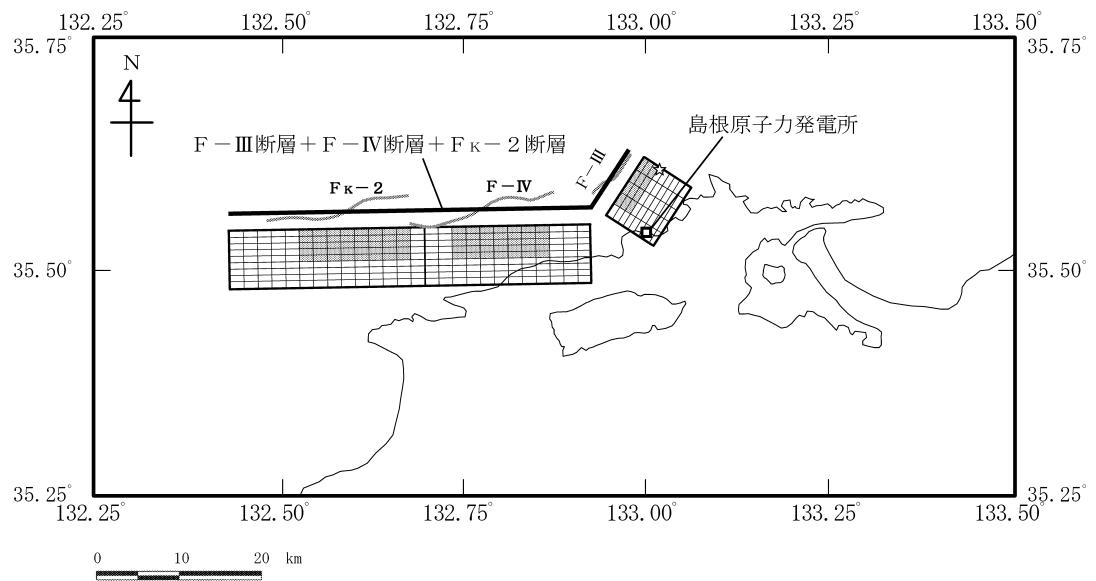


(a) 断層位置図

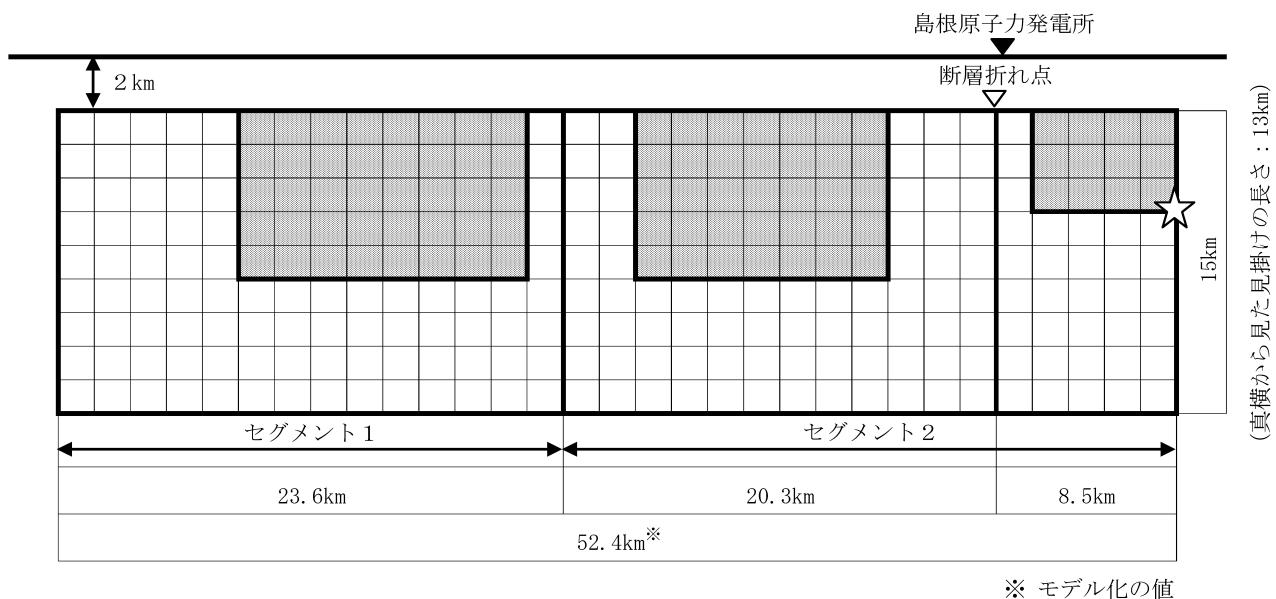


(b) 断層断面図

第 5.6-5 図(2) 「F - III断層 + F - IV断層 + FK - 2断層による地震」の
断層モデル（アスペリティ位置の不確かさを考慮したケース）

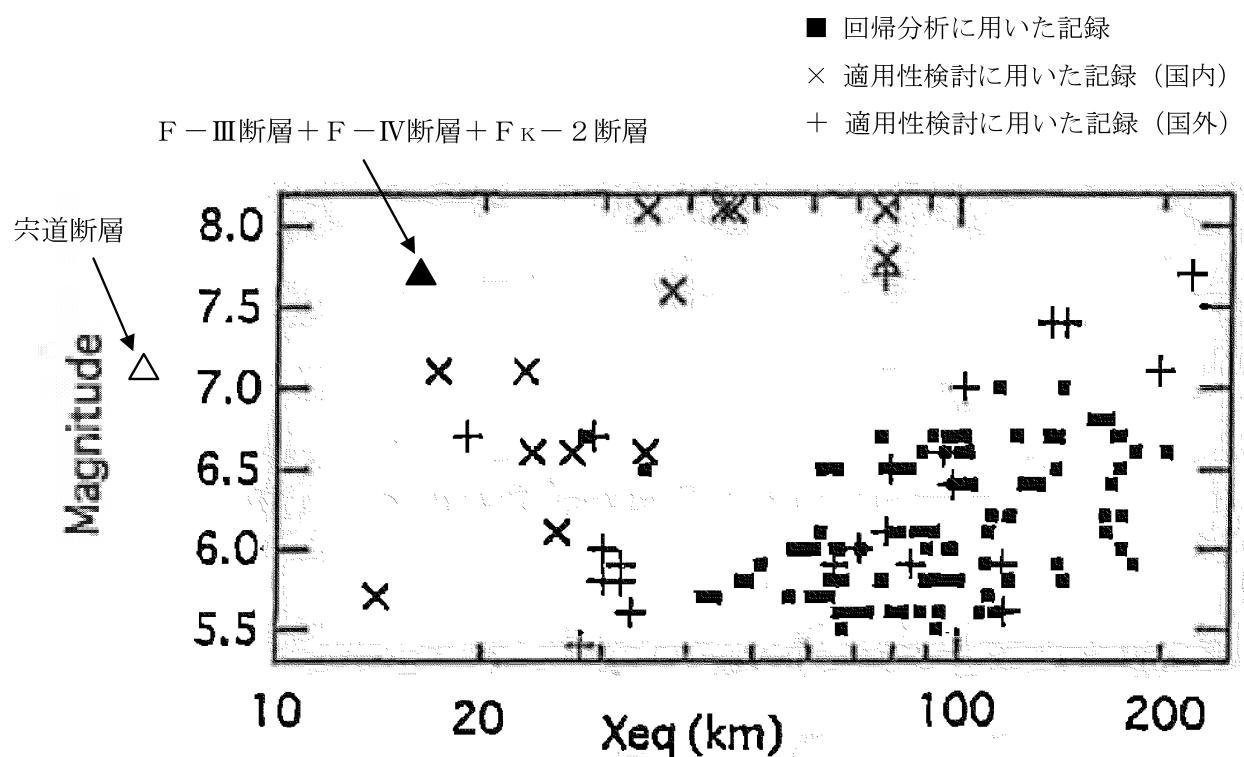


(a) 断層位置図



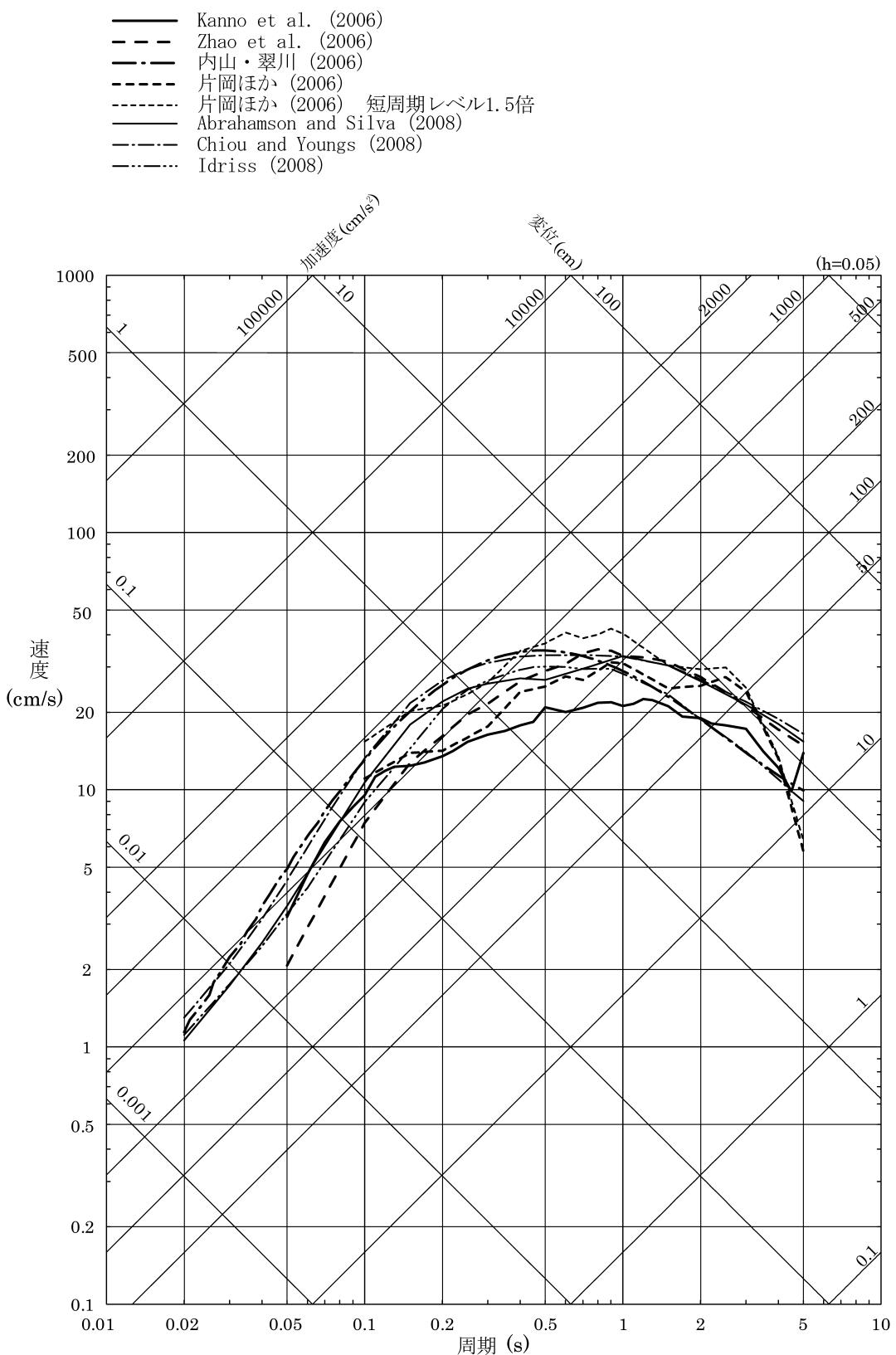
(b) 断層断面図

第 5.6-5 図(3) 「F-III断層 + F-IV断層 + FK-2断層による地震」の
断層モデル（応力降下量の不確かさを考慮したケース）

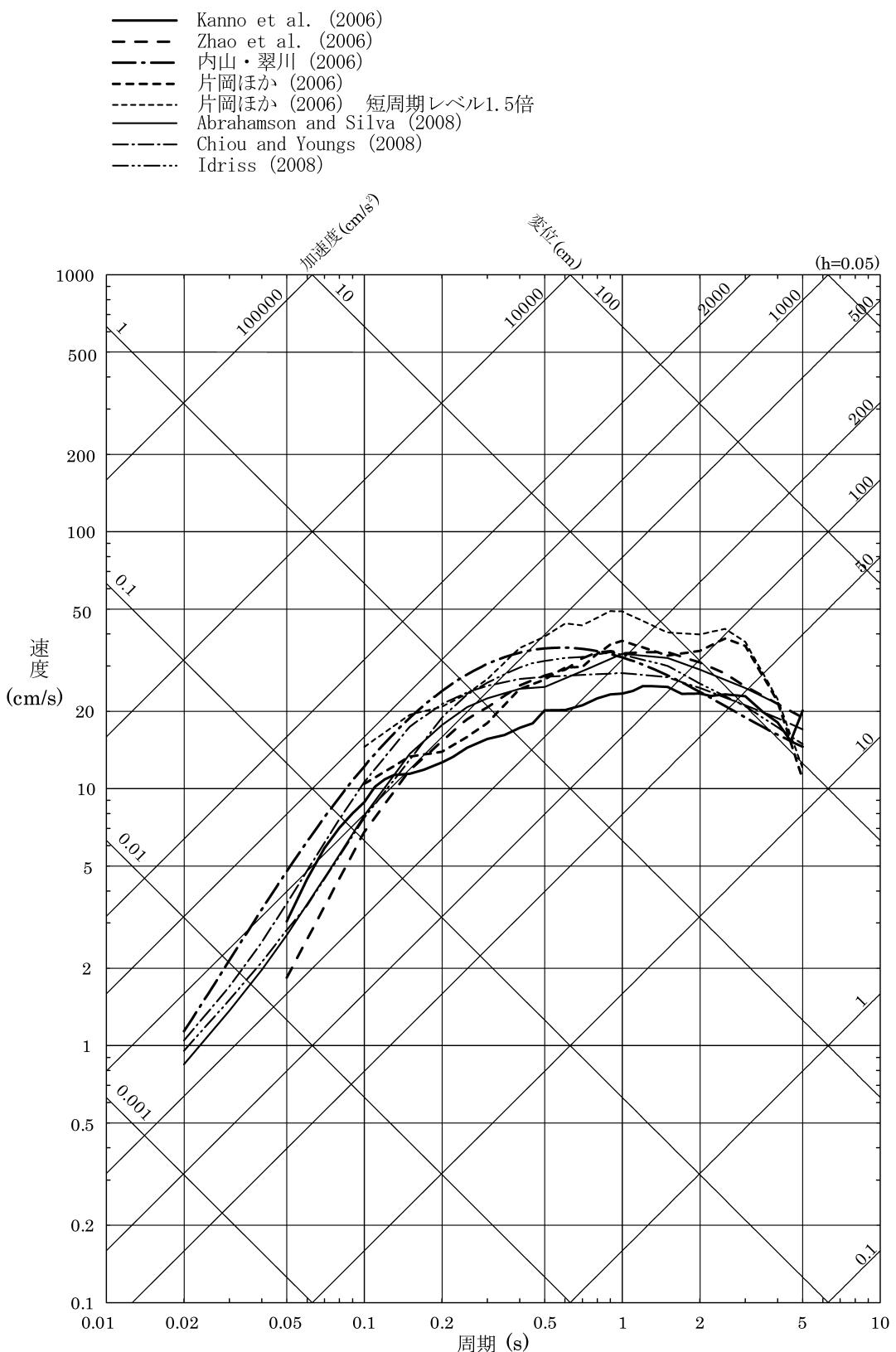


[Nishimura et al. (2001)⁽⁵⁹⁾ に一部加筆。]

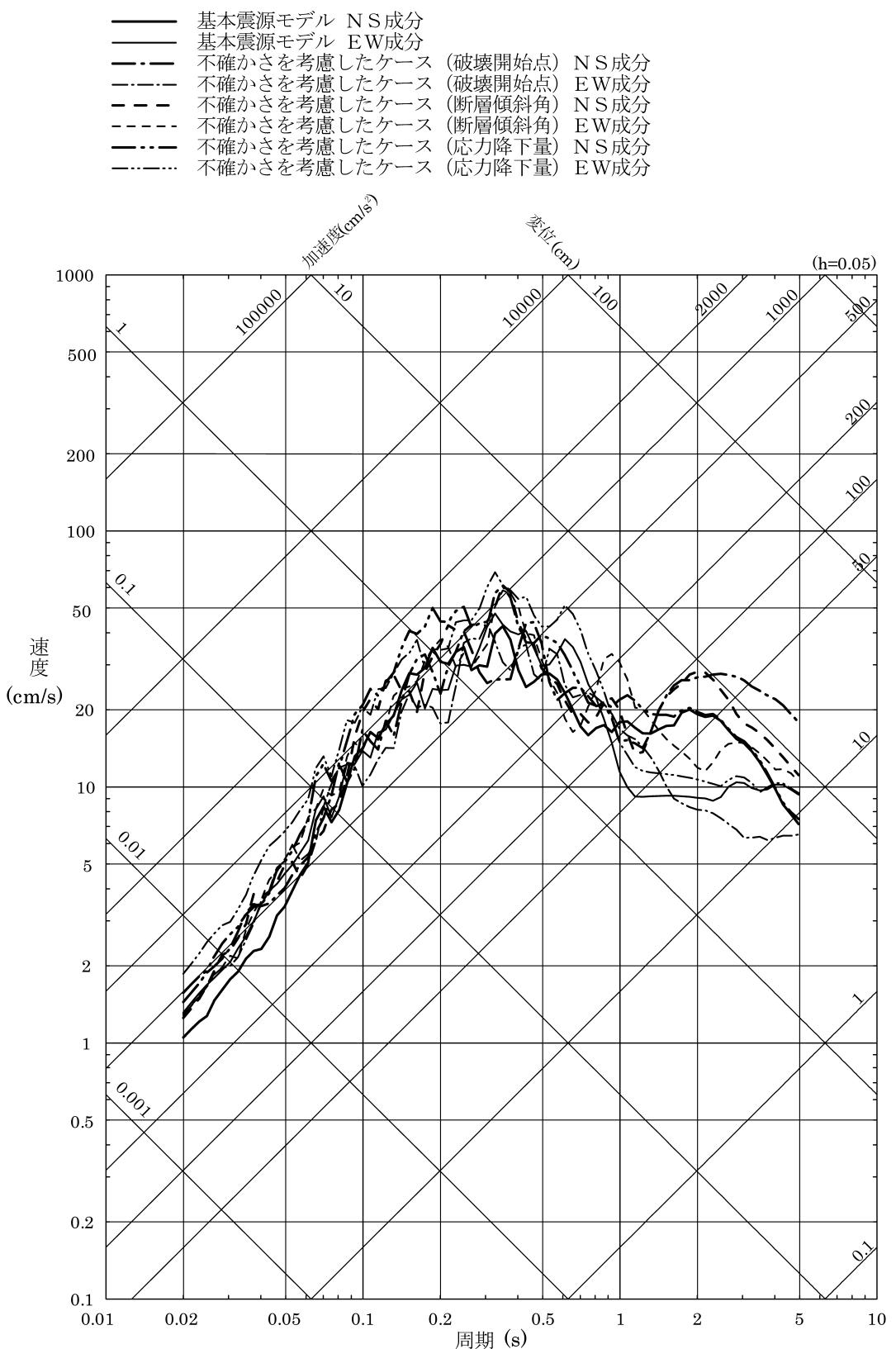
第 5.6-6 図 地震諸元の比較 (M 及び等価震源距離 X_{eq})



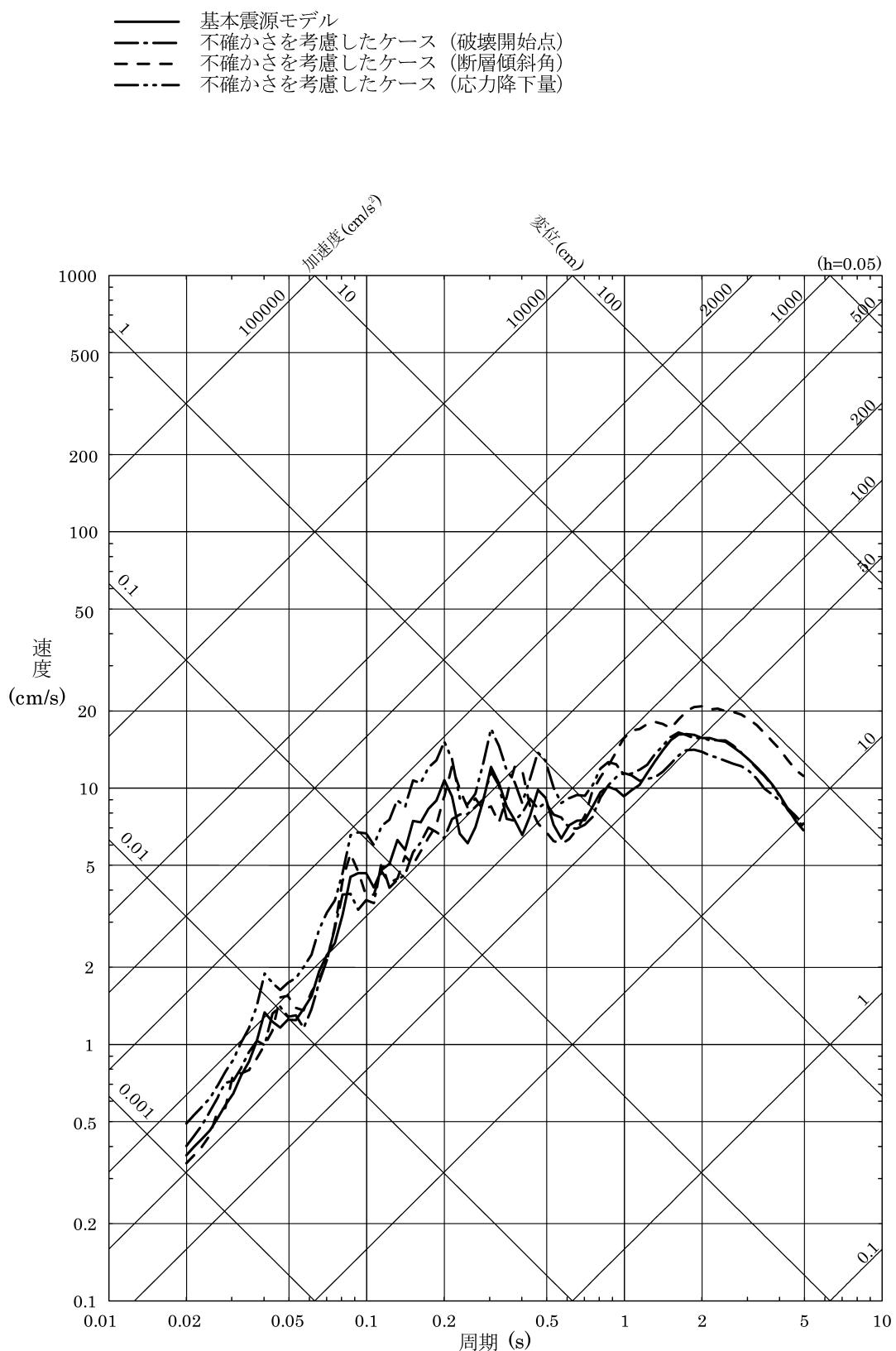
第 5.6-7 図 「宍道断層による地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価結果



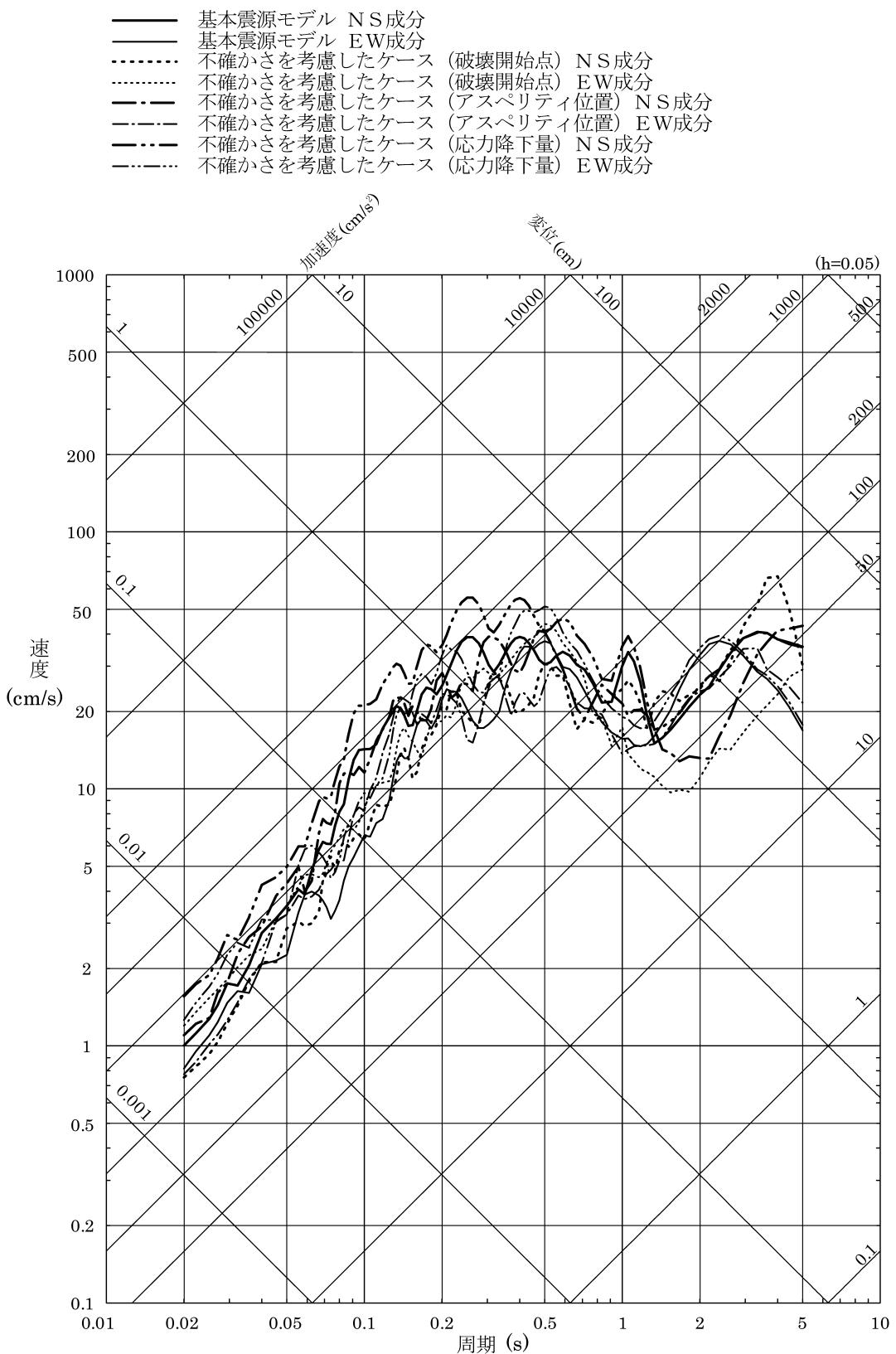
第 5.6-8 図 「F - III断層 + F - IV断層 + F K - 2断層による地震」の応答スペクトルに基づく地震動評価結果



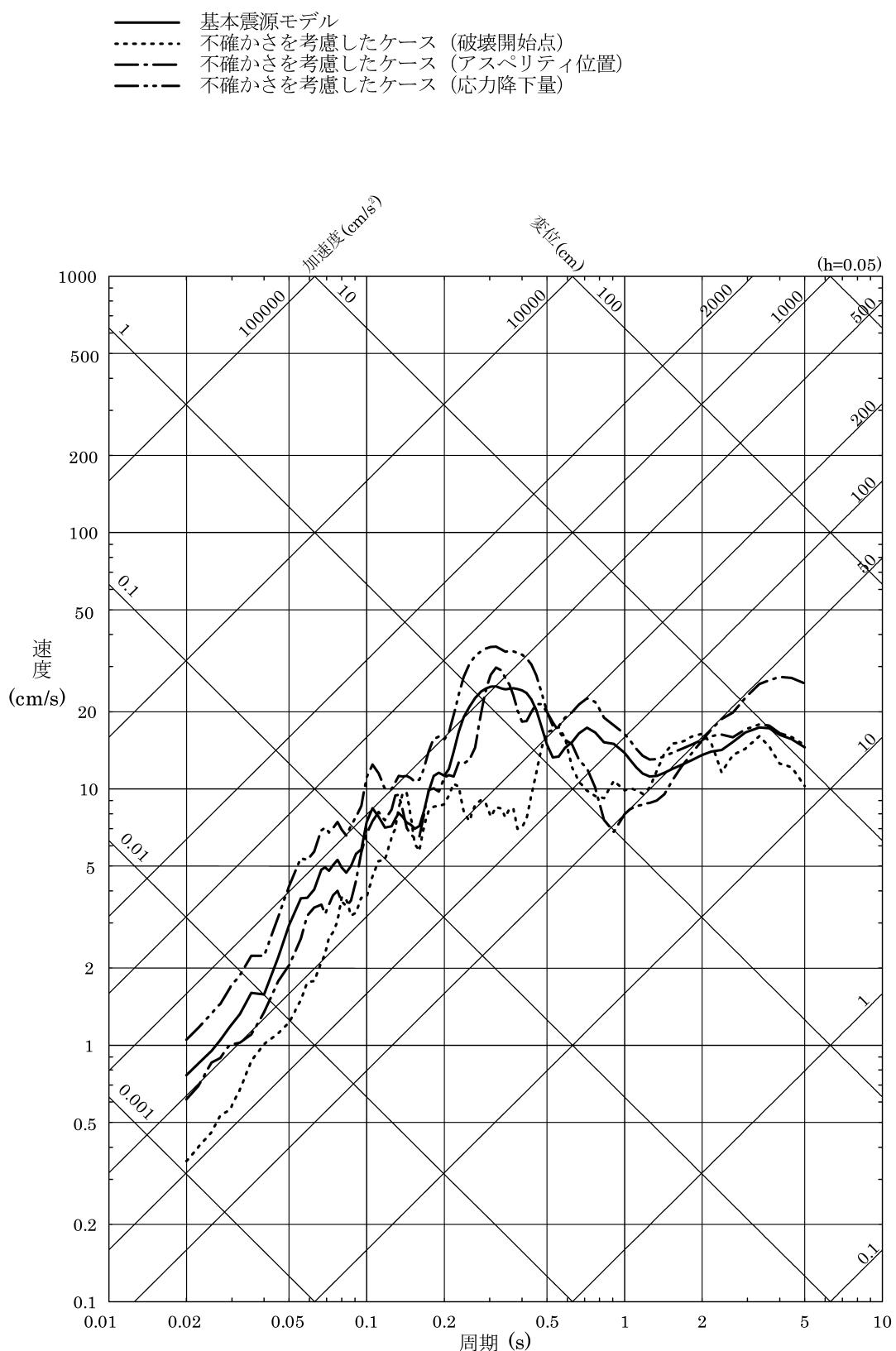
第 5.6-9 図(1) 「宍道断層による地震」の断層モデルを用いた手法による
地震動評価結果（水平方向）



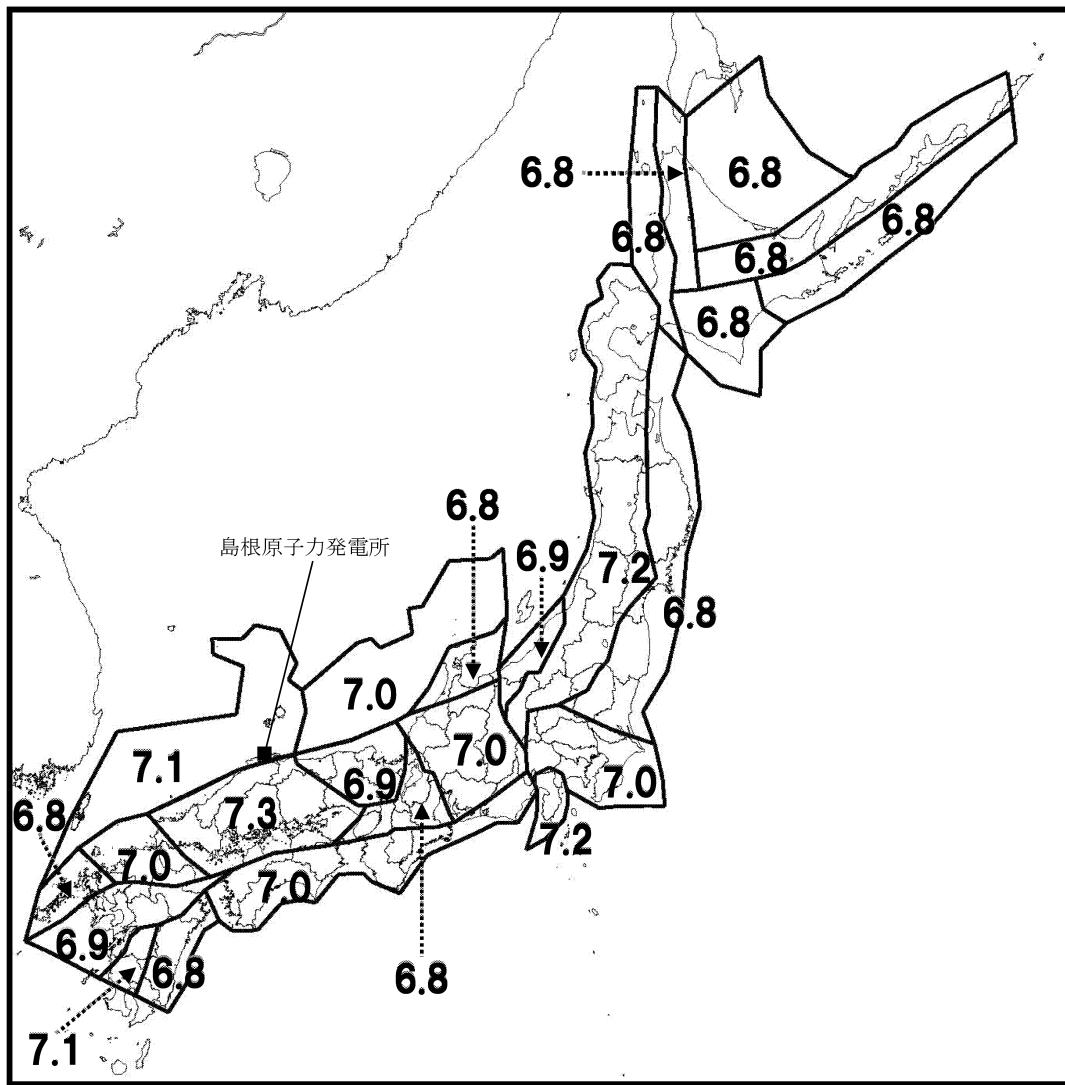
第 5.6-9 図(2) 「宍道断層による地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（鉛直方向）



第 5.6-10 図(1) 「F-III断層 + F-IV断層 + FK-2断層による地震」の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (水平方向)

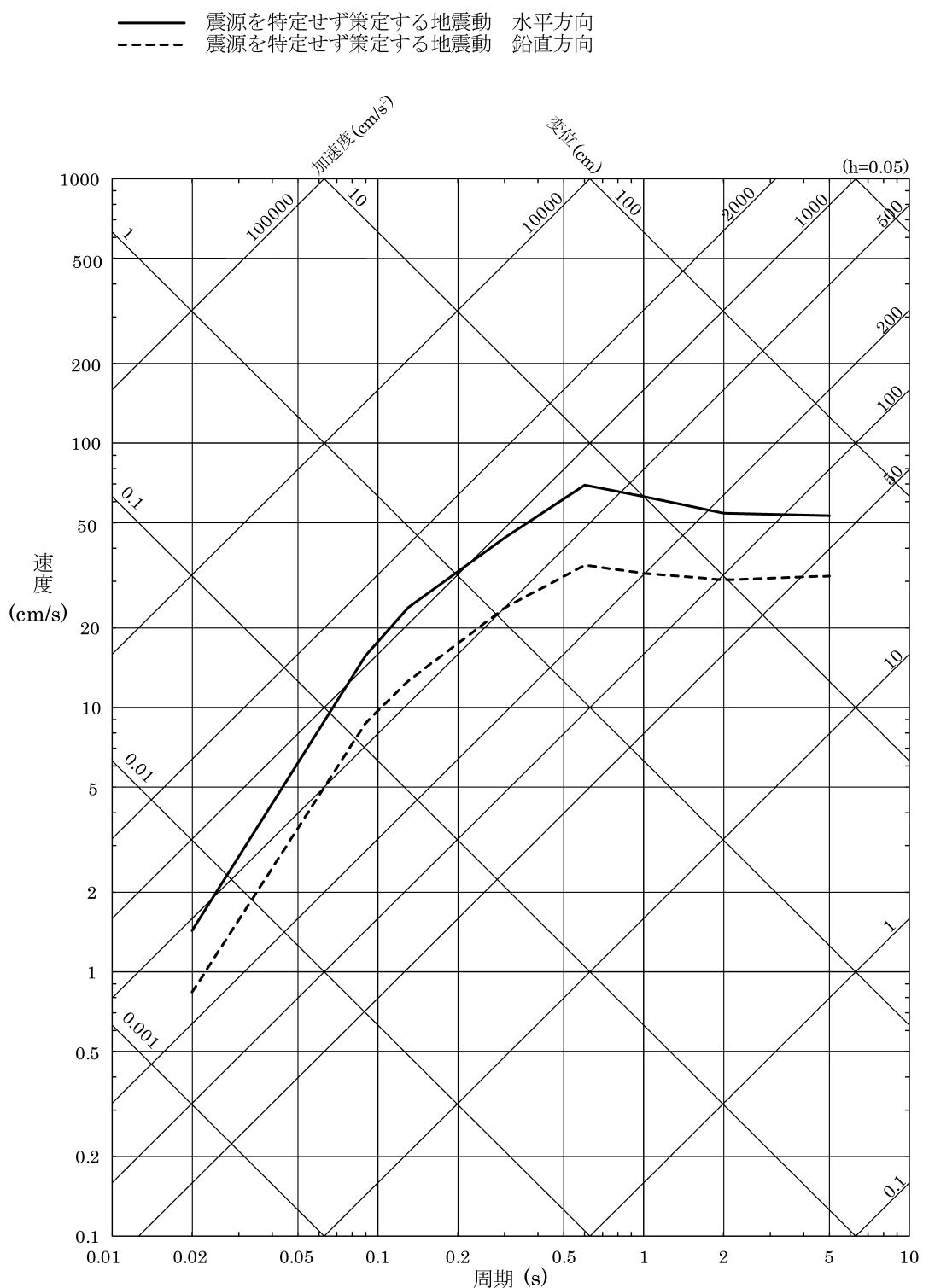


第 5.6-10 図(2) 「F-III断層 + F-IV断層 + FK-2断層による地震」の
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（鉛直方向）

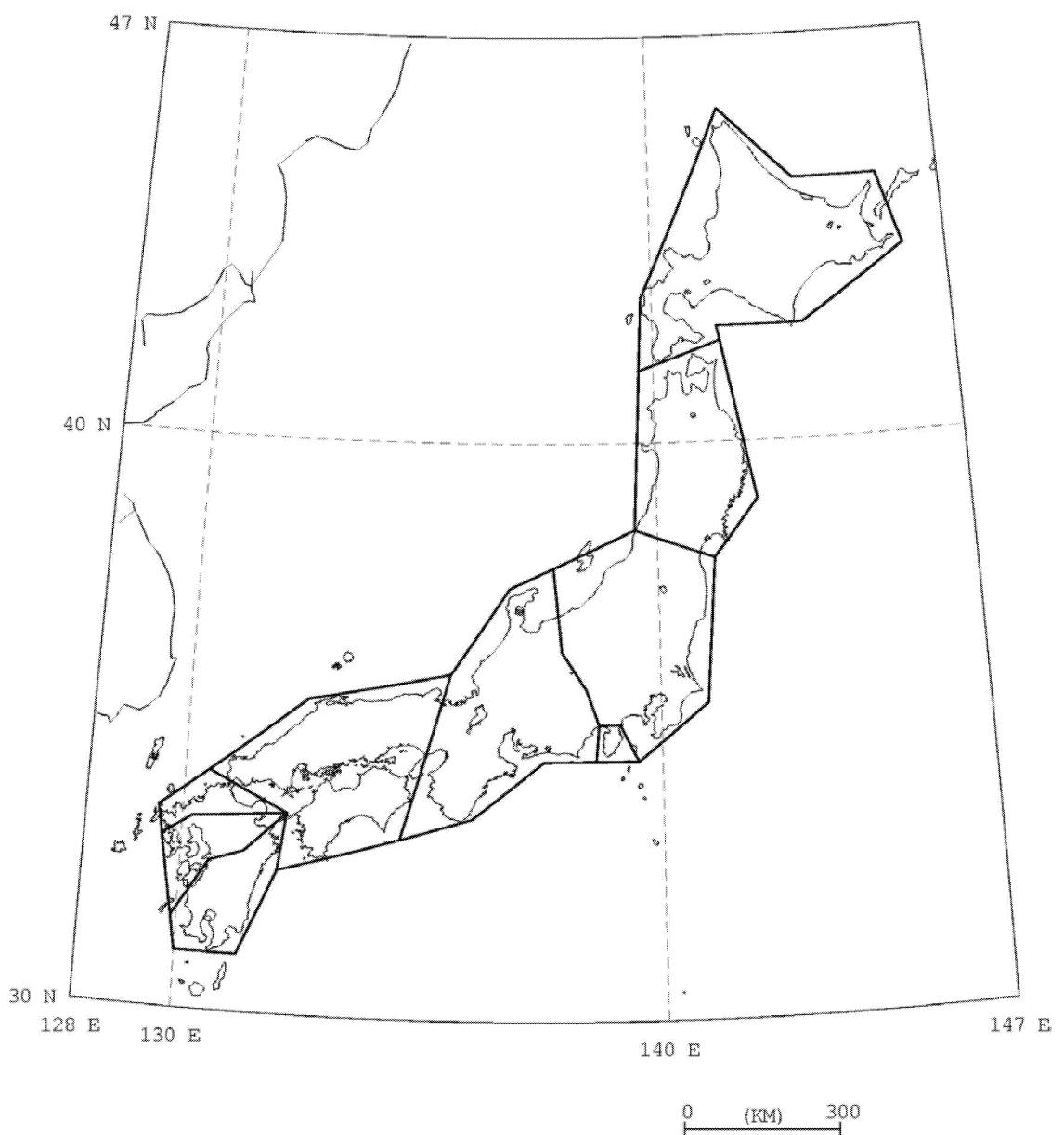


[地震調査委員会（2010）⁽⁴⁷⁾に一部加筆。]

第5.6-11図 陸域の震源断層を予め特定しにくい地震の領域区分

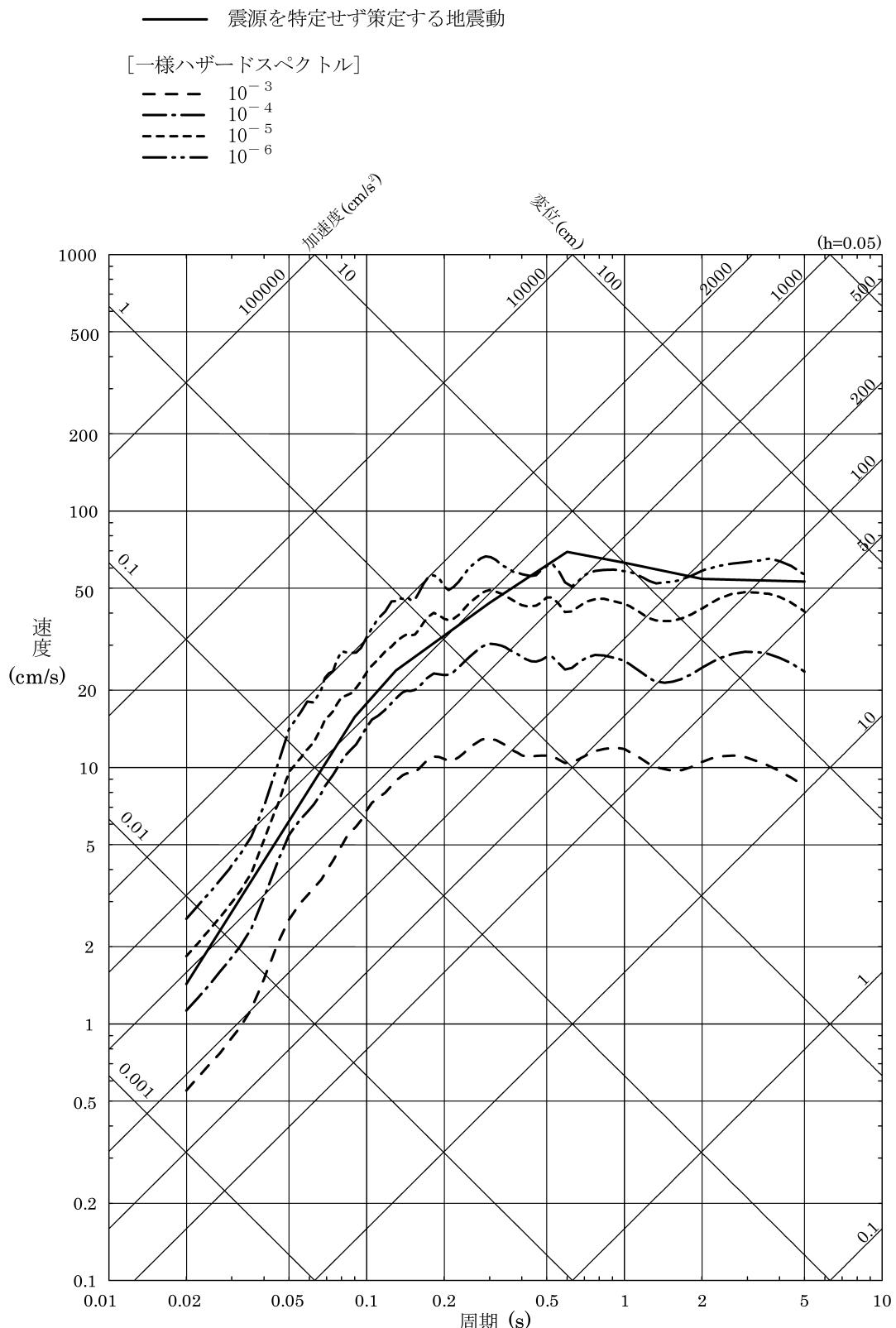


第 5.6-12 図 「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル



[原子力安全基盤機構（2005）⁽⁴⁹⁾による。]

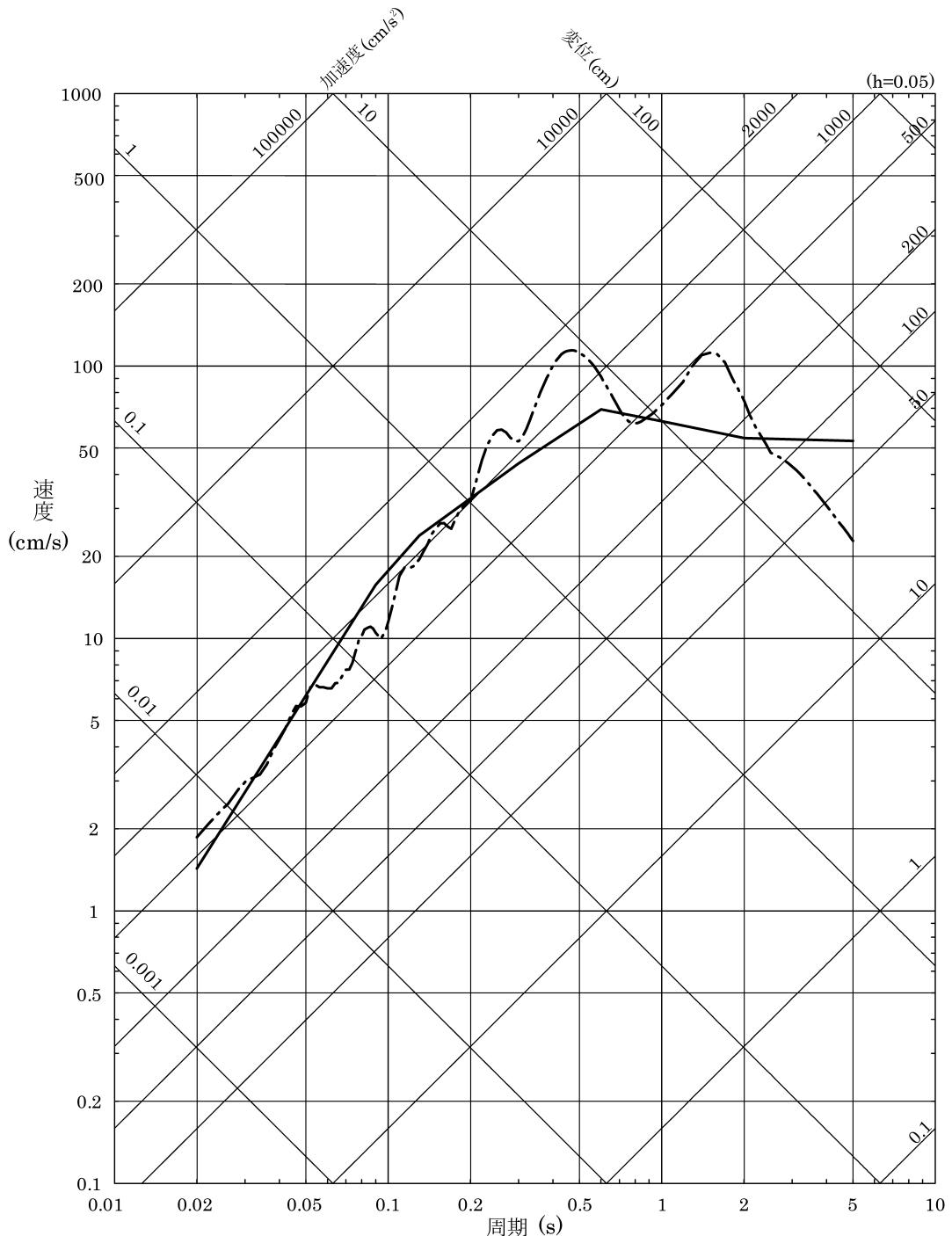
第 5.6-13 図 原子力安全基盤機構（2005）⁽⁴⁹⁾による領域区分



[一様ハザードスペクトルは、敷地が位置する領域における地震基盤面の評価。]

第 5.6-14 図 原子力安全基盤機構（2005）⁽⁴⁹⁾ による一様ハザードスペクトルと「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルの比較（水平方向）

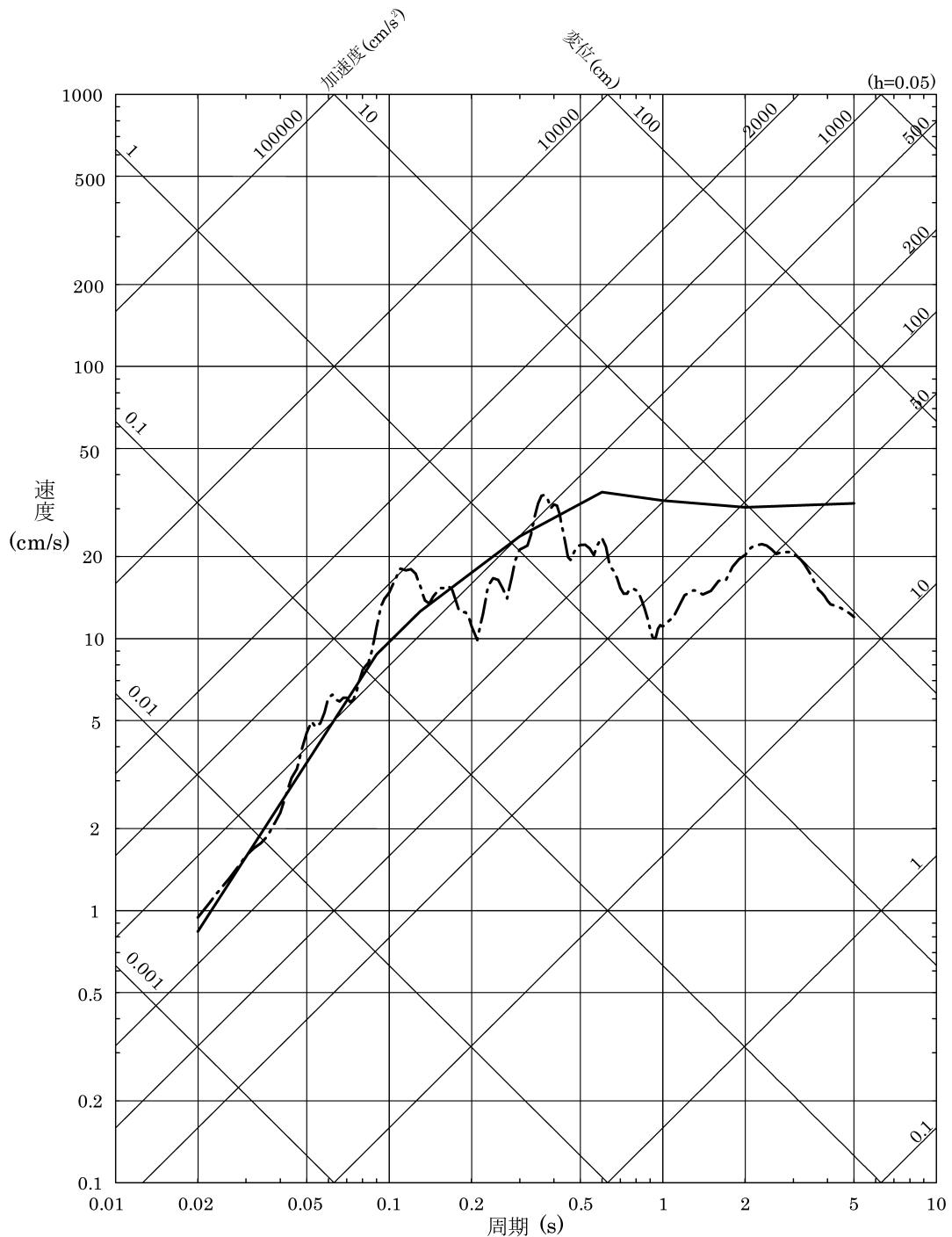
————— 震源を特定せず策定する地震動
 [震源を特定せず策定する地震動の検討対象地震]
 - - - - 2004年北海道留萌支庁南部地震



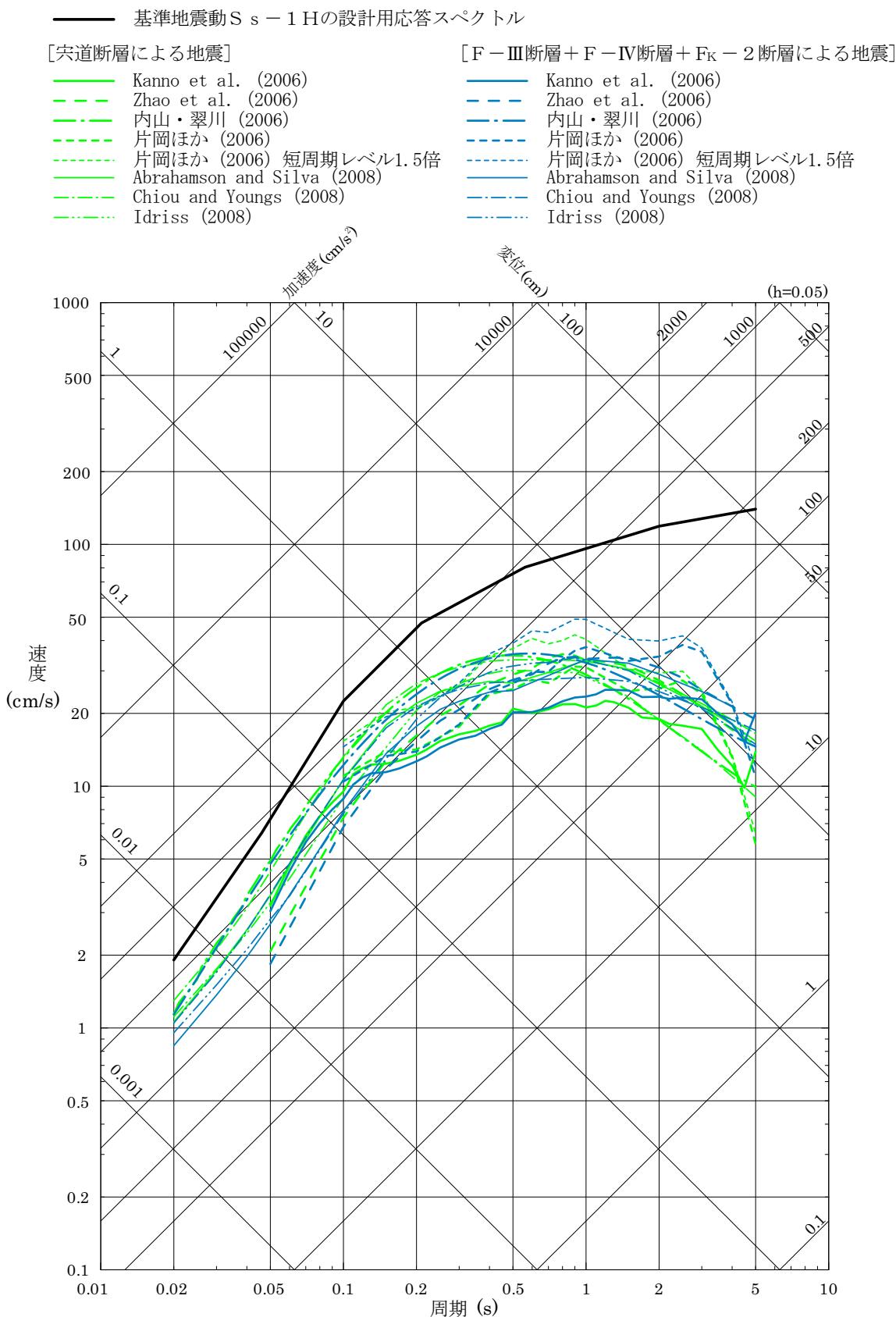
[検討対象地震の水平方向の基盤地震動はEW成分で代表させる。]

第5.6-15 図(1) 「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル及び
検討対象地震の応答スペクトル（水平方向）

————— 震源を特定せず策定する地震動
 [震源を特定せず策定する地震動の検討対象地震]
 - - - - 2004年北海道留萌支庁南部地震

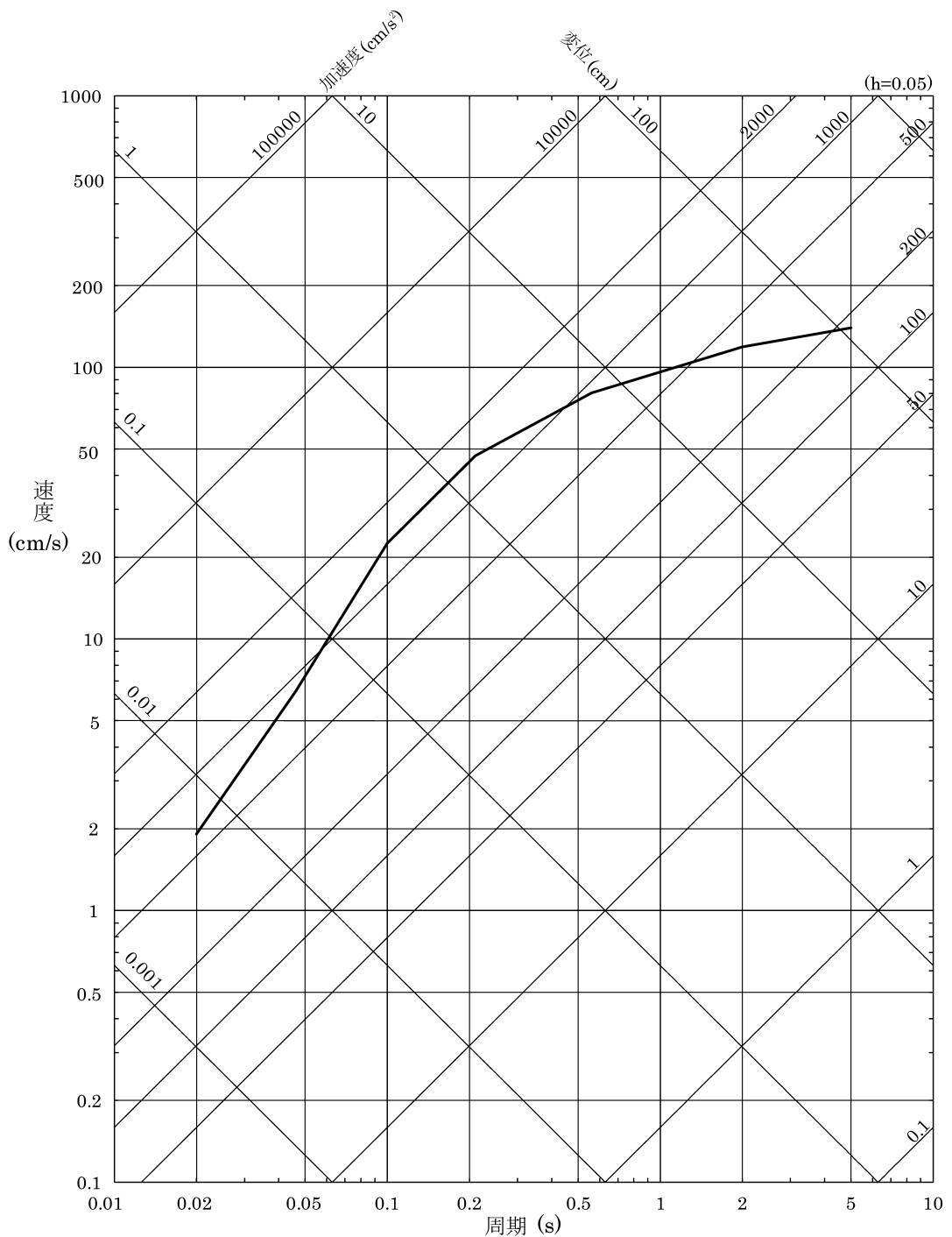


第 5.6-15 図(2) 「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル及び
検討対象地震の応答スペクトル（鉛直方向）



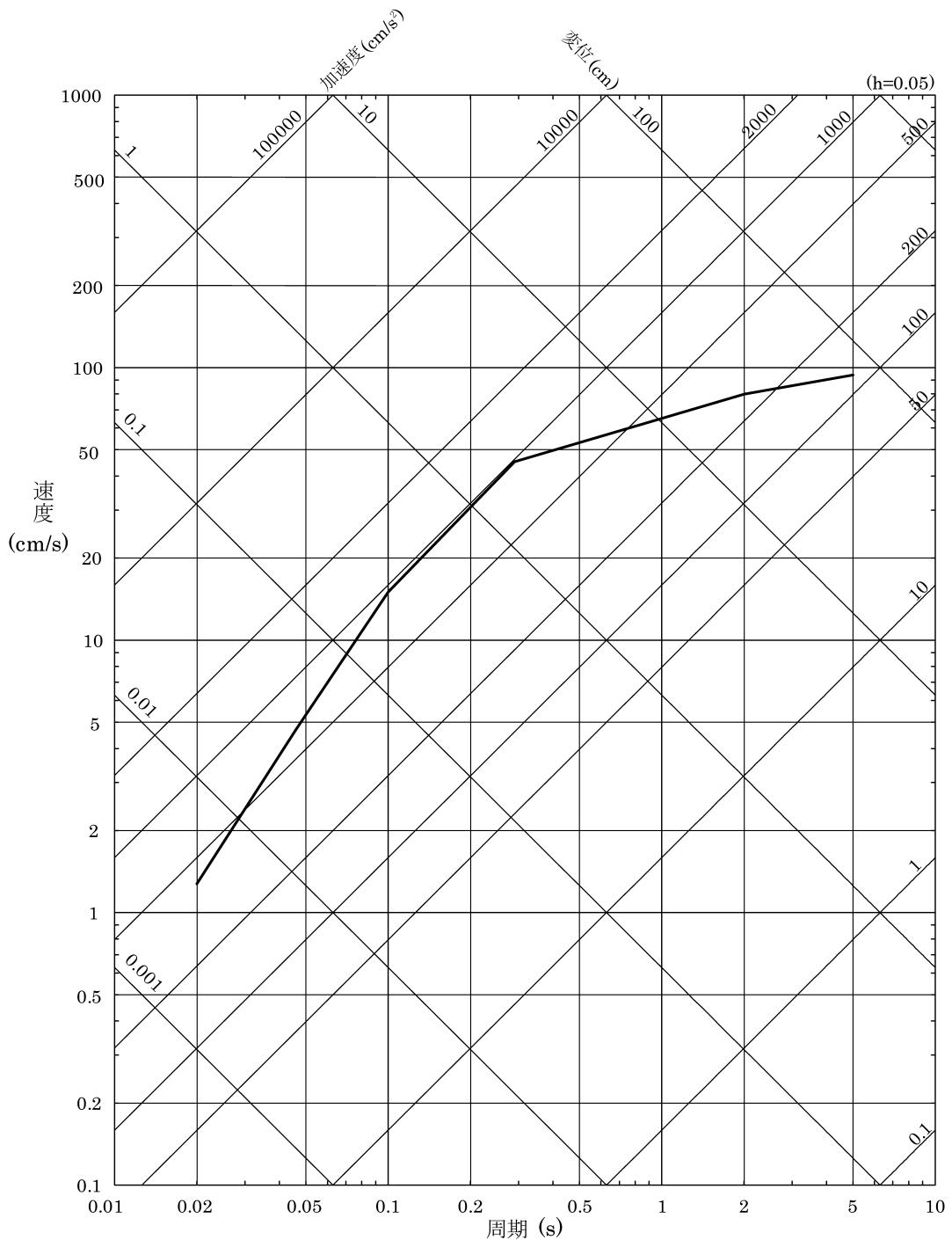
第 5.6-16 図 基準地震動 $S_s - 1H$ の設計用応答スペクトル及び検討用地震の応答スペクトルに基づく地震動評価結果

—— 基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル

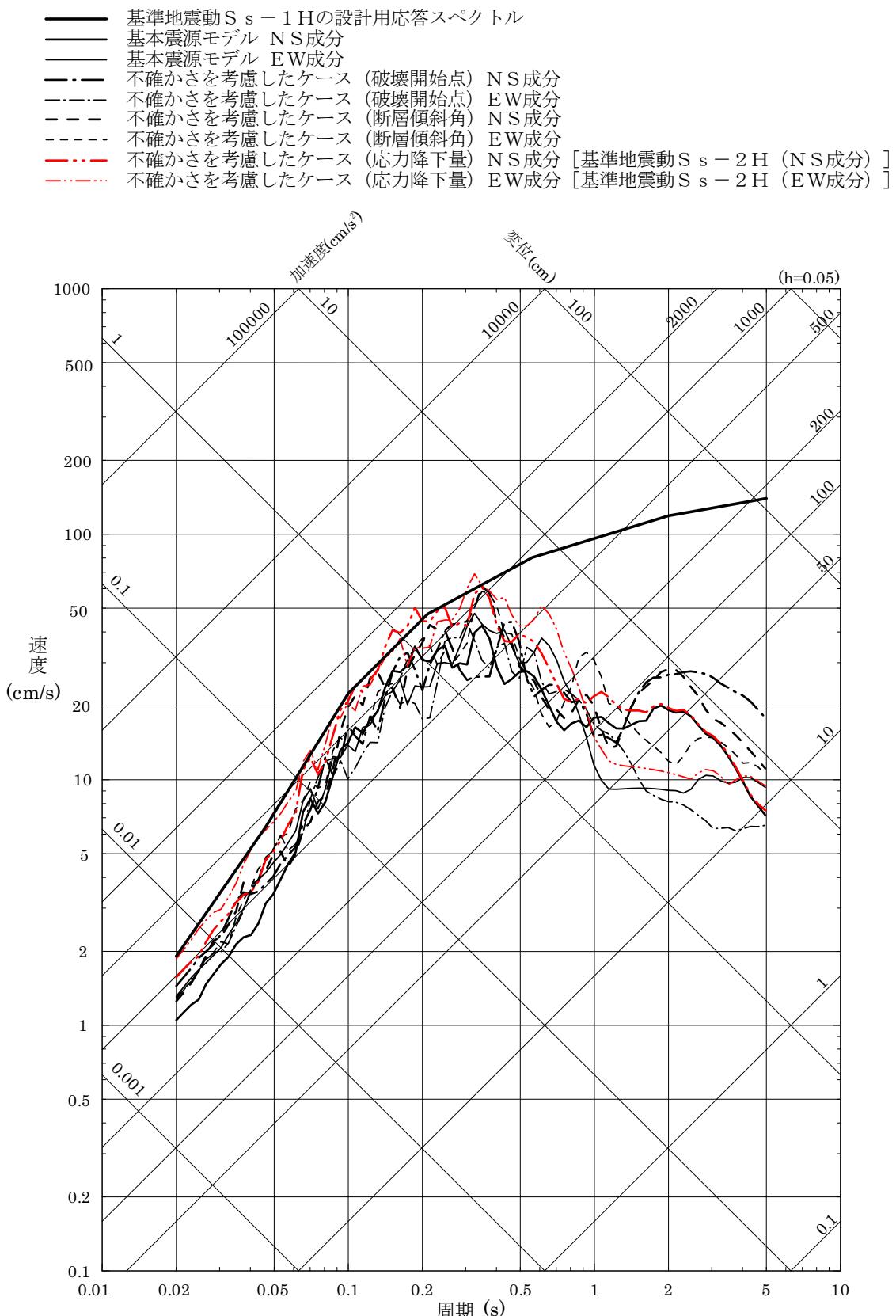


第 5.6-17 図(1) 基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル

—— 基準地震動 S s - 1 V の設計用応答スペクトル

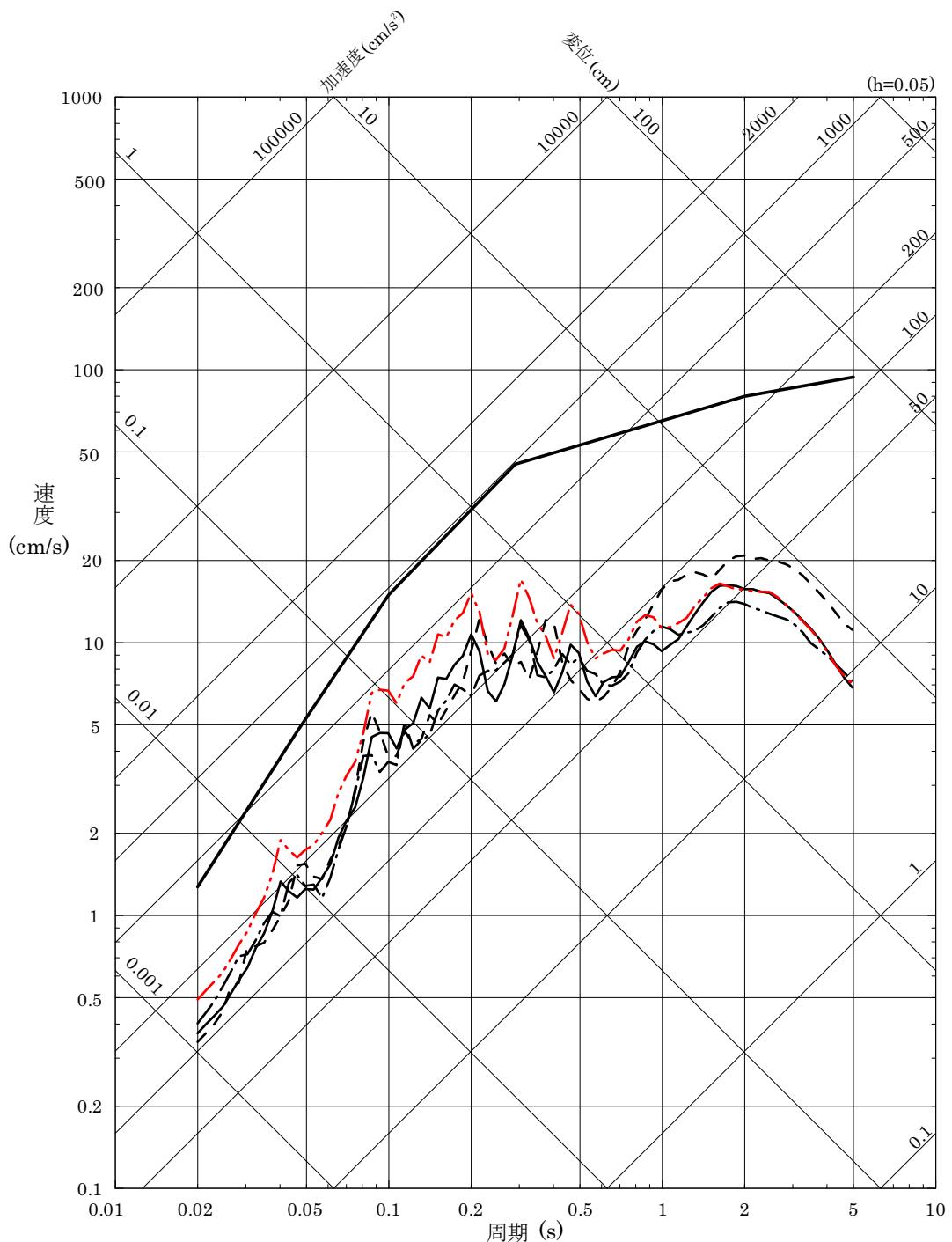


第 5.6-17 図(2) 基準地震動 S s - 1 V の設計用応答スペクトル



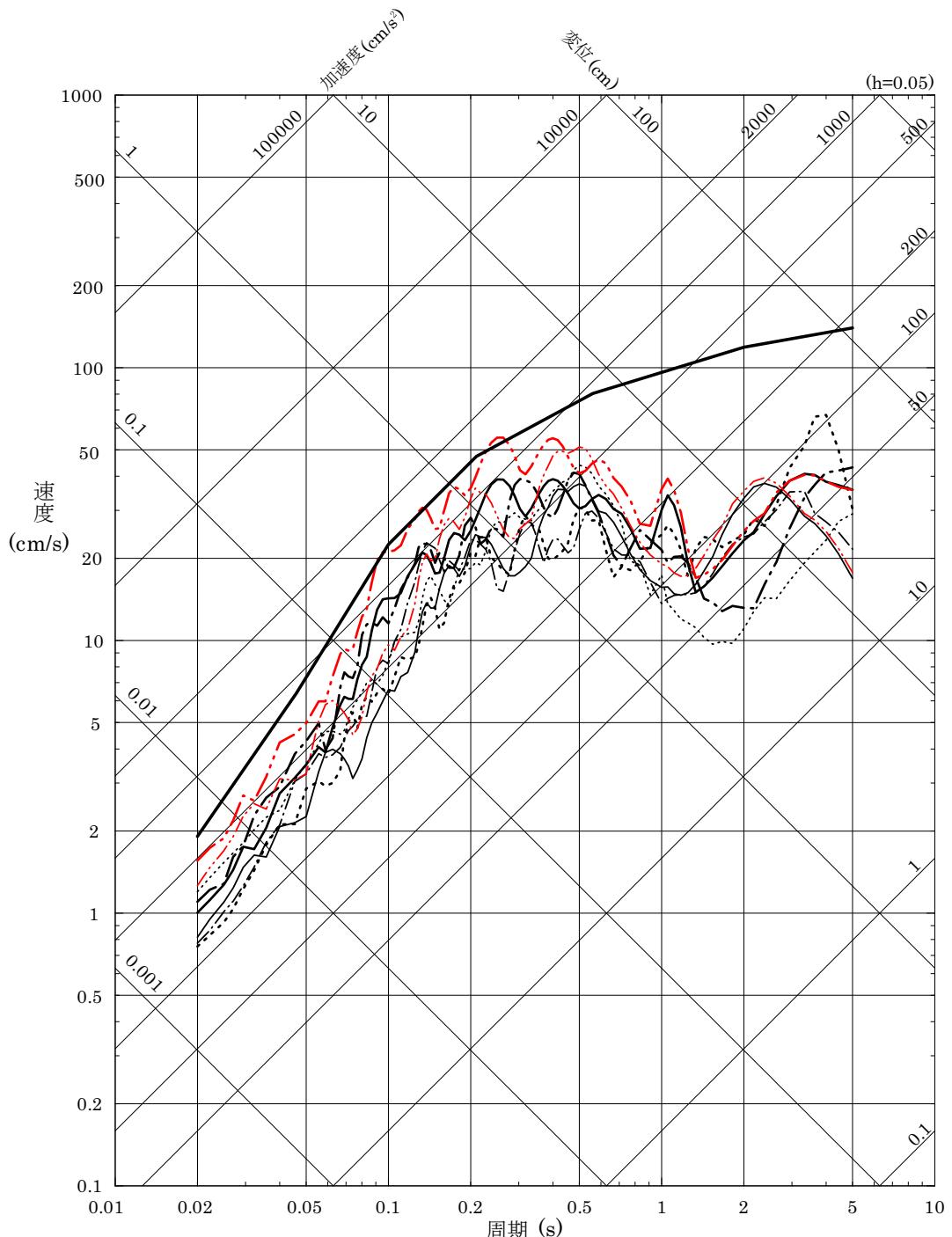
第 5.6-18 図(1) 基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル及び「宍道断層による地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (水平方向)

基準地震動 S s – 1 V の設計用応答スペクトル
 基本震源モデル
 不確かさを考慮したケース (破壊開始点)
 不確かさを考慮したケース (断層傾斜角)
 不確かさを考慮したケース (応力降下量) [基準地震動 S s – 2 V]



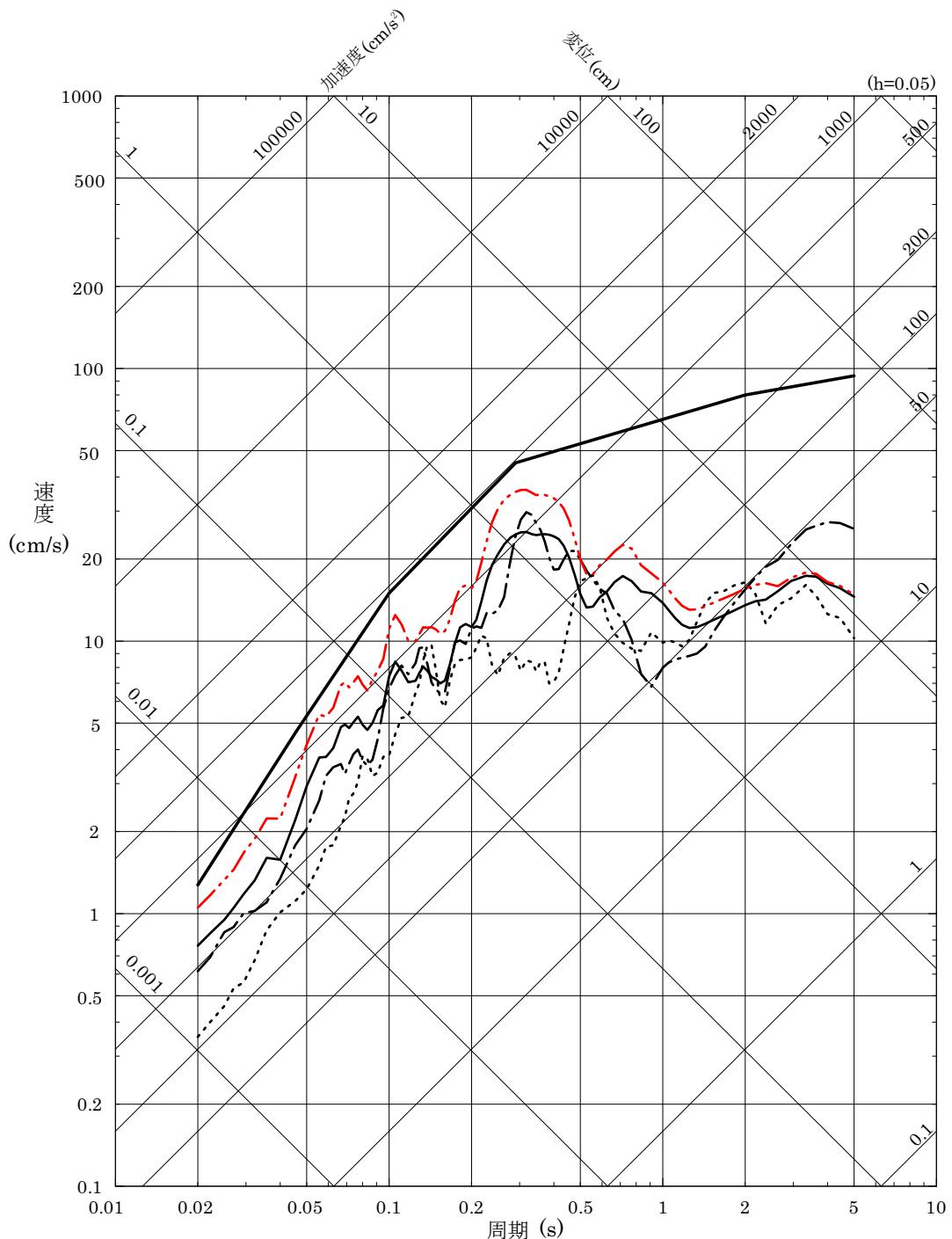
第 5.6-18 図(2) 基準地震動 S s – 1 V の設計用応答スペクトル及び「宍道断層による地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (鉛直方向)

基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル
 基本震源モデル NS 成分
 基本震源モデル EW 成分
 不確かさを考慮したケース (破壊開始点) NS 成分
 不確かさを考慮したケース (破壊開始点) EW 成分
 不確かさを考慮したケース (アスペリティ位置) NS 成分
 不確かさを考慮したケース (アスペリティ位置) EW 成分
 不確かさを考慮したケース (応力降下量) NS 成分 [基準地震動 S s – 3 H (NS 成分)]
 不確かさを考慮したケース (応力降下量) EW 成分 [基準地震動 S s – 3 H (EW 成分)]



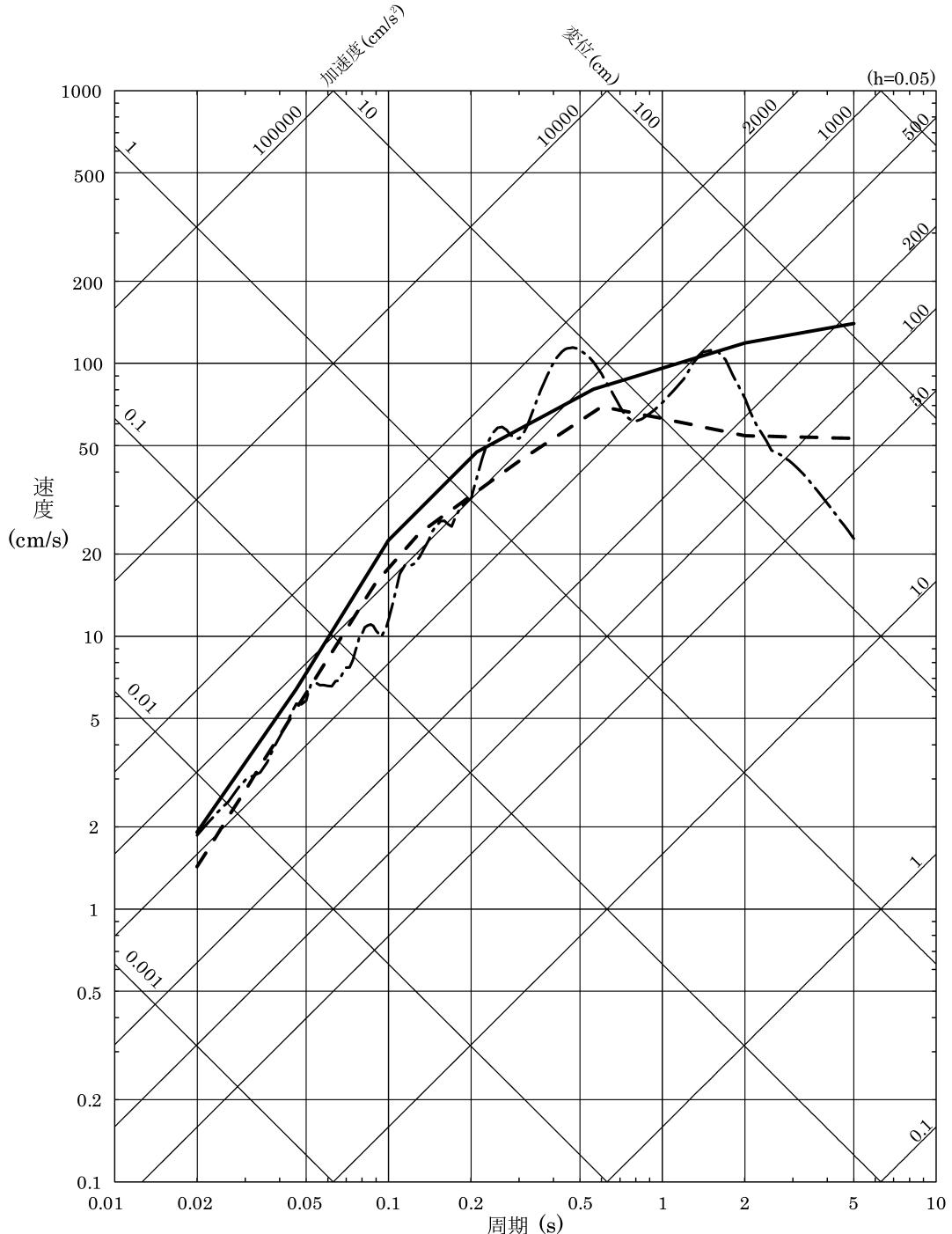
第 5.6-19 図(1) 基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル及び「F – III 断層 + F – IV 断層 + F K – 2 断層による地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（水平方向）

── 基準地震動 S s – 1 V の設計用応答スペクトル
 ── 基本震源モデル
 不確かさを考慮したケース（破壊開始点）
 - - - 不確かさを考慮したケース（アスペリティ位置）
 - - - 不確かさを考慮したケース（応力降下量） [基準地震動 S s – 3 V]



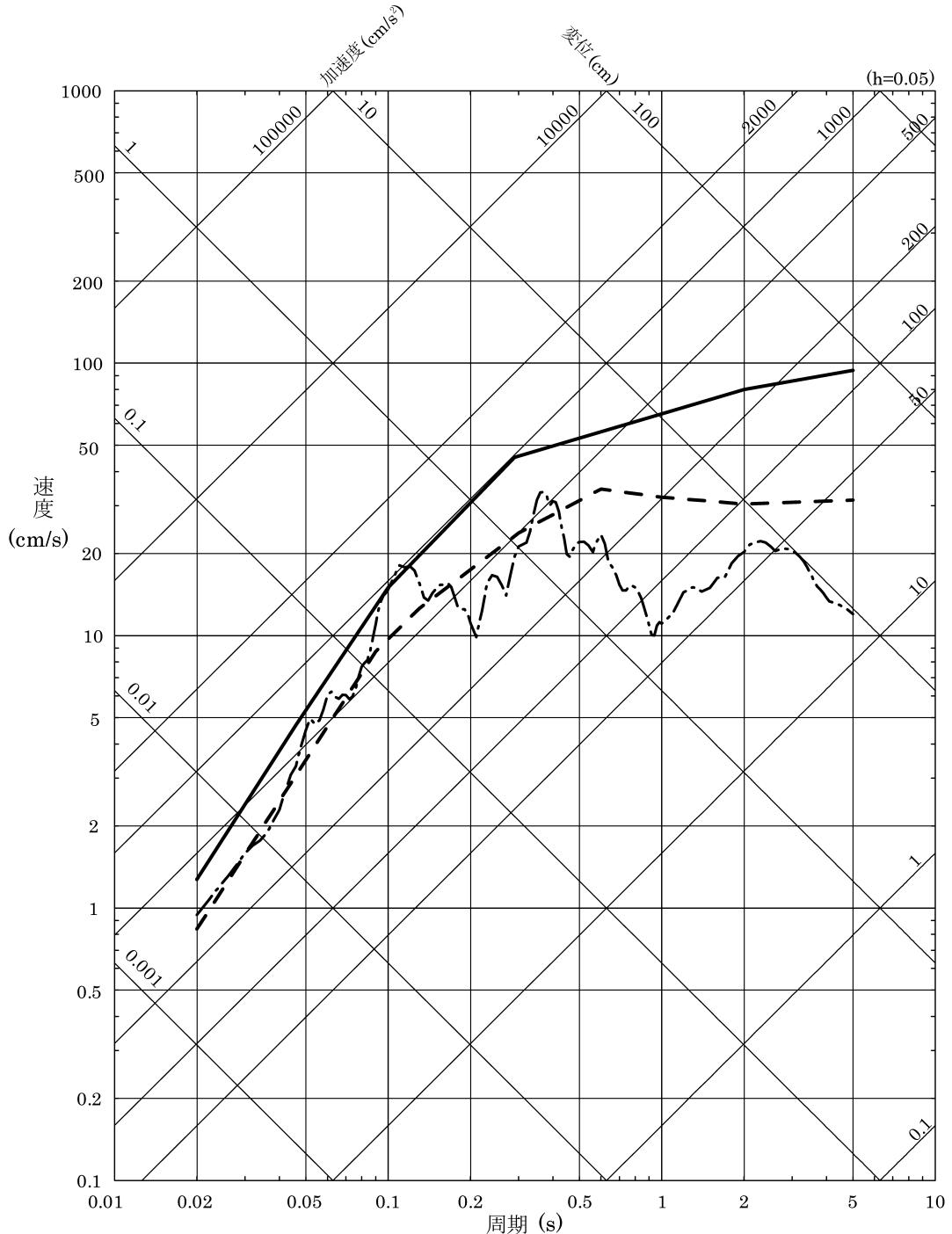
第 5.6-19 図(2) 基準地震動 S s – 1 V の設計用応答スペクトル及び「F – III断層 + F – IV断層 + F K – 2断層による地震」の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（鉛直方向）

————— 基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル
 - - - 震源を特定せず策定する地震動
 [震源を特定せず策定する地震動の検討対象地震]
 - - - 2004年北海道留萌支庁南部地震 [基準地震動 S s – 4 H]

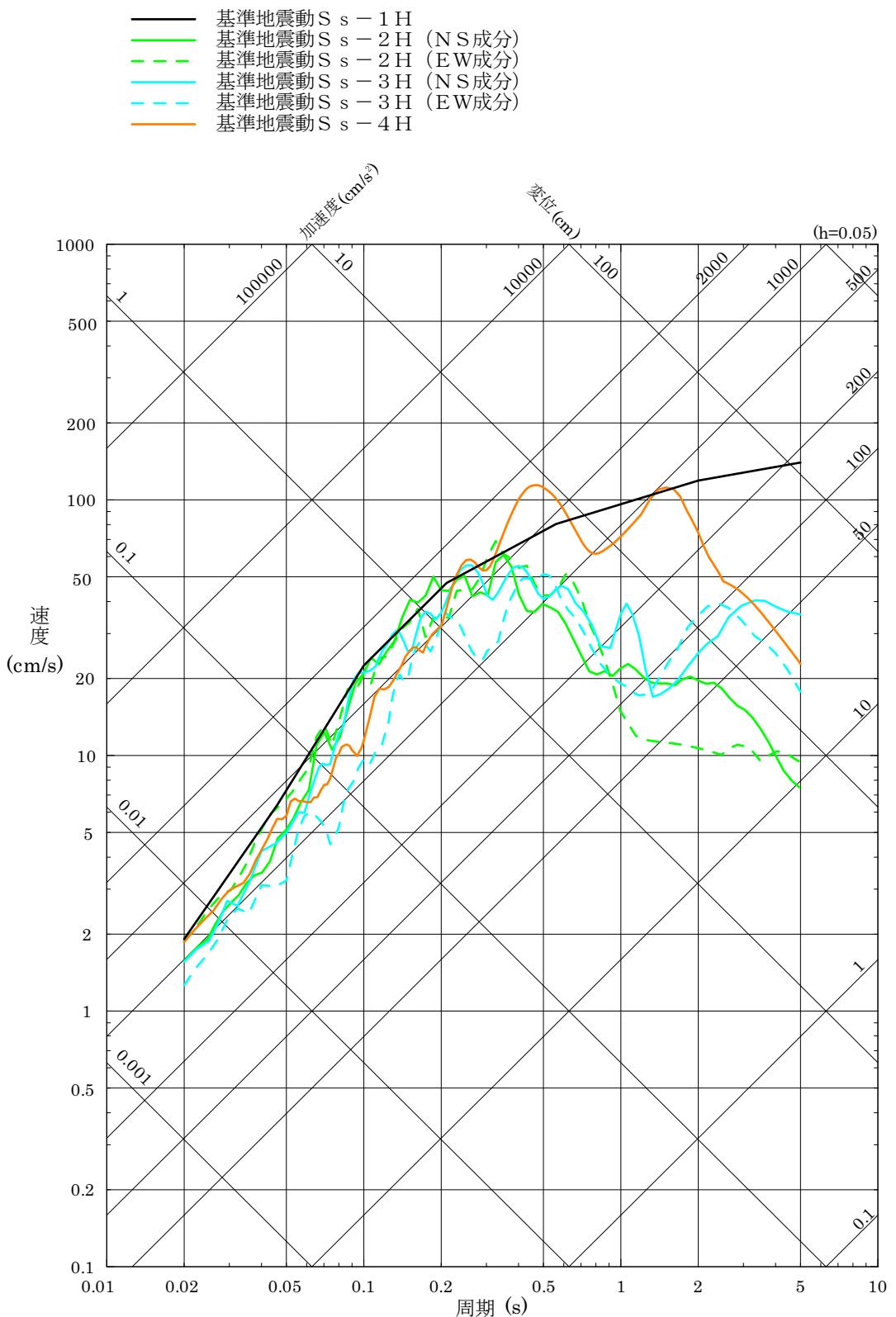


第 5.6-20 図(1) 基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル, 「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル及び検討対象地震の応答スペクトル (水平方向)

————— 基準地震動 S s – 1 V の設計用応答スペクトル
 - - - 震源を特定せず策定する地震動
 [震源を特定せず策定する地震動の検討対象地震]
 - - - 2004年北海道留萌支庁南部地震 [基準地震動 S s – 4 V]

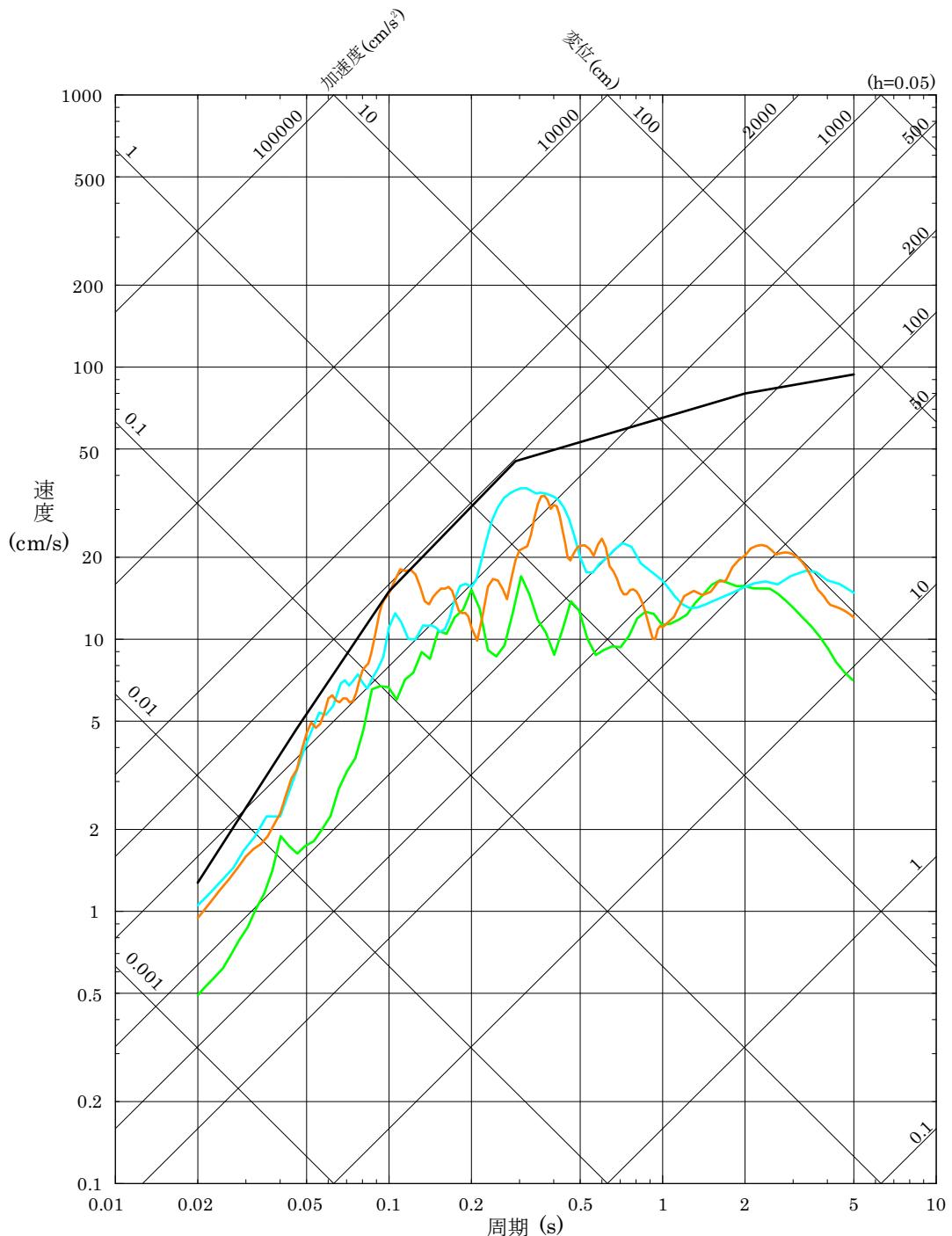


第 5.6-20 図(2) 基準地震動 S s – 1 V の設計用応答スペクトル, 「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル及び検討対象地震の応答スペクトル (鉛直方向)

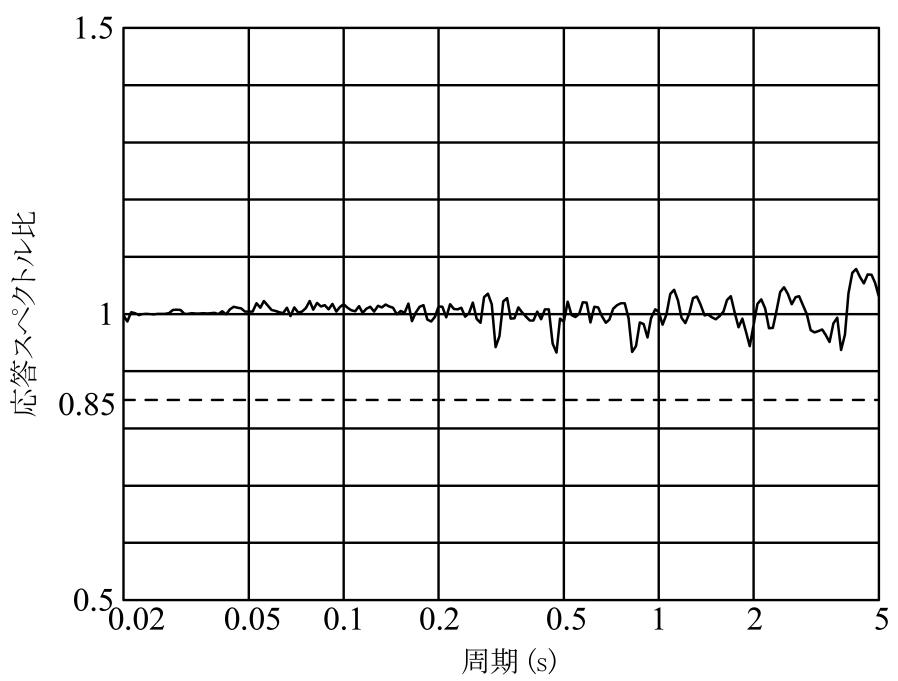


第 5.6-21 図(1) 基準地震動 S s の応答スペクトル (水平方向)

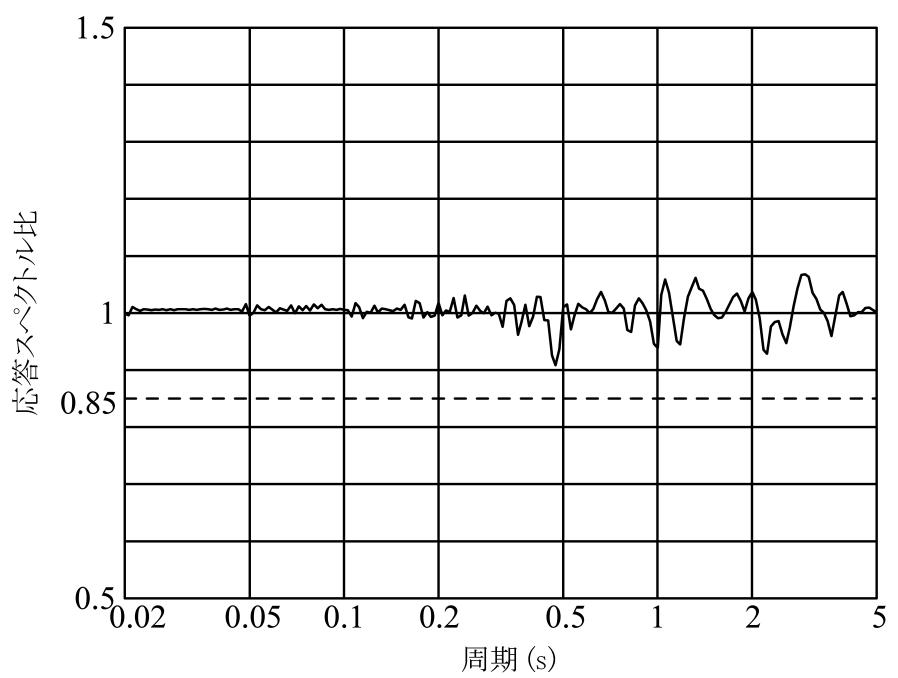
- 基準地震動 S s - 1 V
- 基準地震動 S s - 2 V
- 基準地震動 S s - 3 V
- 基準地震動 S s - 4 V



第 5.6-21 図(2) 基準地震動 S s の応答スペクトル (鉛直方向)

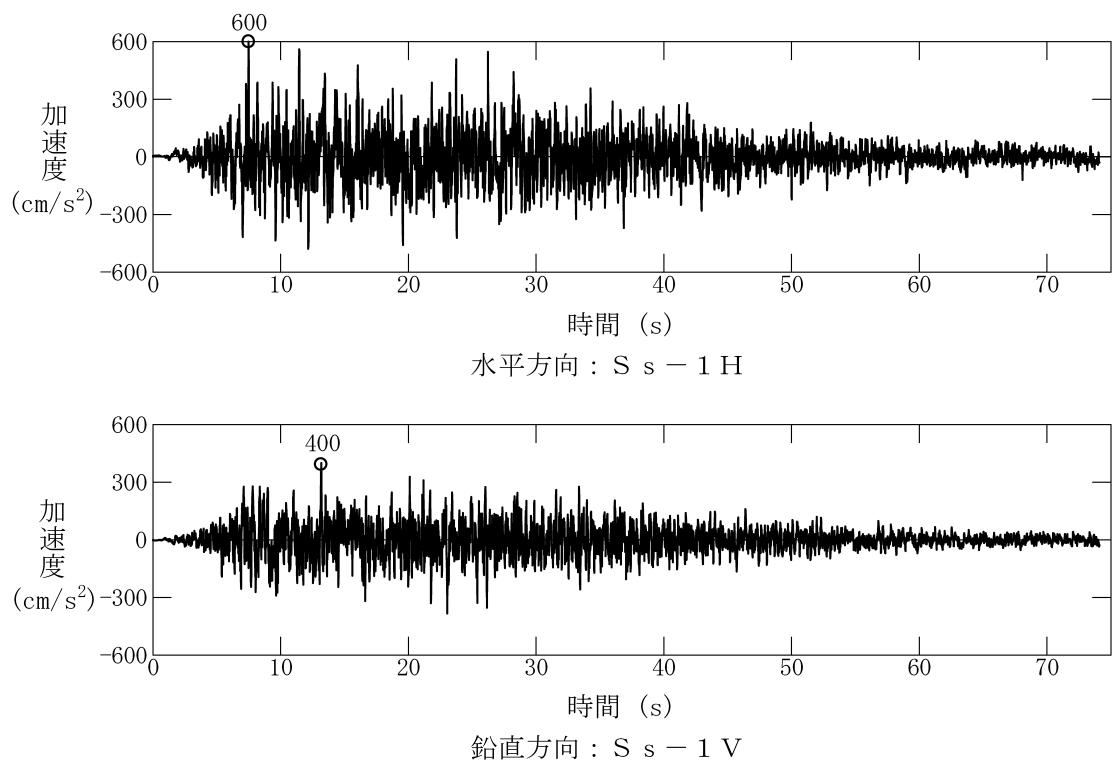


水平方向

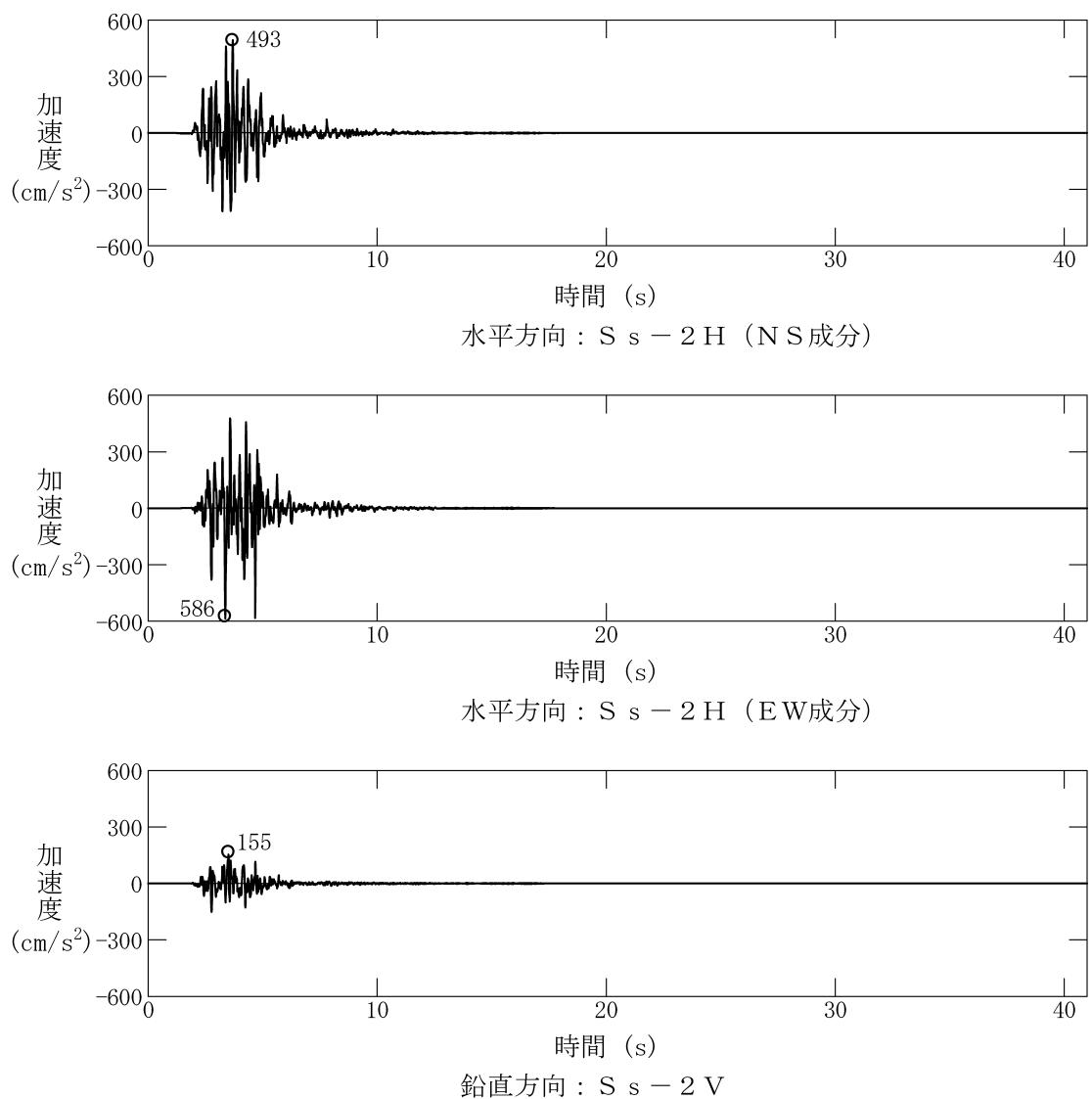


鉛直方向

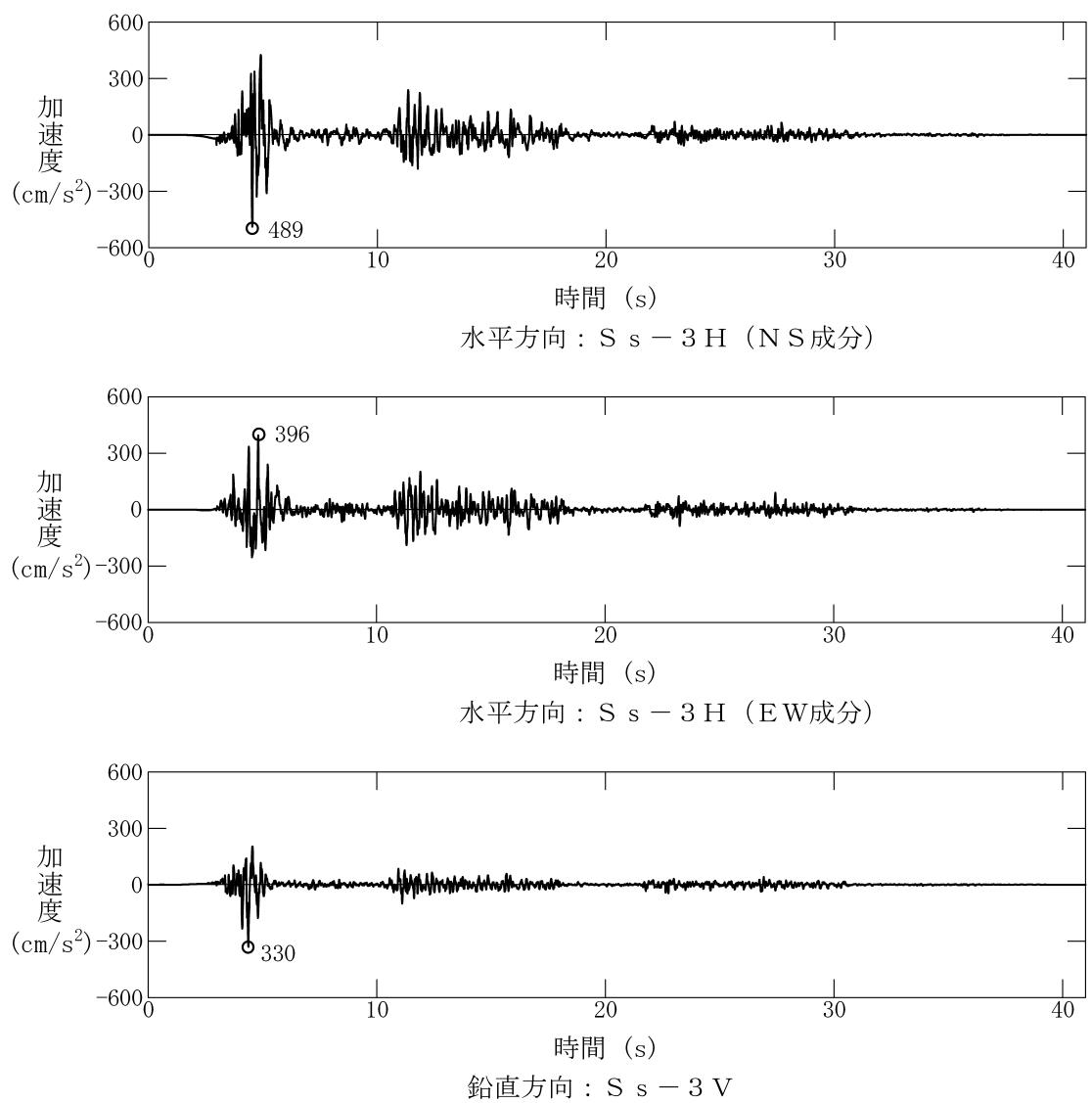
第 5.6-22 図 基準地震動 S s - 1 の設計用応答スペクトルに対する設計用模擬地震波の応答スペクトル比



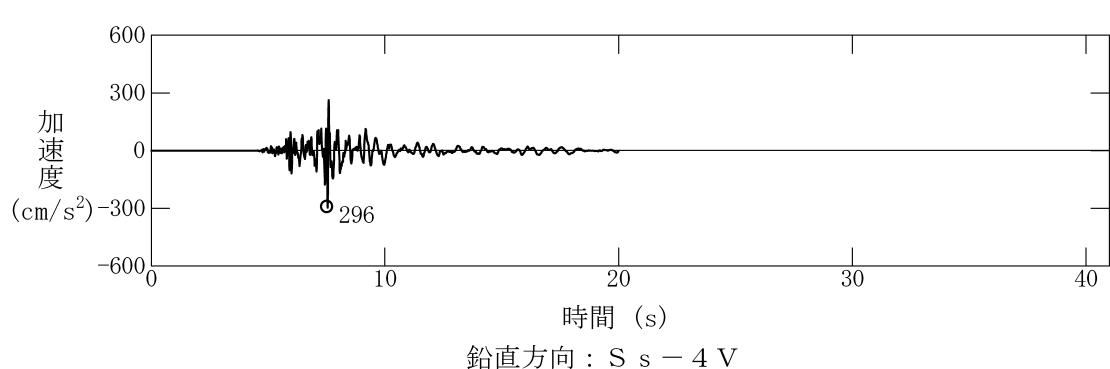
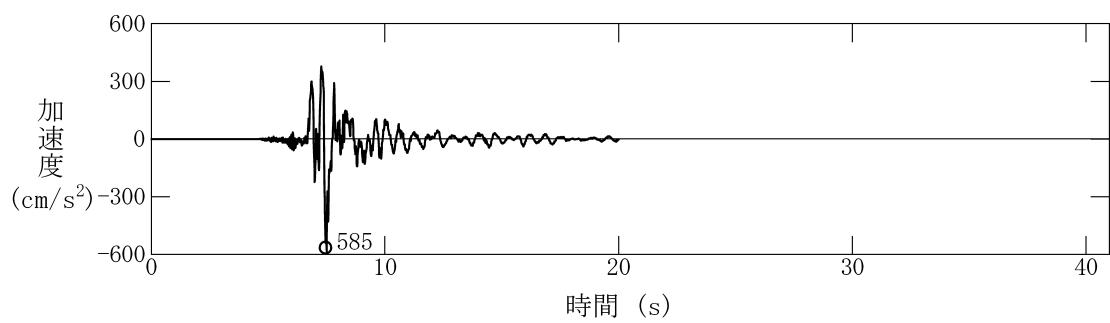
第 5.6-23 図 基準地震動 S s - 1 の設計用模擬地震波の時刻歴波形



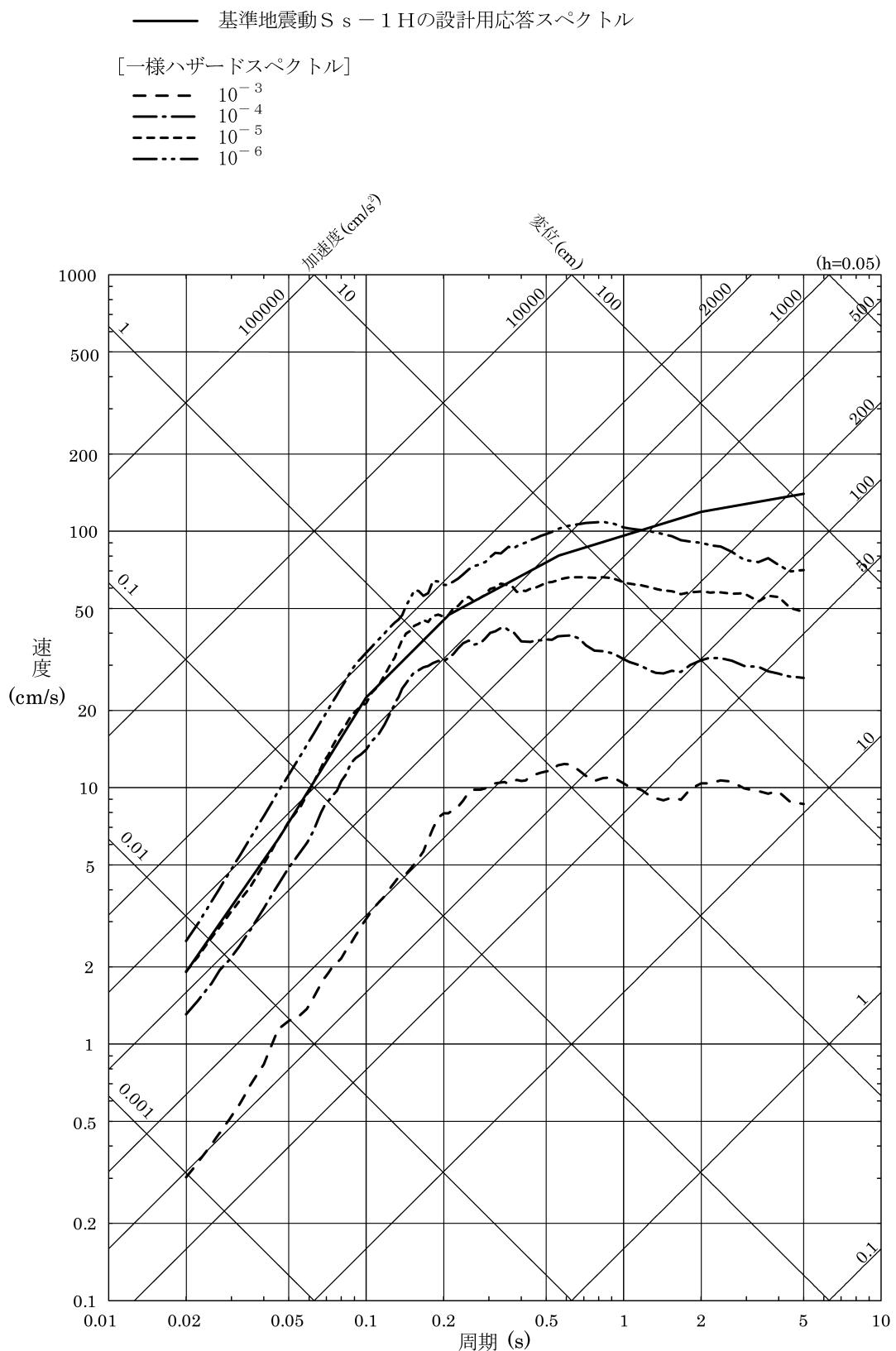
第 5.6-24 図 基準地震動 S s - 2 の時刻歴波形



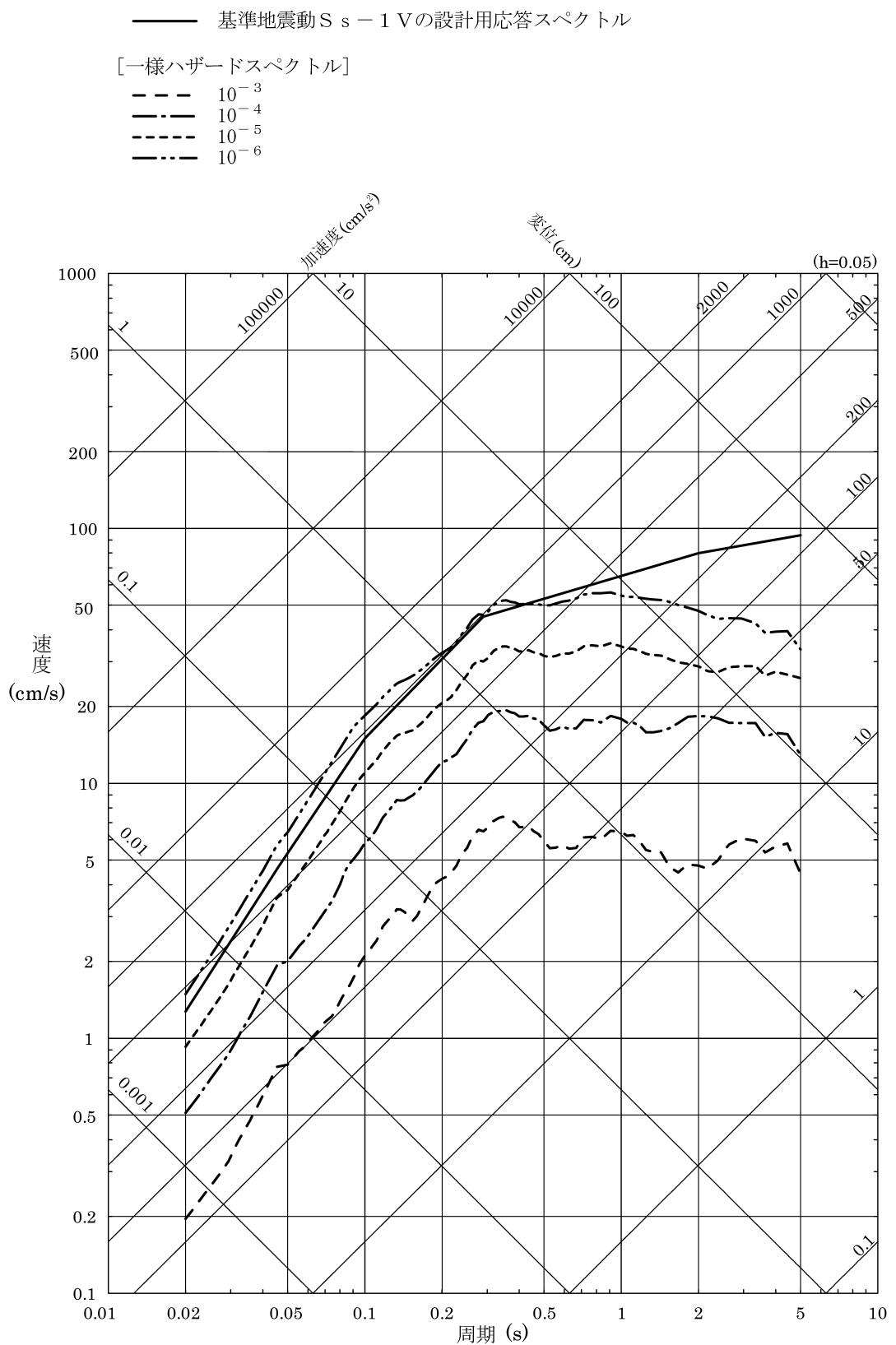
第 5.6-25 図 基準地震動 S s - 3 の時刻歴波形



第 5.6-26 図 基準地震動 S s - 4 の時刻歴波形



第 5.6-27 図(1) 基準地震動 S s – 1 H の設計用応答スペクトル及び敷地における地震動の一様ハザードスペクトル (水平方向)



第 5.6-27 図(2) 基準地震動 S s – 1 V の設計用応答スペクトル及び敷地における地震動の一様ハザードスペクトル (鉛直方向)

6. 津波

6.1 基本方針

施設の安全設計に用いる基準津波は、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策定する。

また、基準津波の策定に当たっては、地震のほか、地震以外の要因及びこれらの組合せによるものも検討し、不確かさを考慮して数値解析を実施するとともに、行政機関及び地方自治体による津波評価について、波源設定の考え方等を精査し反映する。

評価フローを第6.1-1図に示す。

6.2 既往津波の検討

6.2.1 文献調査等による既往津波に関する検討

文献調査の結果^{(1)～(15)}より、日本海側で発生した既往津波のうち、敷地の位置する山陰沿岸に影響を及ぼしたと考えられる主な津波を抽出した。

これらの津波の概要を第6.2-1表に、1600年以降に発生した津波の波源位置を第6.2-1図に示す。

1872年に島根県西部で浜田地震による津波が発生したが、山陰沖、対馬海峡及び九州の西方海域ではほとんど津波は発生していない。

なお、1600年以前に山陰沖で発生したと考えられる主な津波として、1026年の万寿津波が挙げられるが、飯田（1979）⁽¹⁶⁾及び渡辺（1998）⁽²⁾によると少なくとも島根半島には津波による影響はなかったものと考えられる。

また、島根県及び鳥取県の沿岸部の市町村史等を対象として津波及び津波被害の記述・伝承を確認した結果、文献調査により確認した津波以外については、いずれも規模に関する具体的記述等がないものであった。

既往津波について調査した結果、島根半島に比較的大きな影響を与えたと考えられる津波として、1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖地震津波があるが、発電所敷地内においてそれらを観測した記録はなく、敷地への影響はなかった。

島根半島におけるそれらの既往津波高の記録を第6.2-2表及び第6.2-2図に示す。

1983年日本海中部地震津波では、津波の最大高さ（検潮記録）は、能代港で194cm⁽¹⁰⁾、次いで両津の127cm⁽¹⁰⁾となっている。一方、敷地周辺の記録としては、気象庁境検潮所で津波の最大高さは42cm⁽¹⁰⁾であり、また、既往津波高として、鹿島町恵曇^{えども}で0.6m、1.0m、4.7m（港外）⁽¹¹⁾、片匂^{かたく}で0.7m⁽¹¹⁾、御津^{みづ}で約1m⁽¹⁰⁾が記録されている。

1993年北海道南西沖地震津波では、既往津波高の最大は、北海道奥尻島の藻内^{もない}地区で約29m⁽¹²⁾となっている。一方、敷地周辺の記録としては、気象庁境検潮所で津波の最大高さは37cm⁽¹²⁾であり、また、既往津波高とし

て、恵曇で約1.4m⁽¹³⁾、片句で1.7m⁽¹³⁾、御津で約2m⁽¹²⁾が記録されている。

6.2.2 数値シミュレーションの対象津波の選定

1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖地震津波が、敷地に与える影響が大きいことから、これらの津波を再現性確認のための検証解析及び敷地における予測解析の対象となる既往津波として選定した。

6.2.3 津波の数値シミュレーションの手法と条件

計算条件を第6.2-3表に、計算領域と水深を第6.2-3図に、計算領域と格子分割を第6.2-4図に示す。

計算は日本海全域を対象とし、海底地形のモデル化に当たっては、水深と津波の周期から推定される津波の波長を考慮したうえで、計算格子間隔を設定⁽²⁰⁾し、敷地周辺では6.25mの計算格子を用いた。

また、海底地形は日本水路協会等による海底地形図^{(21)～(25)}を用いてモデル化し、特に敷地周辺については、深浅測量による地形図を用いて詳細にモデル化した。

6.2.4 既往津波の再現性

数値シミュレーションによる津波の再現性の評価に際しては、敷地周辺及び島根半島沿岸における既往津波高と数値シミュレーションによる計算津波高を比較した。

再現性の評価の指標としては、相田（1977）⁽²⁶⁾による既往津波高と計算津波高との比の幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ を用いた。

以下に、幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ の算定式を示す。

$$\log K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log K_i)$$

$$\log \kappa = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right]^{1/2}$$

$$K_i = \frac{R_i}{H_i}$$

ここに、 R_i は*i*番目の地点の観測値（既往津波高）であり、 H_i は数値シミュレーションによる計算津波高である。

なお、幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ については、土木学会（2002）⁽¹⁾により「 $0.95 < K < 1.05$ 、 $\kappa < 1.45$ 」が再現性の目安とされている。

数値シミュレーションによる津波の再現性について、以下のとおり検討した。

1983年日本海中部地震津波に対しては、相田（1984）⁽²⁷⁾による波源モデルを設定し、1993年北海道南西沖地震津波に対しては、高橋ほか（1995）⁽²⁸⁾による波源モデルを設定し、津波の再現計算を行った。これらの波源モデルの断層パラメータ及びその設定位置を第6.2-5図に示す。

再現性の評価は、数値シミュレーションによる計算津波高と文献^{(10)～(13)}による既往津波高を比較し、計算結果の再現性を検証した。

島根半島沿岸域における既往津波高と計算津波高の比較を第6.2-4表及び第6.2-6図に示す。

結果は第6.2-5表に示すとおり、いずれも土木学会（2002）による再現性の目安を満足している。

6.2.5 既往津波の予測結果

1983年日本海中部地震津波の数値シミュレーション結果から求めた敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布、代表地点における計算水位の時刻歴波形を第6.2-7図に示す。

これによると、敷地における最大水位上昇量は施設護岸では+1.53mである。また、2号炉取水口における最大水位下降量は-1.73mである。

1993年北海道南西沖地震津波の数値シミュレーション結果から求めた敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布、代表地点における計算水位の時刻歴波形を第6.2-8図に示す。

これによると、敷地における最大水位上昇量は施設護岸では+1.27mである。また、2号炉取水口における最大水位下降量は-1.10mである。

6.3 基準津波の検討

6.3.1 地震による津波の想定及び数値シミュレーション

地震による津波の想定に当たっては、敷地周辺の既往津波、敷地周辺の海域の活断層及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波を考慮するとともに、想定津波の数値シミュレーションに当たっては、土木学会（2002）を参考に、想定津波の波源モデルに係る不確定性を考慮したパラメータスタディを実施する。

6.3.1.1 海域活断層から想定される地震に伴う津波の検討

(1) 簡易予測式による津波高さの検討

海域活断層から想定される地震に伴う津波については、敷地周辺の海域において、後期更新世以降の活動を考慮する断層及び撓曲を対象として、阿部（1989）⁽²⁹⁾の予測式により、敷地における津波高さを検討した。

主な海域の活断層を第6.3-1図に、阿部（1989）の予測式による津波の予測高の算定フローを第6.3-2図に、津波の予測高を第6.3-1表に示す。

第6.3-1表に示すとおり、津波の予測高が最大となる断層はF-III断層、F-IV断層及びF_K-2断層が連動する場合（以下、「F-III～F_K-2断層」という）であり、予測高は+3.6mである。

(2) 数値シミュレーションによる津波の検討

阿部（1989）の予測式により予測高が比較的大きくなる断層を対象として、土木学会（2002）に基づき、海域の活断層に係る不確かさの因子である、傾斜角、すべり角（主応力軸のバラツキを考慮して傾斜角と走向に基づき設定）及び断層上縁深さを変化させた数値シミュレーションを多数実施するパラメータスタディを行った。

これらの結果、敷地における最大水位上昇量はF-III～F_K-2断層（北上り）から想定される津波であり、施設護岸では+8.24mである。また、2号炉取水口における最大水位下降量はF-III～F_K-2断層（南

上り) から想定される津波による -4.36m である。

波源モデルと初期変位分布、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布、計算水位の時刻歴波形を第6.3-3図、第6.3-4図に示す。

6.3.1.2 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討

土木学会(2002)及び地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会(2003)⁽³²⁾を参考に、日本海東縁部に想定される地震規模に応じた波源の基準断層モデルを設定し、断層パラメータを多数変化させた数値シミュレーションを行った。

(1) 基準断層モデルの設定

第6.3-5図に示すように、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波として、北海道北西沖から新潟県沖までの広範囲な海域にモーメントマグニチュード $M_w = 7.85$ の基準断層モデルを設定した。

(2) 概略パラメータスタディ結果

基準断層モデルを用いて、第6.3-5図に示すように、位置、走向及び傾斜角を組み合わせた多数の数値シミュレーションを実施し支配的な波源位置を設定した。

(3) 詳細パラメータスタディ結果

概略パラメータスタディで決定した波源位置で、波源位置、傾斜角、断層上縁深さ及び走向をそれぞれ変化させた場合の数値シミュレーションを実施した。

これらの結果、敷地に最も大きな影響を及ぼす津波は、秋田沖～新潟沖に波源を設定した場合の津波であり、敷地における最大水位上昇量は施設護岸では $+5.00\text{m}$ である。また、2号炉取水口における最大水位下降量は -4.42m である。

波源モデルと初期変位分布、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布、計算水位の時刻歴波形を第6.3-6図、第6.3-7図に示す。

6.3.2 地震以外の要因による津波の想定及び数値シミュレーション

地震以外の要因による津波の想定に当たっては、敷地周辺の既往津波の状況、地滑り及び火山現象に起因する津波を考慮する。

6.3.2.1 海底地滑りに起因する津波の検討

(1) Wattsほか (2005) の方法を用いた数値シミュレーションによる津波の検討

敷地に影響を与える津波として、隠岐トラフ及び対馬海盆のうち島根半島に近い大陸斜面を対象とした地滑りに関する文献調査^{(33)～(40)}等を行い、海底地滑りの位置及び規模を算定し、Wattsほか (2005)^{(41), (42)}の方法を用いた数値シミュレーションを実施した。

敷地周辺の海底地滑り位置を第6.3-8図に、Wattsほか (2005) の方法を用いた数値シミュレーションの算定フローを第6.3-9図に、数値シミュレーションの結果を第6.3-2表に示す。

第6.3-2表に示すとおり、最大水位上昇量が最大となる地滑り地形は地滑り①であり、最大水位上昇量は+1.32mである。

(2) 二層流モデルによる津波の検討

Wattsほか (2005) の方法を用いた数値シミュレーションによる最大水位上昇量が最大となる地滑り地形を対象として、二層流モデル^{(43), (44)}により詳細に検討した。

二層流モデルによる計算条件を第6.3-3表に示す。

この結果、敷地における最大水位上昇量は施設護岸では+2.62mである。また、2号炉取水口における最大水位下降量は-2.11mである。

地滑り地形の断面形状を第6.3-10図、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布、計算水位の時刻歴波形を第6.3-11図、第6.3-12図に示す。

6.3.2.2 海底地滑り以外に起因する津波の検討

陸上での地滑り及び火山現象に起因する津波については、その規模と敷地からの距離を考慮すると、いずれも海底地滑りによる津波の影響を上回らないと考えられる。

6.3.3 行政機関等による津波評価の検討及び数値シミュレーション

行政機関及び地方自治体による津波評価について、安全側の評価を実施する観点から、数値シミュレーション等を実施した結果、敷地に最も影響を与える津波は鳥取県（2012）⁽⁴⁵⁾が日本海東縁部に想定した地震に伴う津波であり、敷地における最大水位上昇量は施設護岸では+8.99mである。また、2号炉取水口における最大水位下降量は-5.72mである。

波源モデルと初期変位分布、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布、計算水位の時刻歴波形を第6.3-13図、第6.3-14図に示す。

6.3.4 基準津波の策定

数値シミュレーションの結果、敷地における最大水位上昇量を与える津波は鳥取県（2012）が日本海東縁部に想定した地震に伴う津波である。

また、2号炉取水口における最大水位下降量を与える津波は鳥取県（2012）が日本海東縁部に想定した地震に伴う津波である。

したがって、鳥取県（2012）が日本海東縁部に想定した地震に伴う津波を日本海東縁部の想定津波とし、これを基準津波として設定する。

基準津波評価地点及び計算水位の時刻歴波形を第6.3-15図に示す。

なお、日本海東縁部又は海域活断層の波源と海底地滑りとの位置関係を踏まえると、両者の重畠を考慮する必要はないと考えられる。

6.4 基準津波による水位の検討

6.4.1 施設護岸及び取水口における水位の検討

数値シミュレーションの結果、最大水位上昇量は施設護岸では+8.99mであり、最高水位は朔望平均満潮位T.P.+0.46mを考慮するとT.P.+9.5m程度である。

敷地における最大水位上昇量の分布及び計算水位の時刻歴波形を第6.3-13図に示す。

また、2号炉取水口における最大水位下降量は-5.72mであり、最低水位は朔望平均干潮位T.P.-0.02mを考慮するとT.P.-5.8m程度である。

2号炉取水口における最大水位下降量の計算水位の時刻歴波形を第6.3-14図に示す。

6.4.2 取水・放水施設における水位の検討

6.4.2.1 水位変動の数値シミュレーションの手法と条件

1～3号炉の取水口から取水槽に至る経路及び放水口から放水槽に至る経路について水理特性による水位変動の数値シミュレーションを実施した。

2号炉取水施設計算条件を第6.4-1表に、2号炉取水施設を第6.4-1図に示す。

6.4.2.2 検討結果

数値シミュレーションの結果、朔望平均満潮位を考慮した2号炉取水槽における最高水位はT.P.+8.6m程度である。

2号炉取水口での計算水位の時刻歴波形、取水施設の水理特性による水位変動の検討結果を第6.4-2図、第6.4-3図に示す。

また、朔望平均干潮位を考慮した2号炉取水槽における最低水位はT.P.-7.2m程度である。

2号炉取水口での計算水位の時刻歴波形、取水施設の水理特性による水位変動の検討結果を第6.4-4図、第6.4-5図に示す。

6.5 基準津波による砂移動に対する検討

6.5.1 砂移動に関する数値シミュレーションの手法と条件

藤井ほか（1998）⁽⁴⁹⁾ 及び高橋ほか（1999）⁽⁵⁰⁾ の手法に基づき、津波による砂移動の数値シミュレーションを実施した。

数値シミュレーションのフローを第6.5-1図に、数値シミュレーションの手法及び条件を第6.5-1表に示す。

6.5.2 検討結果

数値シミュレーションの結果、取水口付近の砂の堆積は7cm程度である。砂移動に伴う地形変化量の分布を第6.5-2図に示す。

6.6 超過確率の参照

6.6.1 評価方針

日本原子力学会（2012）⁽⁵²⁾を踏まえて、確率論的津波ハザード評価を行い、基準津波による水位の年超過確率を検討した。

6.6.2 超過確率の検討

敷地に影響を与える波源域を選定し、数値シミュレーションにより、水位の年超過確率を検討した。その結果、施設護岸における最高水位に対する年超過確率は 10^{-5} 程度である。また、2号炉取水槽における最高水位に対する年超過確率は 10^{-4} 程度である。

6.7 参考文献

- (1) (社)土木学会原子力土木委員会津波評価部会 (2002) : 原子力発電所の津波評価技術.
- (2) 渡辺偉夫 (1998) : 日本被害津波総覧【第2版】，東京大学出版会，238p.
- (3) 国立天文台編 (2009) : 理科年表 平成22年 (机上版)，丸善，1041p.
- (4) 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，605p.
- (5) 羽鳥徳太郎 (1984) : 日本海の歴史津波，月刊海洋科学，Vol. 16, pp. 538 – 545.
- (6) 羽鳥徳太郎 (1995) : 日本海沿岸における津波のエネルギー分布，地震，第2輯，第48巻，pp. 229 – 233.
- (7) 都司嘉宣，加藤健二，荒井賢一，上田和枝 (1994) : 北海道南西沖地震津波の西日本海岸での浸水高，月刊海洋，号外No. 7，pp. 192 – 200.
- (8) 羽鳥徳太郎 (1994) : 山陰地方の津波の特性，津波工学研究報告，第11号，pp. 33 – 40.
- (9) 阿部邦昭 (1996) : 津波に対する島のレンズ効果－その1. 1993年北海道南西沖地震津波，地震，第2輯，第49巻，pp. 1 – 9.
- (10) 気象庁 (1984) : 昭和58年 (1983年) 日本海中部地震調査報告，気象庁技術報告，第106号，252p.
- (11) (社)土木学会日本海中部地震震害調査委員会 (1986) : 1983年日本海中部地震震害調査報告書，(社)土木学会，pp. 111 – 181.
- (12) 気象庁 (1995) : 平成5年 (1993年) 北海道南西沖地震調査報告，気象庁技術報告，第117号，281p.
- (13) (社)土木学会耐震工学委員会 (1997) : 1993年北海道南西沖地震震害調査報告，(社)土木学会，pp. 76 – 106.
- (14) 羽鳥徳太郎・片山通子 (1977) : 日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域，東京大学地震研究所彙報，Vol. 52, pp. 49 – 70.
- (15) 羽鳥徳太郎 (1984) : 北海道渡島沖津波 (1741年) の挙動の再検討－1983

年日本海中部地震津波との比較－， 東京大学地震研究所彙報， Vol. 59,
pp. 115－125.

- (16) 飯田汲事 (1979) : 歴史地震の研究 (2) 万寿 3 年 5 月 23 日 (1026 年 6
月 16 日) の地震および津波の災害について， 愛知工業大学研究報告. B,
14 号， pp. 199－206.
- (17) Mansinha, L. and Smylie, D. E. (1971) : The displacement fields of
inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am. , Vol. 61, pp. 1433－1440.
- (18) 後藤智明・小川由信 (1982) : Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法，
東北大学工学部土木工学科資料， 52p.
- (19) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫 (1998) : GIS を利用した津波遡上計算
と被害推定法， 海岸工学論文集， 第 45 卷， pp. 356－360.
- (20) 長谷川賢一・鈴木孝夫・稻垣和男・首藤伸夫 (1987) : 津波の数値実験
における格子間隔と時間積分間隔に関する研究， 土木学会論文集， 第 381
号， II - 7 , pp. 111－120.
- (21) 日本水路協会 (2007) : 海底地形デジタルデータ M7009 (北海道西部),
M7010 (秋田沖), M7011 (佐渡), M7014 (対馬海峡), M7015 (北海道北部),
M7024 (九州西岸海域) .
- (22) 日本水路協会 (2008) : 海底地形デジタルデータ M7012 (若狭湾), M7013
(隱岐) .
- (23) 日本水路協会 (2003) : JT0P030 日本近海 30 秒グリッド水深データ
(M1407) .
- (24) 日本海洋データセンター (2002) : J-EGG500 500m メッシュ水深データ.
- (25) NGDC (2006) : ETOP02v2 2-Minute Gridded Global Relief Data.
- (26) 相田勇 (1977) : 三陸沖の古い津波のシミュレーション， 東京大学地震
研究所彙報， Vol. 52, pp. 71－101.
- (27) 相田勇 (1984) : 1983 年日本海中部地震津波の波源数値モデル， 東京大
学地震研究所彙報， Vol. 59, pp. 93－104.
- (28) 高橋武之・高橋智幸・首藤伸夫 (1995) : 津波数値計算による北海道南

- 西沖地震の検討, 地球惑星科学関連学会1995年合同大会予稿集, pp. 370.
- (29) 阿部勝征(1989):地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 64, pp. 51–69.
- (30) 武村雅之 (1998) : 日本列島における地殻内地震のスケーリング則－地震断層の影響および地震被害との関連－, 地震第2輯, 第51巻, pp. 211–228.
- (31) Kanamori, H. (1977) : The energy release in great earthquakes, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH Vol. 82, No. 20, pp. 2981–2987.
- (32) 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 (2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/03jun_nihonkai/index.html.
- (33) 徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壯・阿部寛信・坂井眞一・向山建二郎 (2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史, 海洋調査技術, 13:別添CD-ROM
- (34) 本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・村上文敏 (1979) : 日本海南部および対馬海峡周辺広域海底地質図 (100万分の1) 海洋地質図, 13号, 地質調査所
- (35) 玉木賢策・本座栄一・湯浅真人・西村清和・村上文敏 (1981) : 日本海中部海域広域海底地質図 (100万分の1) 海洋地質図, 15号, 地質調査所
- (36) 玉木賢策・湯浅真人・村上文敏 (1982) : 隠岐海峡海底地質図 (20万分の1), 海洋地質図, 20号, 地質調査所
- (37) 山本博文・上嶋正人・岸本清行 (1989) : 鳥取沖海底地質図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 35号, 地質調査所
- (38) 池原研・片山肇・佐藤幹夫 (1990) : 鳥取沖表層堆積図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 36号, 地質調査所
- (39) 池原研 (2007) : 日御崎沖表層堆積図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 62号 (CD), 地質調査総合センター

- (40) 池原研 (2010) : 隠岐海峡表層堆積図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 69号 (CD), 地質調査総合センター
- (41) Grilli, S. T., ASCE, M., and Watts, P. (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. I: Modeling, Experimental Validation, and Sensitivity Analyses, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp. 283–297.
- (42) Watts, P., Grilli, S. T., ASCE, M., Tappin, D. R., and Fryer, G. J. (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. II : Predictive Equations and Case Studies, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp. 298–310.
- (43) 今村文彦・後藤大地・鳴原良典・喜多村雄一・松原隆之・高岡一章・伴一彦 (2001) : 土砂突入による津波発生機構に関する基礎検討, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 321–325.
- (44) Maeno, F., and Imamura, F. (2007) : Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from Kikai caldera, Japan, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L23303, 2007
- (45) 鳥取県 (2012) : 鳥取県津波対策検討業務報告書概要 pp. 3 – 7.
- (46) (社)土木学会 (1999) : 「水理公式集[平成11年版]」, 713p.
- (47) 電力土木技術協会 (1995) : 「火力・原子力発電所土木構造物の設計－補強改訂版－」, 1102p.
- (48) 千秋信一 (1967) : 「発電水力演習」, 学献社, 423p.
- (49) 藤井直樹・大森政則・高尾真・金山進・大谷英夫 (1998) : 津波による海底地形変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 376–380.
- (50) 高橋智幸・首藤信夫・今村文彦・浅井大輔 (1999) : 掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 606–610.
- (51) 小林昭男・織田幸伸・東江隆夫・高尾誠・藤井直樹 (1996) : 津波による砂移動に関する研究, 海岸工学論文集, Vol. 43, pp. 691–695

(52) (社)日本原子力学会 (2012)：日本原子力学会標準 原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2011.

第6.2-1表 主な既往の津波一覧^{*1}

発生年月日	波源域 ^{*2} 震央位置 ^{*3}	地震 規模 ^{*4} M	津波 規模 ^{*5} m	地震・津波の概要 ^{*6}
1741. 8. 29 寛保元年	北海道南西沖 41.6° N 139.4° E	6.9 (?)	{ 3 }	渡島西岸・津軽・佐渡：渡島大島この月の上旬より活動、13日に噴火した。19日早朝に津波、北海道で死1467、流出家屋729、船1521破壊。津軽で田畠の損が多く、流失潰家約100、死37。佐渡・能登・若狭にも津波。
1762. 10. 31 宝暦12年	新潟県沖 38.1° N 138.7° E	7.0	1 ~ 2	佐渡：石垣・家屋が破損、銀山道が崩れ、死者があった。鵜島村で津波により26戸流出。新潟で地割れを生じ、砂と水を噴出。酒田・羽前・南村山郡・日光で有感。
1792. 6. 13 寛政4年	北海道西方沖 43.3/4° N 140.0° E	7.1	2	後志：津波があった。忍路で港頭の岸壁が崩れ、海岸に引き上げていた夷船漂流、出漁中の夷人5人溺死。美國でも溺死若干。
1793. 2. 8 寛政4年	青森県西方沖 40.85° N 139.95° E	7.0	1	西津軽：鰺ヶ沢・深浦で激しく、全体で潰家154、死12など。大戸瀬を中心に約12kmの沿岸が最高3.5m隆起した。小津波があり、余震が続いた。
1804. 7. 10 文化1年	秋田・山形県境 沿岸 39.05° N 139.95° E	7.0	1	羽前・羽後：「象潟地震」：5月より付近で鳴動があった。被害は全体で潰家5千以上、死300以上。象潟湖が隆起して乾陸あるいは沼となつた。余震が多かった。象潟・酒田などに津波の記事がある。
1833. 12. 7 天保4年	山形県沖 38.9° N 139.25° E	7.1/2	2	羽前・羽後・越後・佐渡：庄内地方で特に被害が大きく、潰家475、死42。津波が本庄から新潟に至る海岸と佐渡を襲い、能登で大破流出家約345、死約100。
1872. 3. 14 明治5年	島根県沖 35.15° N 132.1° E	7.1	0	石見・出雲：「浜田地震」：1週間ほど前から鳴動、当日には前震もあった。全体で全潰約5千、死約550、特に石見東部で被害が多かった。海岸沿いに数尺の隆起・沈降がみられ、小津波があつた。
1892. 12. 9 明治25年	石川県西岸 37.1° N 136.7° E	6.4	0	能登半島西岸：家屋・土蔵の破損があつた。11日にも同程度の地震があり、羽咋郡で全潰2、死1。
1940. 8. 2 昭和15年	北海道西方沖 44.25° N 139.47° E	7.5	2	北海道北西沖：「積丹半島沖地震」：震害はほとんどなく、津波による被害が大きかつた。波高は、羽幌・天塩2m、利尻3m、金沢・宮津1m。天塩河口で溺死10。
1947. 11. 4 昭和22年	北海道西方沖 43.82° N 141.02° E	6.7	1	北海道西方沖：北海道の西岸に津波があり、波高は利尻島沓形で2m、羽幌付近で0.7m、小被害があつた。
1964. 6. 16 昭和39年	新潟県沖 38.37° N 139.22° E	7.5	2	新潟県沖：「新潟地震」：新潟・秋田・山形の各県を中心に被害があり、死26、住家全壊1960、半壊6640、浸水15297、その他船舶・道路の被害も多かつた。新潟市内の各所で噴砂水がみられ、地盤の液状化による被害が著しかつた。石油タンクの火災が発生。津波が日本海沿岸一帯を襲い、波高は新潟県沿岸で4m以上に達した。粟島が約1m隆起した。
1983. 5. 26 昭和58年	秋田・青森県沖 40.36° N 139.08° E	7.7	3	秋田県沖：「昭和58年日本海中部地震」：被害は秋田県で最も多く、青森・北海道がこれに次ぐ。日本全体で死104（うち津波によるもの100）、傷163（同104）、建物全壊934、半壊2115、流失52、一部破損3258、船沈没255、流失451、破損1187。津波は早い所では津波警報発令以前に沿岸に到達した。石川・京都・島根など遠方の府県にも津波による被害が発生した。
1993. 7. 12 平成5年	北海道南西沖 42.78° N 139.18° E	7.8	3	北海道南西沖：「平成5年北海道南西沖地震」：地震に加えて津波による被害が大きく、死202、不明28、傷323。特に地震後間もなく津波に襲われた奥尻島の被害は甚大で、島南端の青苗地区は火災もあって壊滅状態、夜10時すぎの闇のなかで多くの人命、家屋等が失われた。津波の高さは青苗の市街地で10mを越えたところがある。

* 1 : 津波は渡辺（1998）⁽²⁾ が記載している日本海を波源とする津波のうち国立天文台編（2009）⁽³⁾ に記載されているもの。

* 2 : 波源域は渡辺（1998）による。

* 3 : 震央位置は宇佐美（2003）⁽⁴⁾ による。

* 4 : 地震規模は宇佐美（2003）の中央値による。

* 5 : 津波規模は渡辺（1998）による。ただし、1741年は宇佐美（2003）による。

* 6 : 地震・津波の概要は国立天文台編（2009）による。

第6.2-2表 島根半島における既往津波高一覧

地 点	1983年 日本海中部地震津波* ¹ (m)	1993年 北海道南西沖地震津波* ² (m)
才		2.9
軽尾	2.0	2.8
雲津	2.5, 3.0	2.5
諸喰		1.3
法田	1.3	2.14
七類	1.3	1.7
七類漁協		1.65
惣津		0.4
笛子		1.4
片江		1.4
菅浦		1.0
稻穂		1.15
千酌		0.97
笠浦		1.4
野井	1.2	0.9
瀬崎		0.3
沖泊	1.7	1.3
多古		1.15
小波	1.7	1.6
野波	2.8	1.77
佐波		3.4
加賀	1.0	1.52
大芦		2.2
御津	1.0	1.93
片句	0.7	1.7
手結		1.2
恵曇	0.6, 1.0	1.4
恵曇(港外)	4.7	
六坊		0.4
芦尾		0.7
魚瀬		1.0
伊野浦		0.4
坂浦	1.0	
佐香		1.4
小伊津	1.2	1.5
三津	1.0	1.1
塩津		1.2
釜浦		1.3
十六島		0.2
北浜漁港	1.1	
鵜峰		1.2
鷺浦	1.2	1.7
宇龍	1.66	1.2
日御崎	0.2~0.3	

* 1 : (社)土木学会日本海中部地震震害調査委員会 (1986年)⁽¹¹⁾

* 2 : (社)土木学会耐震工学委員会 (1997年)⁽¹³⁾

第6.2-3表 計算条件一覧

項目\領域	A領域	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域	I領域	J領域
計算領域	日本海全域（南北約2,100km, 東西約1,300km）									
計算格子間隔	3,200m	1,600m	800m	400m	200m	100m	50m	25m	12.5m	6.25m
計算時間間隔	格子間隔と水深から定められる条件を満たすように設定 (0.15秒, 0.10秒, 0.0375秒)									
基礎方程式	非線形長波									
冲合境界条件	A, B及びC領域の開境界部分では自由透過, 領域の結合部では水位・流量を接続 ⁽¹⁸⁾									
陸岸境界条件	静水面より上昇する津波に対して完全反射条件, 静水面より下降する津波に対して小谷ら (1998) ⁽¹⁹⁾ の移動境界条件を用いて海底露出を考慮 敷地周辺の越上メッシュは, 小谷ら (1998) の越上条件で実施									
初期条件	地震断層モデルを用いてMansinha and Smylie (1971) ⁽¹⁷⁾ の方法により計算される海底地盤変位が瞬時に生じるように設定									
海底摩擦	マニングの粗度係数 0.03m ^{-1/3} s									
水平渦動粘性	考慮しない									
計算潮位	T. P. + 0.0m									
計算対象 現象時間	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は地震発生後6時間まで 海域活断層から想定される地震に伴う津波は地震発生後3時間まで									

基礎方程式：非線形長波（浅水理論）の連続式及び運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{1/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} &= 0 \\ \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{1/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} &= 0 \end{aligned}$$

ここに、

x, y : 水平座標

t : 時間

η : 静水面からの水位

Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅当たりの流量

h : 静水深

D : 全水深 ($= h + \eta$)

g : 重力加速度

n : マニングの粗度係数

第6.2-4表 既往津波高と計算津波高の比較

地 点	1983年日本海中部地震津波		1993年北海道南西沖地震津波	
	既往津波高 ^{*1} (m)	計算津波高 (m)	既往津波高 ^{*2} (m)	計算津波高 (m)
諸喰			1.3	1.31
法田	1.3	1.28	2.14	2.02
七類	1.3	1.26	1.7	1.98
七類漁協			1.65	1.98
笛子			1.4	1.19
片江			1.4	1.17
菅浦			1.0	0.94
稻積			1.15	1.08
千酌			0.97	1.19
笠浦			1.4	1.25
野井	1.2	0.98	0.9	0.83
沖泊	1.7	1.39	1.3	1.63
多古			1.15	1.49
小波	1.7	1.57	1.6	1.06
野波	2.8	1.70	1.77	1.38
佐波			3.4	2.41
加賀	1.0	1.98	1.52	1.61
大芦			2.2	1.61
御津	1.0	1.85	1.93	1.39
片句	0.7	1.35	1.7	1.31
手結			1.2	1.64
恵曇	1.0	1.01	1.4	1.16
恵曇(港外)	4.7	3.16		
六坊			0.4	1.26
芦尾			0.7	1.09
魚瀬			1.0	1.28
伊野浦			0.4	0.82
坂浦	1.0	0.96		
佐香			1.4	0.66
小伊津	1.2	1.83	1.5	1.28
三津	1.0	1.30	1.1	1.00
塩津			1.2	1.06
釜浦			1.3	1.31
北浜漁港	1.1	0.83		
鵜岬			1.2	0.94
鷺浦	1.2	1.12	1.7	0.96
宇龍	1.66	1.14	1.2	0.67

* 1 : (社)土木学会日本海中部地震震害調査委員会 (1986) に記載された既往津波高の記録を示す。

* 2 : (社)土木学会耐震工学委員会 (1997) に記載された既往津波高の記録を示す。

第6.2-5表 既往津波高の再現性

項目 対象津波（領域）	データ数 <i>N</i>	<i>K</i> * ¹	<i>κ</i> * ²
1983年日本海中部地震津波 (島根半島沿岸)	17	0.97	1.44
1993年北海道南西沖地震津波 (島根半島沿岸)	34	1.04	1.44

$$*1 : K : \log K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log K_i, \text{ ただし, } K_i = \frac{(\text{既往津波高})_i}{(\text{計算津波高})_i}$$

$$*2 : \kappa : \log \kappa = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

第6.3-1表 阿部（1989）の予測式による津波の予測高

断層名	断層長さ L (km)	津波の 伝播距離 Δ (km)	地震 モーメント M_0 (N・m)	モーメント マグニチュード M_w	予測高 H (m)
F-III～FK-2断層	51.5	24.4	1.16×10^{20}	7.3	3.6
K-4～K-7撓曲	19.0	12.9	1.33×10^{19}	6.7	1.8
大田沖断層	47	70	9.64×10^{19}	7.3	1.3
鳥取沖西部断層	37	50	5.98×10^{19}	7.1	1.2
鳥取沖東部断層	51	108	1.14×10^{20}	7.3	0.9
FK-1断層	19.0	28.4	1.33×10^{19}	6.7	0.8
隱岐北西方北部断層	36	149	5.66×10^{19}	7.1	0.4
見島北方沖西部断層	38	201	6.30×10^{19}	7.1	0.3
K-1～K-2撓曲	7.0	50.1	6.79×10^{17}	5.8	0.1

第6.3-2表 Wattsほか (2005) の方法を用いた数値シミュレーションの結果

地滑り地形	地滑り長さ b (m)	最大地滑り 厚さ T (m)	地滑り幅 w (m)	最大水位 上昇量 (m)
地滑り①	6,208	106	7,400	1.32
地滑り②	4,966	116	1,242	0.22
地滑り④	2,021	64	505	0.04
地滑り③	1,083	68	271	0.02

第6.3-3表 二層流モデルの計算条件

計算時間間隔 (秒)	現象時間 (時間)	マニングの粗度係数 (m ^{-1/3} s)		界面抵抗係数	下層の 渦動粘性係数 (m ² /s)
		上層	下層		
0.15	3	0.03	0.40	0.0	0.0

(上層)

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\eta_1 - \eta_2)}{\partial t} + \frac{\partial M_1}{\partial x} + \frac{\partial N_1}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1^2}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial x} &= -\beta \frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} - (1-\beta) \cdot INTF_x \\ \frac{\partial N_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_1^2}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial y} &= -\beta \frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} - (1-\beta) \cdot INTF_y \end{aligned}$$

(下層)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta_2}{\partial t} + \frac{\partial M_2}{\partial x} + \frac{\partial N_2}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2^2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial x} + \frac{\partial \eta_2}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \right) &= DIFF_{2,x} + \alpha \cdot INTF_x - \frac{\tau_{2,x}}{\rho_2} \\ \frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_2^2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial y} + \frac{\partial \eta_2}{\partial y} - \frac{\partial h}{\partial y} \right) &= DIFF_{2,y} + \alpha \cdot INTF_y - \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2} \end{aligned}$$

ここに、下添え字の 1 : 上層, 2 : 下層による変数を表す。

η : 水位変動量 (η_1 : 静水面からの水位変化量, η_2 : 土砂流の厚さ), D : 全水深,

g : 重力加速度, M , N : x , y 方向の線流量, ρ : 密度 ($\rho_1=1.03\text{g}/\text{m}^3$, $\rho_2=2.0\text{g}/\text{m}^3$),

α : 密度比 ($=\rho_1/\rho_2$), β : 下層に土砂がない場合 $\beta=1$, 下層に土砂がある場合 $\beta=0$,

τ/ρ : 底面摩擦力, n : マニングの粗度係数

$$\frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} = \frac{gn^2}{D_1^{7/3}} M_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2}, \quad \frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} = \frac{gn^2}{D_1^{7/3}} N_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2}$$

$$\frac{\tau_{2,x}}{\rho_2} = \frac{gn^2}{D_2^{7/3}} M_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}, \quad \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2} = \frac{gn^2}{D_2^{7/3}} N_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}$$

$INTF$: 界面抵抗力, f_{int} : 界面抵抗係数, u , v : x , y 方向の流速

$$INTF_x = f_{int} \bar{u} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}, \quad INTF_y = f_{int} \bar{v} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}$$

$$\bar{u} = u_1 - u_2, \quad \bar{v} = v_1 - v_2$$

$DIFF$: 渦動粘性項, ν : 渦動粘性係数

$$DIFF_{2,x} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 M_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} \right), \quad DIFF_{2,y} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_2}{\partial y^2} \right)$$

第6.4-1表 水位変動の数値シミュレーションの計算条件（2号炉取水施設）

項目	計算条件
計算領域	取水口～取水管～取水槽
計算時間間隔	0.01秒
基礎方程式	非定常管路及び開水路流れの連続式及び運動方程式
取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)	循環水ポンプ運転時：59m ³ /s 循環水ポンプ停止時：2.3m ³ /s
摩擦損失係数 (マニングの粗度係数)	取水管：0.014m ^{-1/3} s 取水槽漸拡部：0.015m ^{-1/3} s (塩素注入あり)
貝の付着代	塩素注入ありのため、貝の付着代は考慮せず
局所損失係数	土木学会（1999）等 ^{(46)～(48)} による
想定する潮位条件	水位上昇側：朔望平均満潮位 T.P. +0.46m 水位下降側：朔望平均干潮位 T.P. -0.02m
地盤変動条件	地盤変動量を考慮する
計算時間	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は地震発生後6時間まで 海域活断層から想定される地震に伴う津波は地震発生後3時間まで

基礎方程式

(1) 管水路の連続式及び運動方程式

・連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

(2) 開水路の連続式及び運動方程式

・連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v| v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v| v}{2g} \right) = 0$$

ここに t ：時間， Q ：流量， v ：流速， x ：管底に沿った座標， A ：流水断面積

H ：圧力水頭+位置水頭（管水路の場合），位置水頭（開水路の場合）

z ：管底高， g ：重力加速度， n ：マニングの粗度係数， R ：径深

Δx ：管路の流れ方向の長さ， f ：局所損失係数

(3) 水槽の連続式

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに A_p ：水槽の平面積（水位の関数となる）， H_p ：水槽水位

Q_s ：水槽へ流入する流量の総和， t ：時間

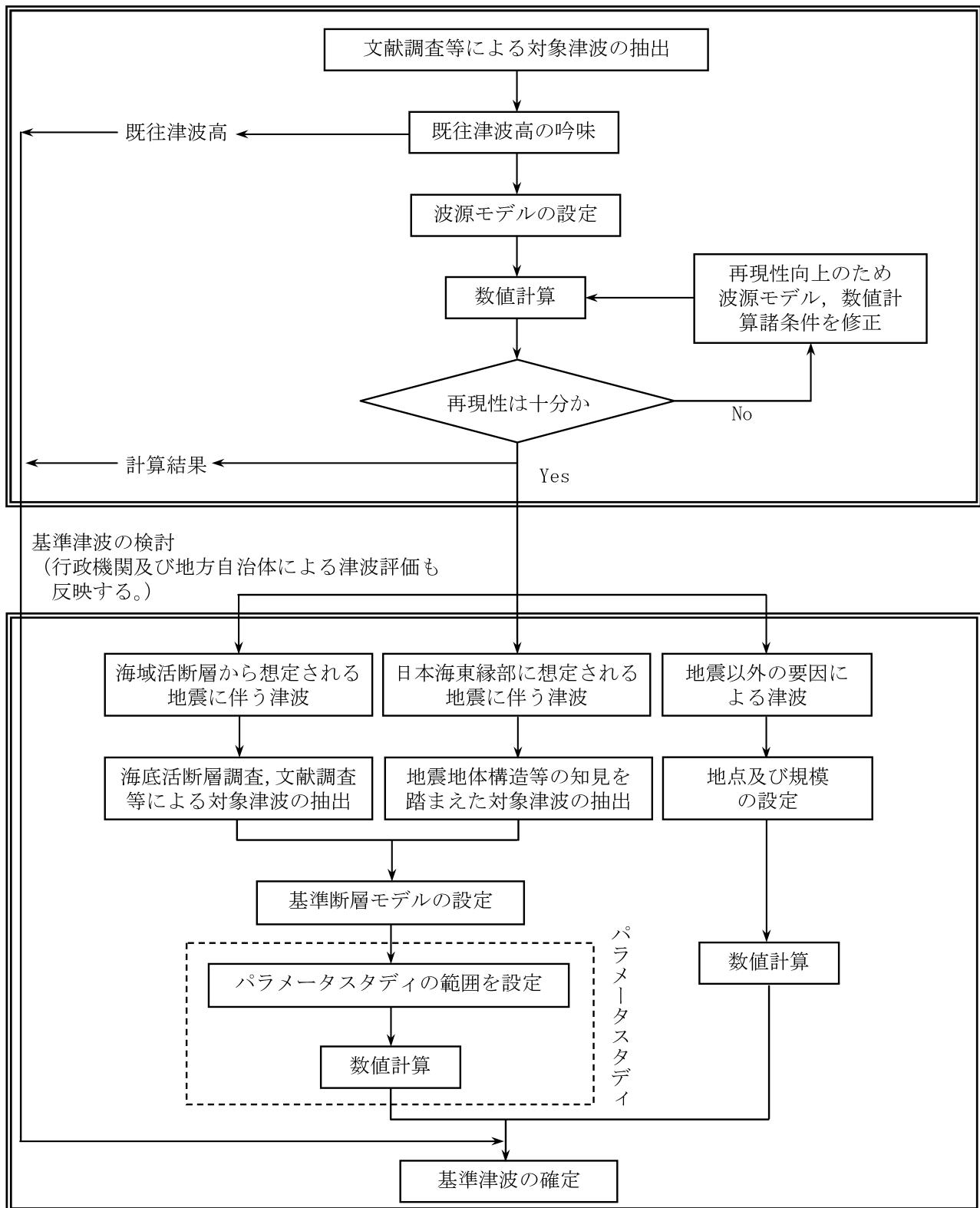
第6.5-1表 砂移動の数値シミュレーションの手法及び条件

	藤井ほか (1998) の手法	高橋ほか (1999) の手法
地盤高の連続式	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \alpha(\frac{\partial Q}{\partial x}) + \frac{E - S}{\sigma(1 - \lambda)} = 0$	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1 - \lambda}(\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{E - S}{\sigma}) = 0$
浮遊砂濃度連続式	$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(UC)}{\partial x} - \frac{E - S}{D} = 0$	$\frac{\partial(C_s D)}{\partial t} + \frac{\partial(MC_s)}{\partial x} - \frac{E - S}{\sigma} = 0$
流砂量式	小林ほか (1996) ⁽⁵¹⁾ の実験式 $Q = 80\tau_*^{1.5} \sqrt{sgd^3}$	高橋ほか (1999) の実験式 $Q = 21\tau_*^{1.5} \sqrt{sgd^3}$
巻き上げ量の算定式	$E = \frac{(1 - \alpha)Qw^2\sigma(1 - \lambda)}{Uk_z \left[1 - \exp\left\{-\frac{wD}{k_z}\right\} \right]}$	$E = 0.012\tau_*^2 \sqrt{sgd} \cdot \sigma$
沈降量の算定式	$S = wC_b$	$S = wC_s \cdot \sigma$
摩擦速度の計算式	log-wake則を鉛直方向に積分した式 より算出	マニング則より算出 $u_* = \sqrt{gn^2 U^2 / D^{1/3}}$

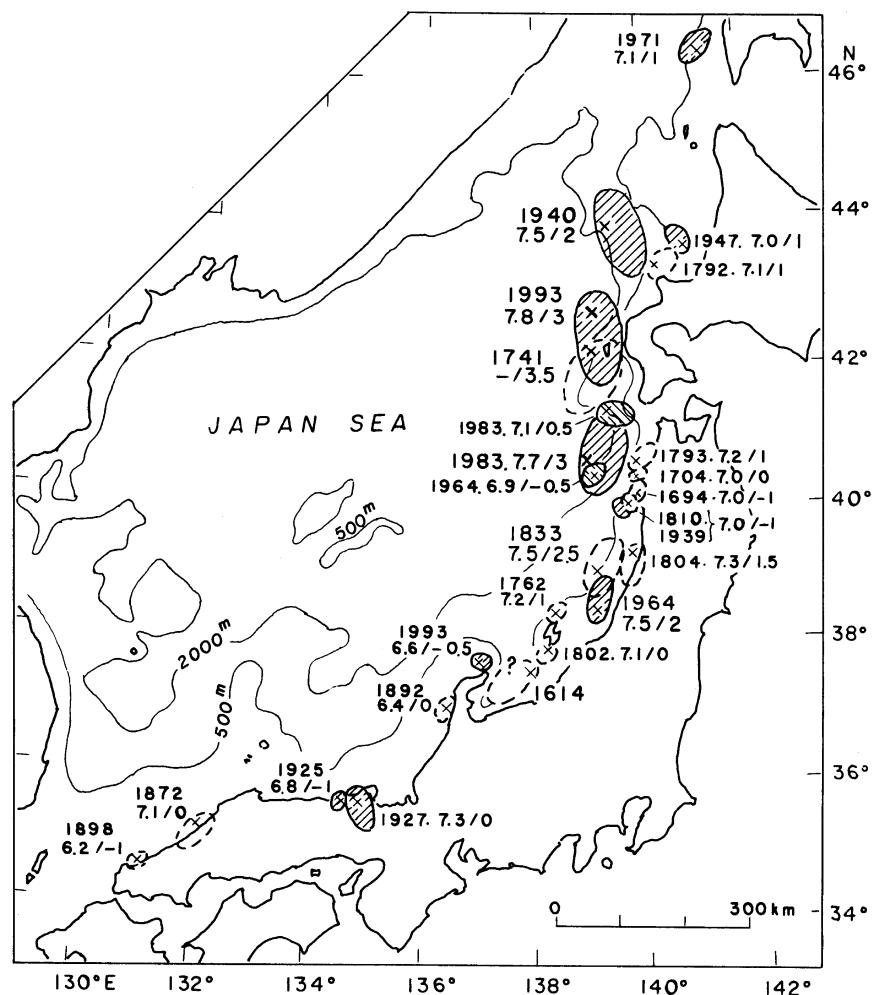
ここに、

- Z : 水深変化量 (m) t : 時間 (s) x : 平面座標
 Q : 単位幅, 単位時間当たりの掃流砂量 ($m^3/s/m$) τ_* : シールズ数
 σ : 砂の密度 (=2.76g/cm³, 当社調査結果より) s : $=\sigma/\rho - 1$
 d : 砂の粒径 (=0.3mm, 当社調査結果より) g : 重力加速度 (m/s^2)
 U : 流速 (m/s) D : 全水深 (m) ρ : 海水の密度 (g/cm^3)
 λ : 空隙率 (=0.4, 藤井ほか (1998) より) M : 単位幅当たりの流量 (m^2/s)
 n : マニングの粗度係数 (=0.03m^{-1/3}s, 土木学会 (2002) より)
 α : 局所的な外力のみに移動を支配される成分が全流砂量に占める比率 (=0.1, 藤井ほか (1998) より)
 w : 土粒子の沈降速度 (Rubey式より算出) (m/s) z_0 : 粗度高さ ($=ks/30$) (m)
 k_z : 鉛直拡散係数 (=0.2 $\kappa u_* h$, 藤井ほか (1998) より) (m^2/s) ks : 相当粗度 ($= (7.66ng^{1/2})^6$) (m)
 κ : カルマン定数 (=0.4, 藤井ほか (1998) より) h : 水深 (m)
 C , C_b : 浮遊砂濃度, 底面浮遊砂濃度 (藤井ほか (1998) より浮遊砂濃度から算出) (kg/m^3)
 C_s : 浮遊砂体積濃度
 log-wake則 : 対数則 $u_*/U = \kappa/\{\ln(h/z_0) - 1\}$ にwake関数 (藤井ほか (1998) より) を付加した式

既往津波の検討

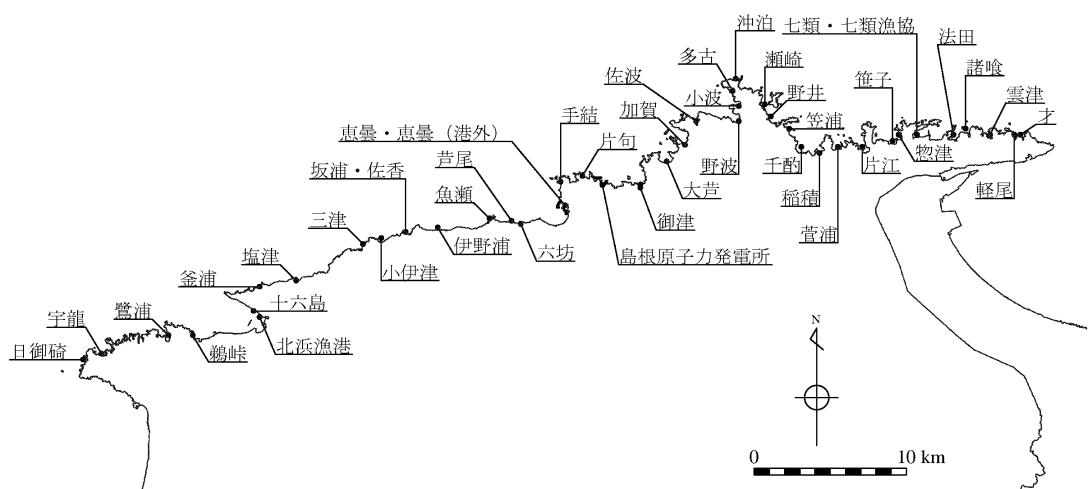
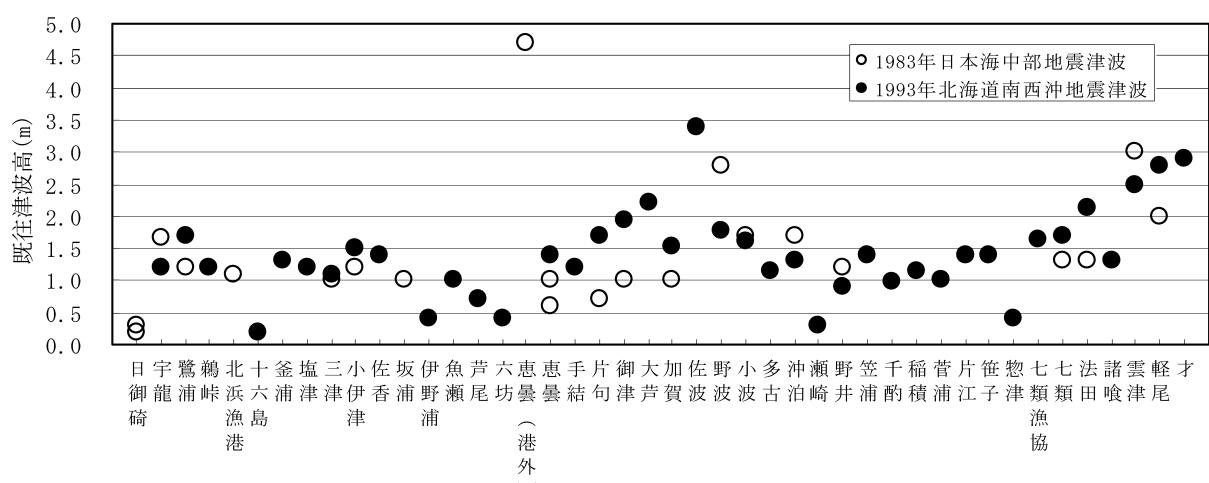


第6.1-1図 評価フロー



1600年～1994年に日本海で発生した津波の波源域で、数値は「発生年、地震マグニチュードM／津波規模m」である。斜線で示したものは、1894年以降に発生した津波。

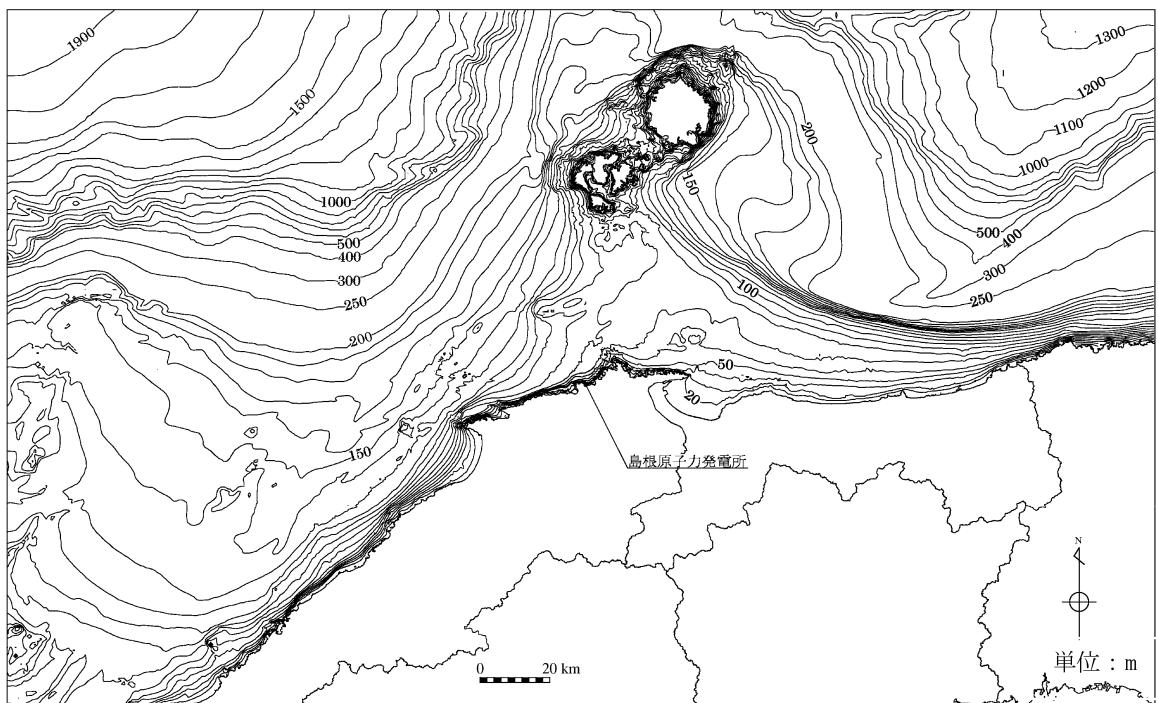
第6.2-1図 日本海で発生した津波の波源域（羽鳥, 1995）⁽⁶⁾



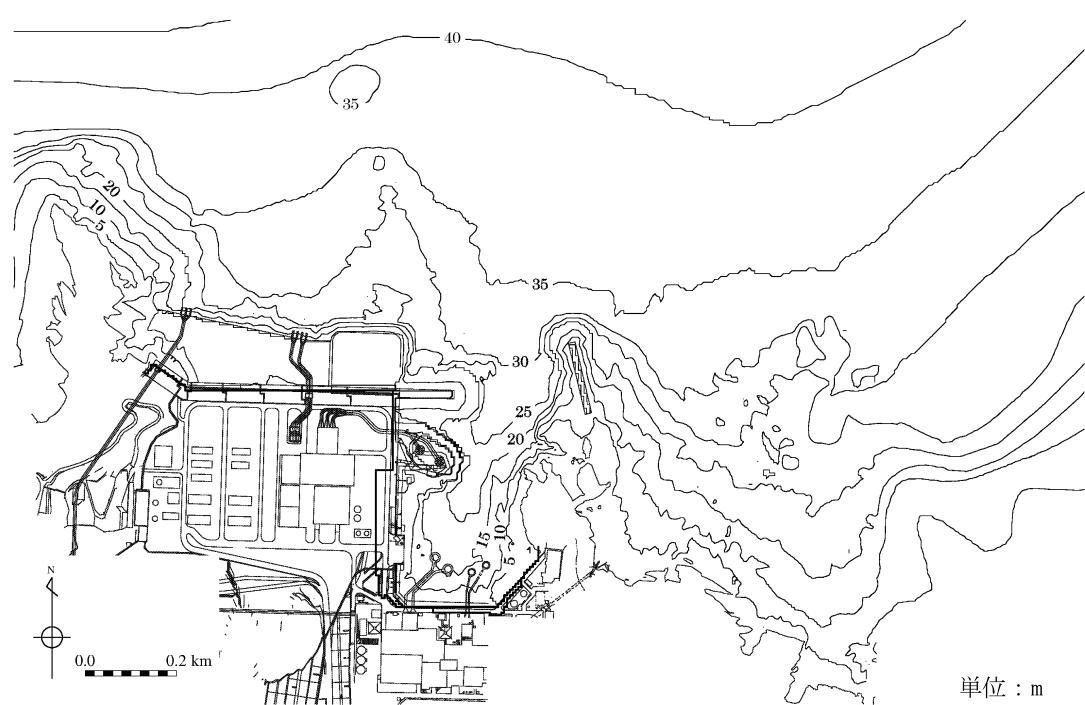
第6.2-2図 島根半島における既往津波高



第6.2-3図(1) 計算領域と水深 (全域)

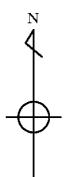


第6.2-3図(2) 計算領域と水深（敷地周辺）

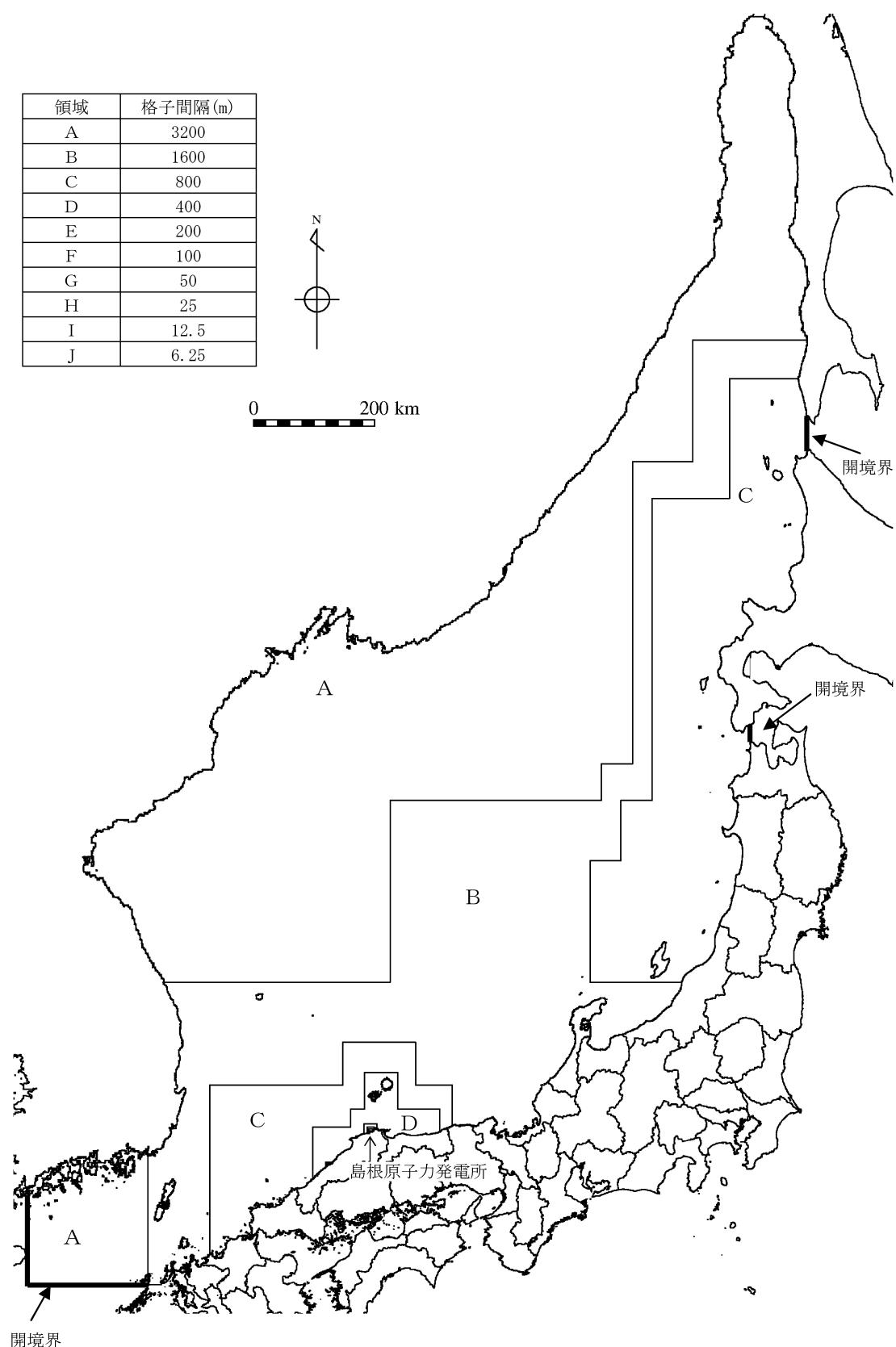


第6.2-3図(3) 計算領域と水深（敷地前面）

領域	格子間隔(m)
A	3200
B	1600
C	800
D	400
E	200
F	100
G	50
H	25
I	12.5
J	6.25

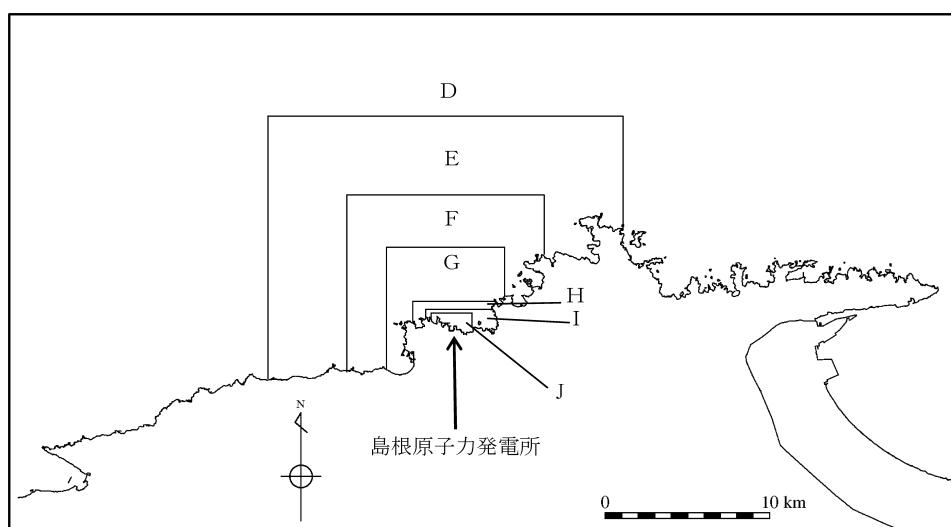
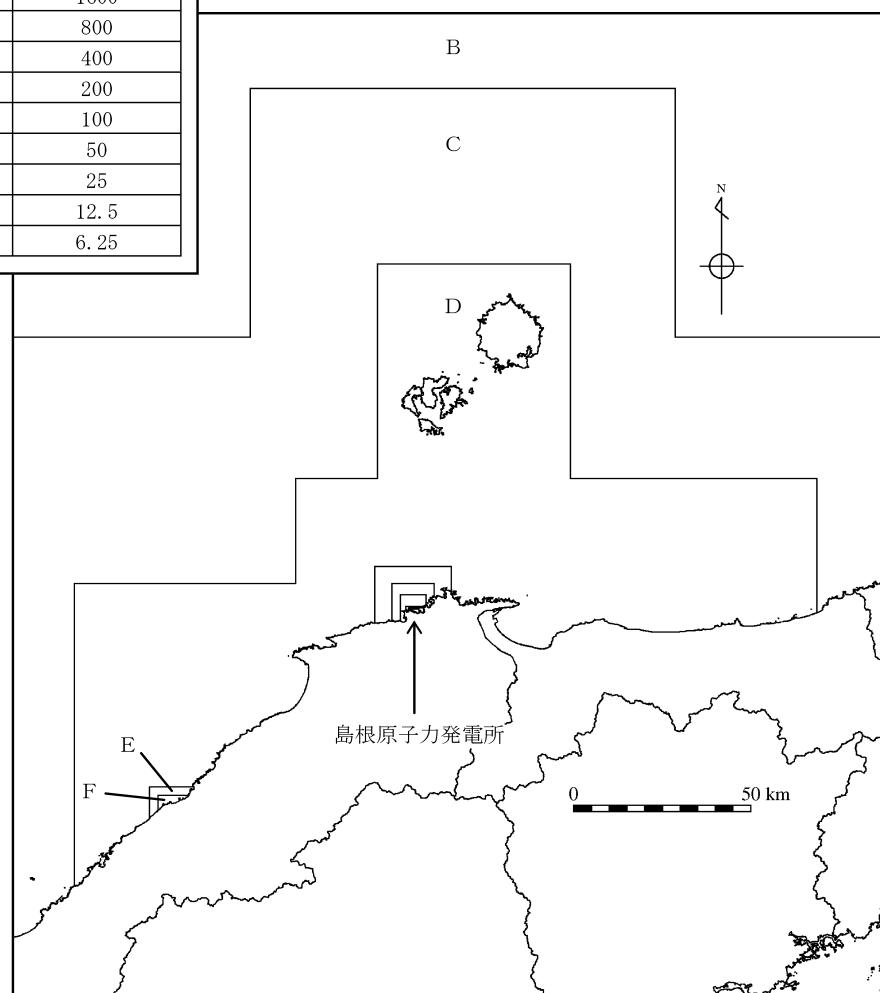


0 200 km

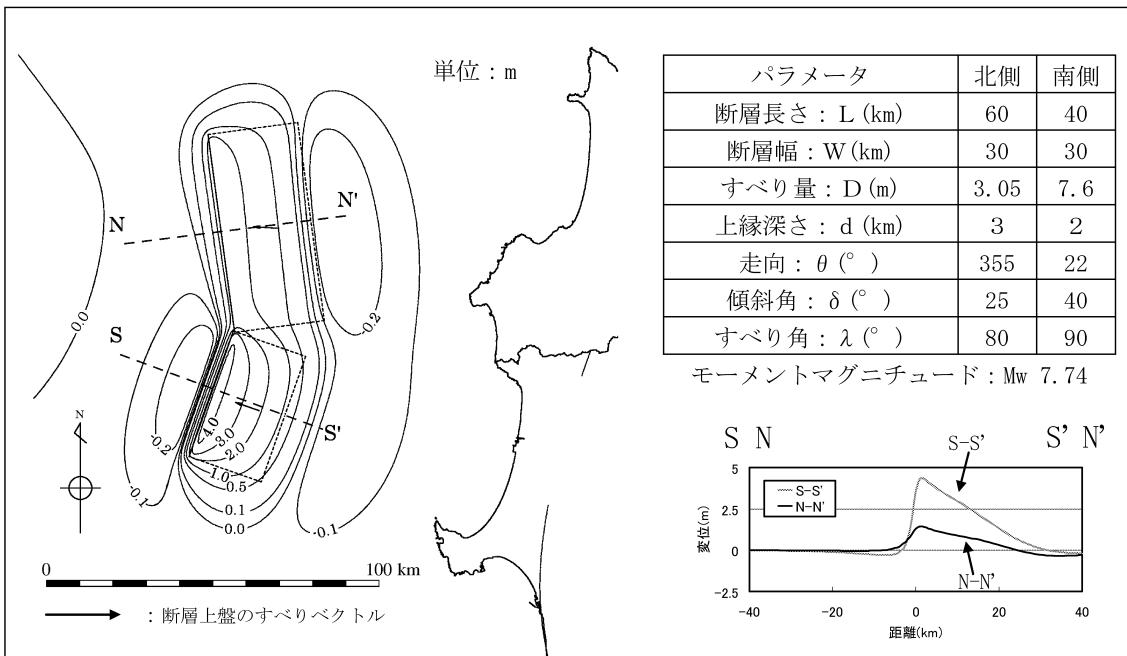


第6.2-4図(1) 計算領域と格子分割（日本海全体）

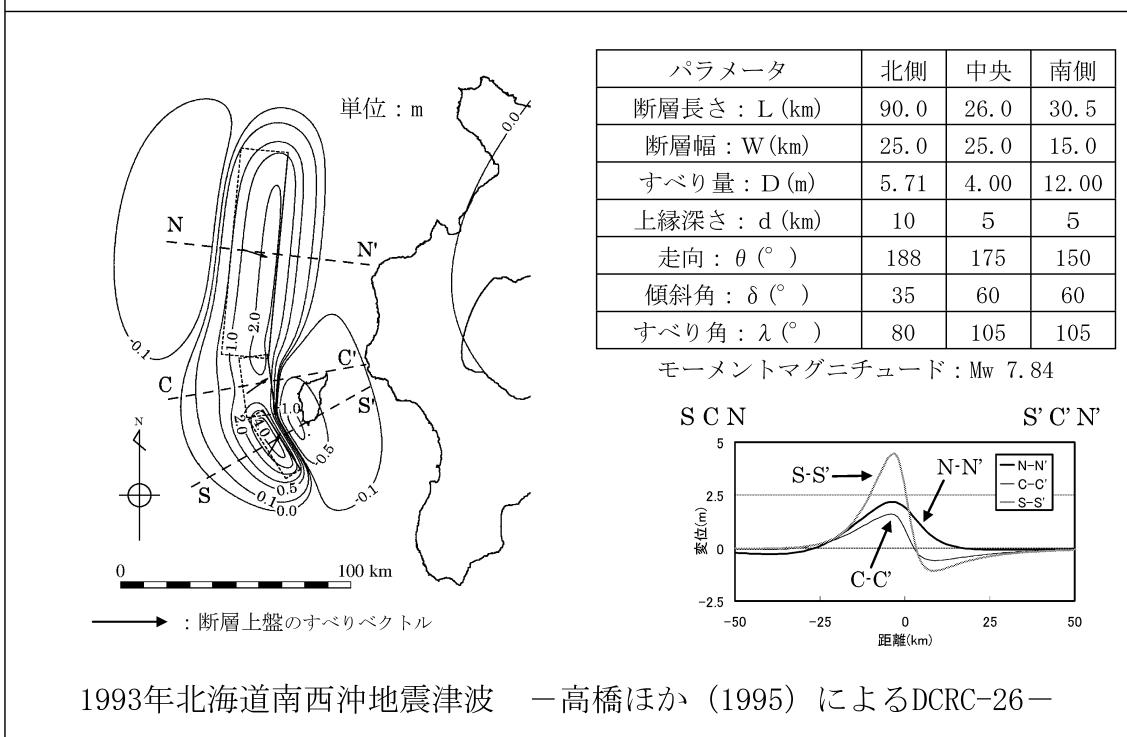
領域	格子間隔(ｍ)
A	3200
B	1600
C	800
D	400
E	200
F	100
G	50
H	25
I	12.5
J	6.25



第6.2-4図(2) 計算領域と格子分割（島根原子力発電所周辺）



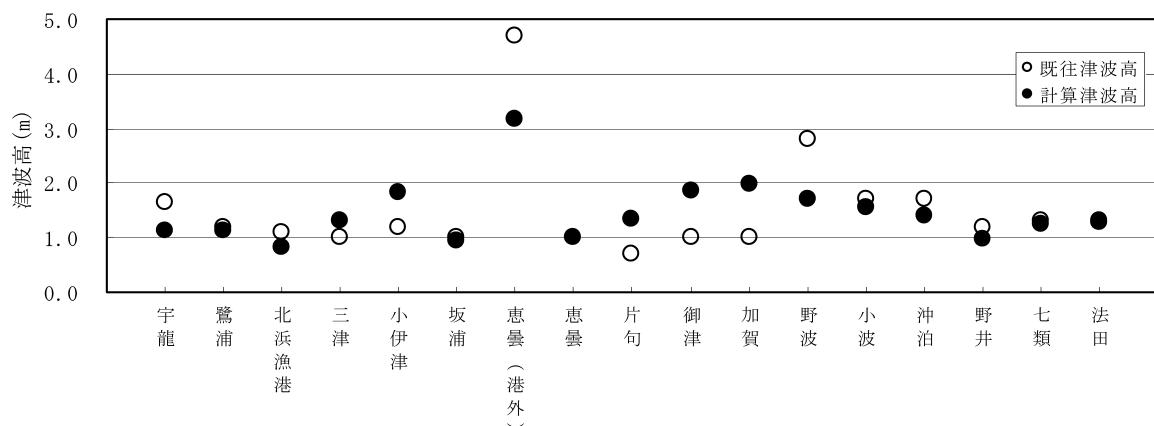
1983年日本海中部地震津波 —相田（1984）によるModel-10—



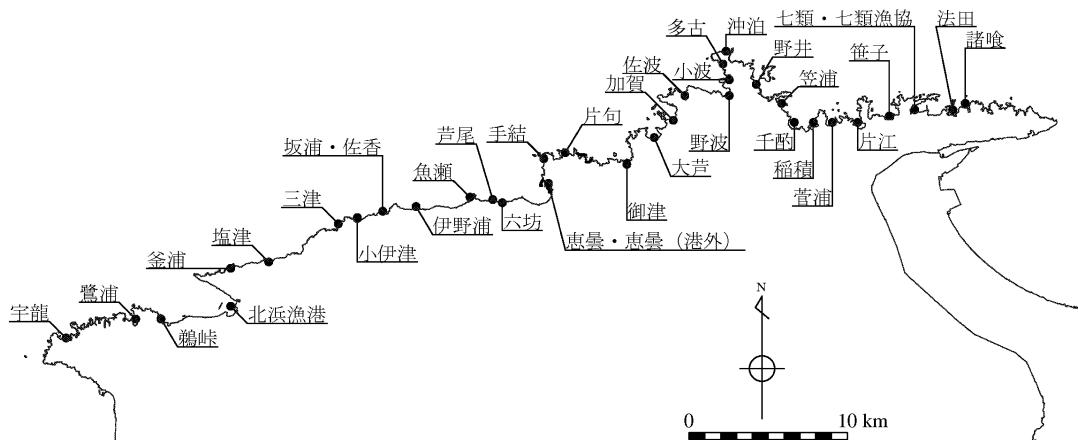
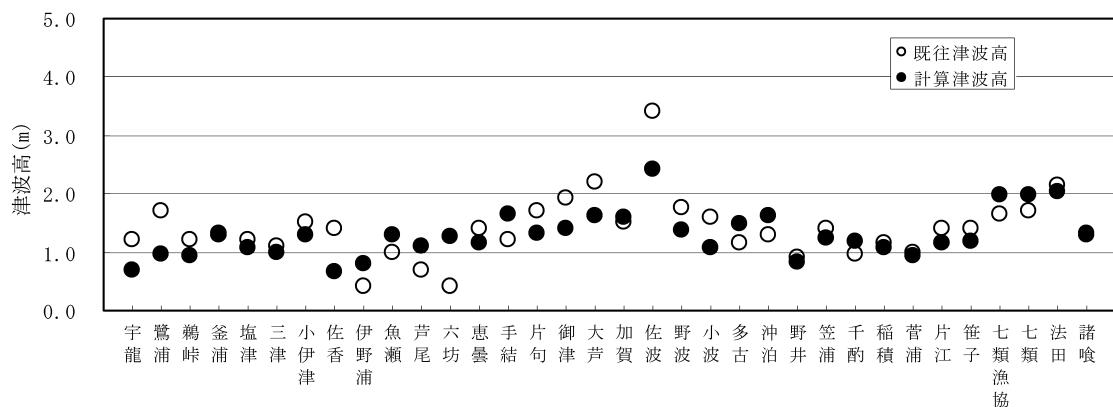
1993年北海道南西沖地震津波 —高橋ほか（1995）によるDCRC-26—

第6.2-5図 波源モデル及び初期変位分布

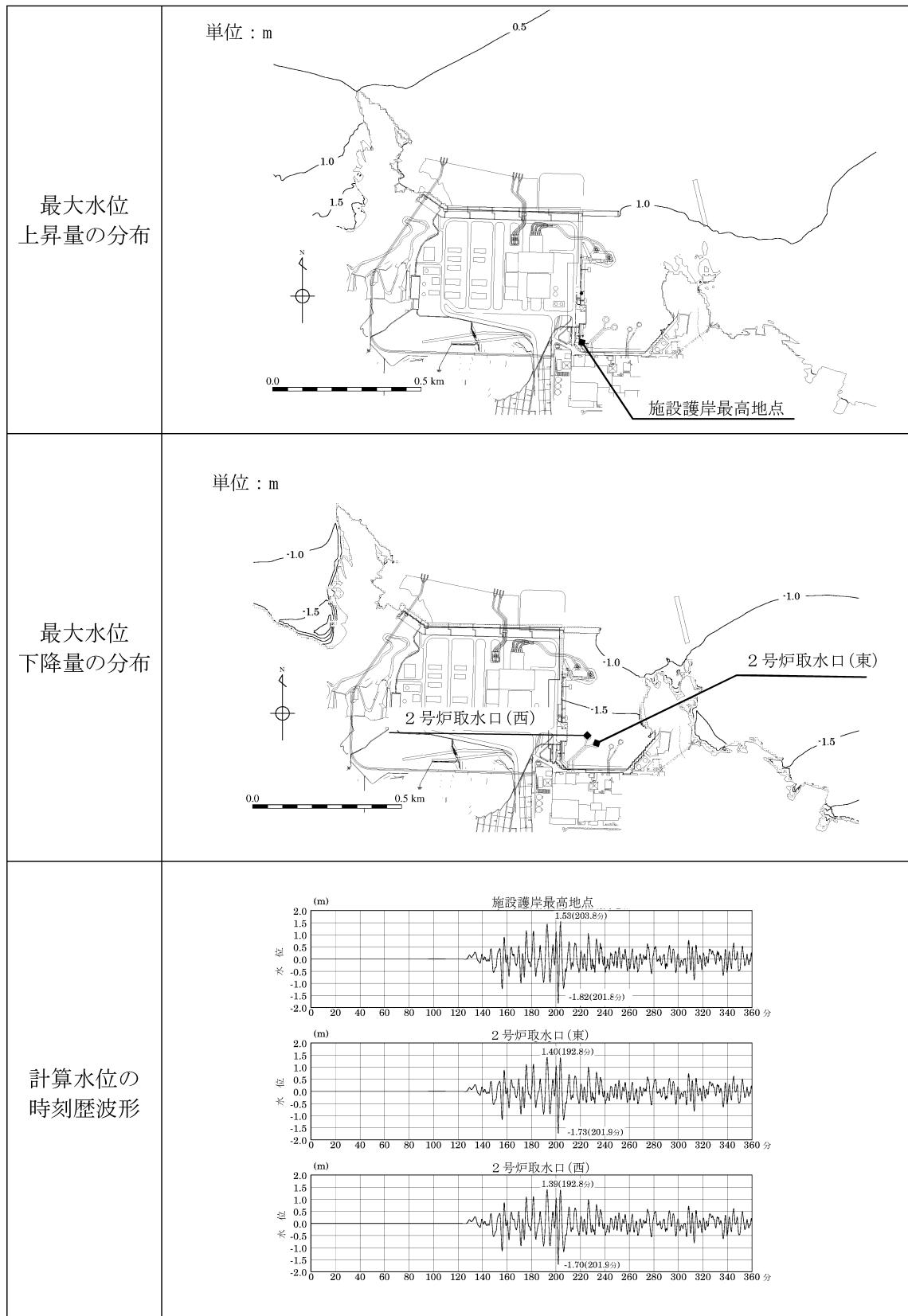
1983年日本海中部地震津波



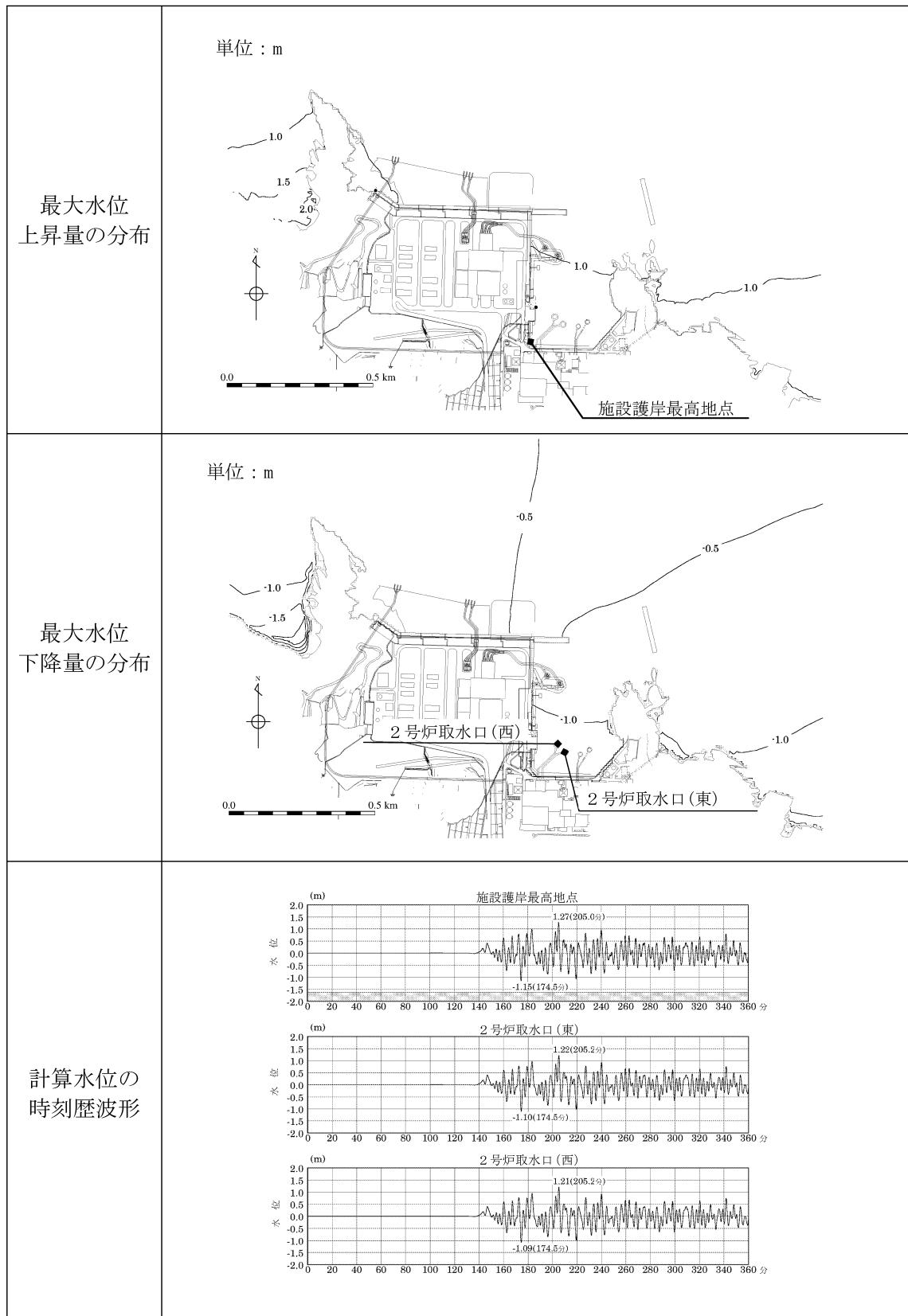
1993年北海道南西沖地震津波



第6.2-6図 既往津波高と計算津波高の比較

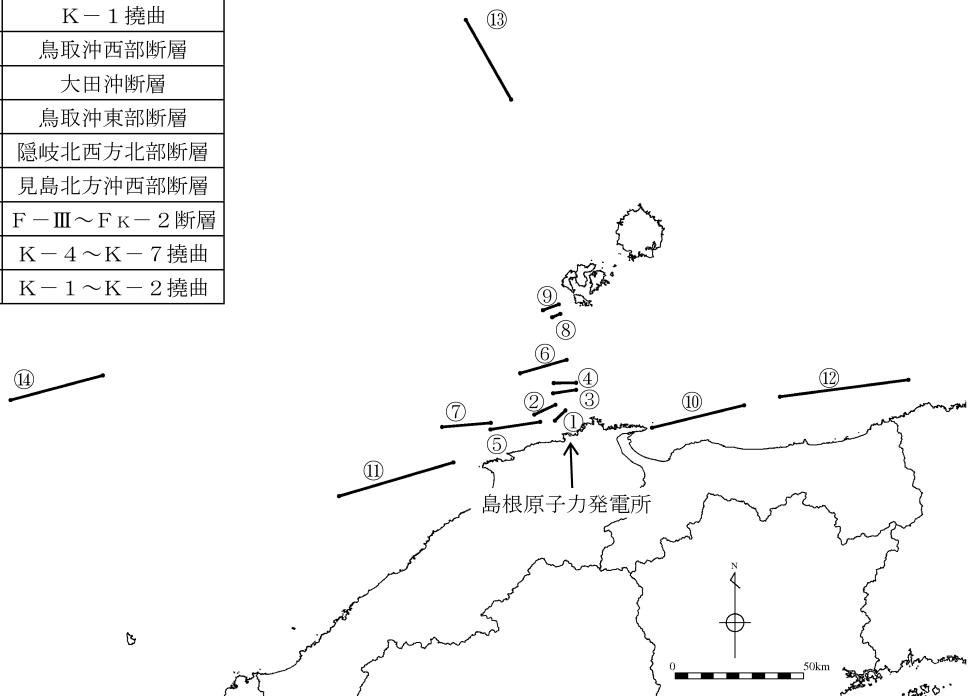


第6.2-7図 1983年日本海中部地震津波の計算結果

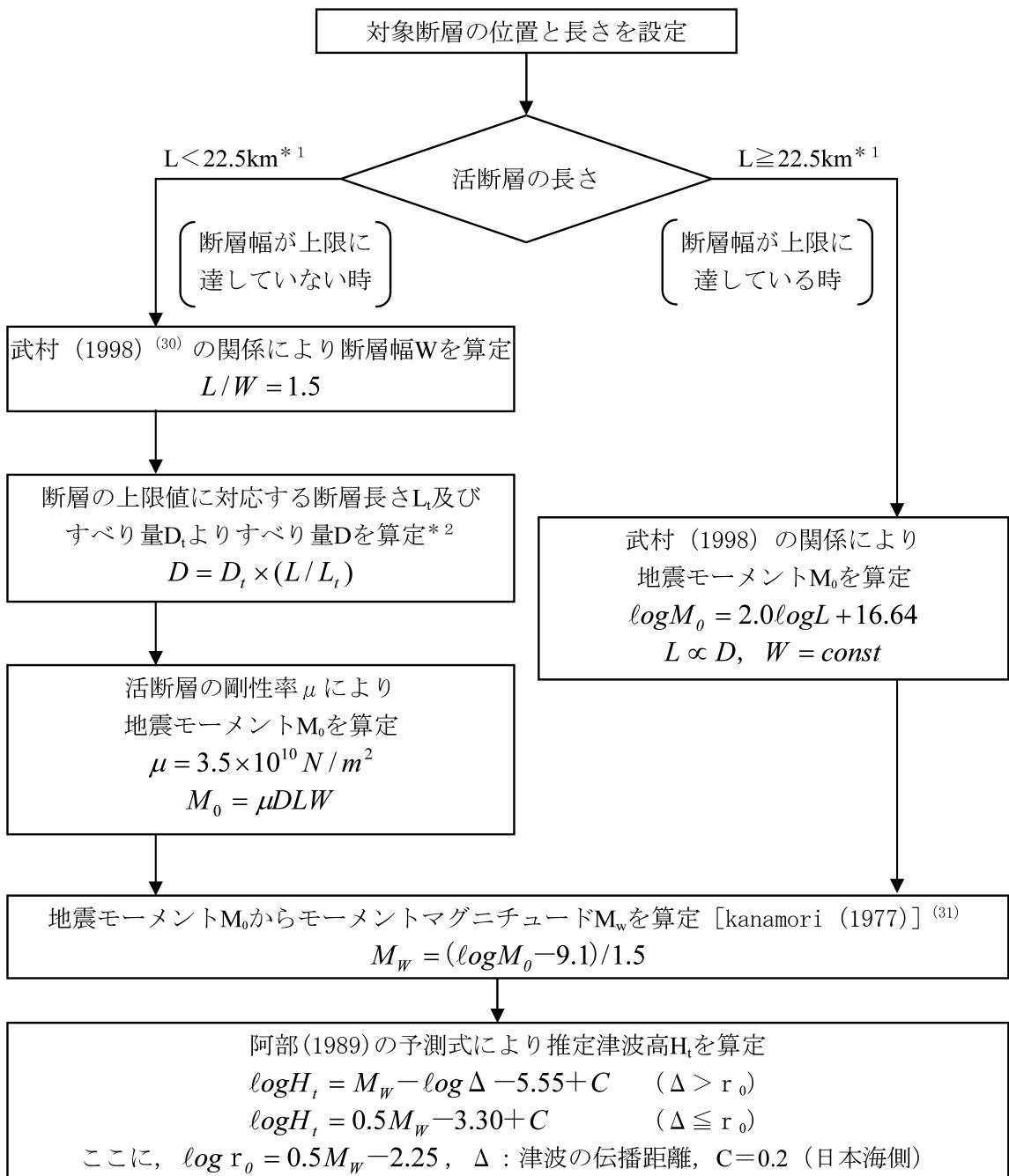


第6.2-8図 1993年北海道南西沖地震津波の計算結果

番号	断層名
①	F - III断層
②	K - 7 捶曲
③	K - 6 捶曲
④	K - 4 捶曲
⑤	F - IV断層
⑥	F K - 1 断層
⑦	F K - 2 断層
⑧	K - 2 捶曲
⑨	K - 1 捶曲
⑩	鳥取沖西部断層
⑪	大田沖断層
⑫	鳥取沖東部断層
⑬	隱岐北西方北部断層
⑭	見島北方沖西部断層
①+⑤+⑦	F - III～F K - 2 断層
②+③+④	K - 4～K - 7 捶曲
⑧+⑨	K - 1～K - 2 捶曲



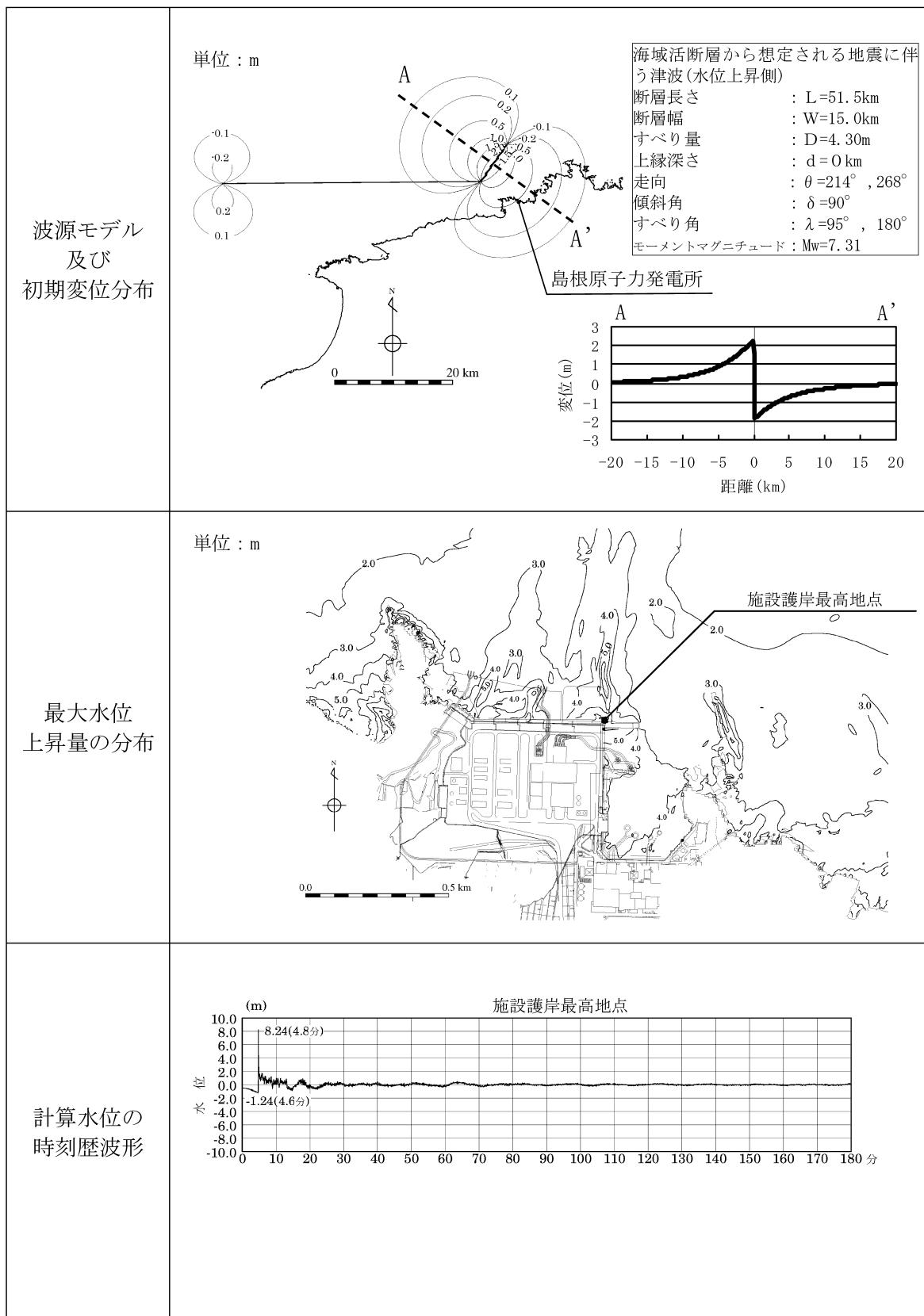
第6.3-1図 敷地周辺の主な海域の活断層



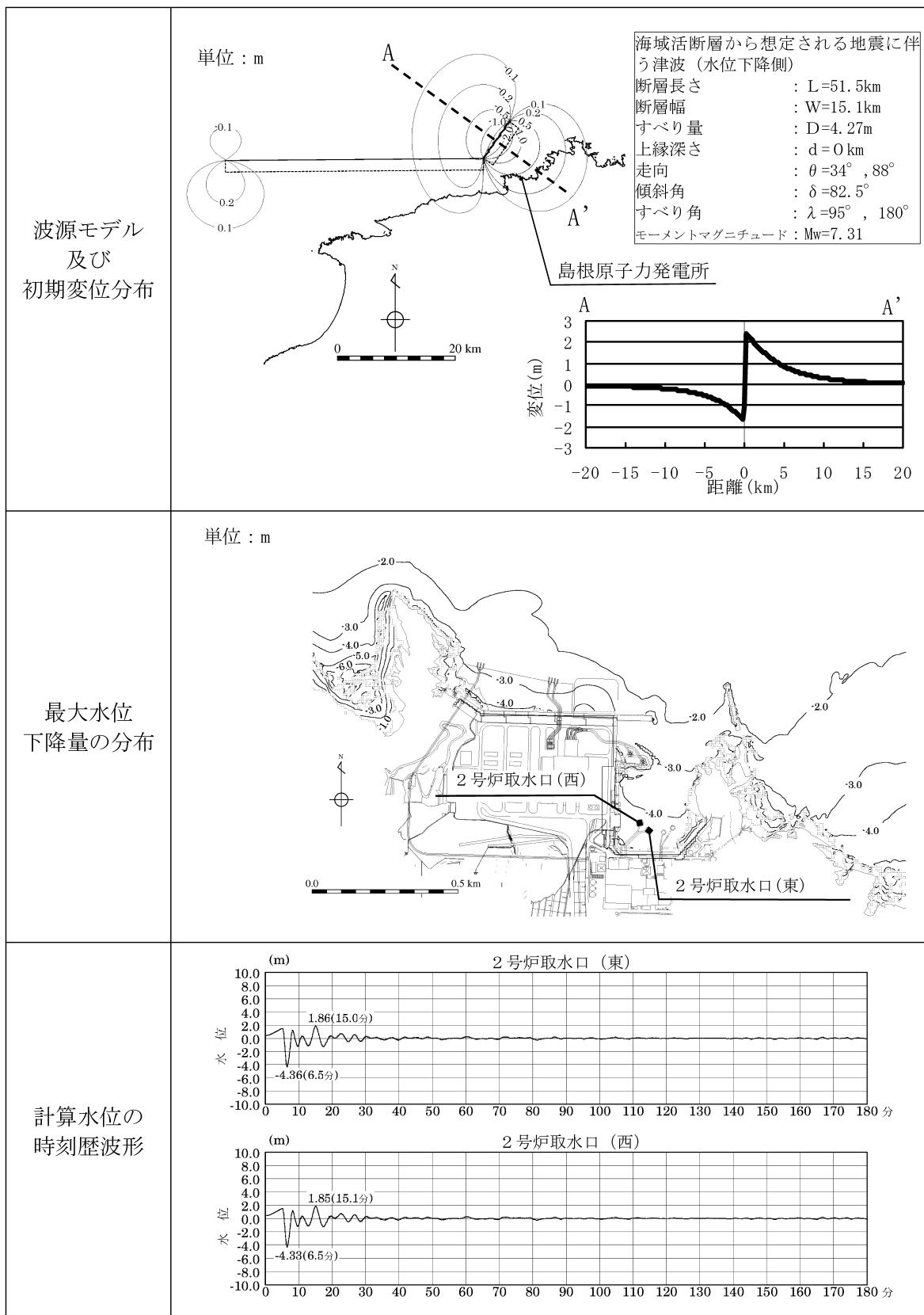
* 1 : 断層幅の上限W_tは、地震発生層の厚さH_eを15kmとし、傾斜角δを90°(45~90°のうちM_wが最大となる値)とした際には、W_t=H_e/sinδ=15kmとなる。また、断層幅の上限に対応する断層長さL_tは、L_t=1.5W_t=22.5kmとなる。

* 2 : 断層幅の上限に対応するすべり量D_tは、モーメントマグニチュードをM_{wt}=(logL_t+3.77)/0.75=6.83, 地震モーメントをM_{0t}=10^(1.5M_{wt}+9.1)=2.21×10¹⁹Nm, 剛性率をμ=3.50×10¹⁰N/m²とした際には、D_t=M_{0t}/(μL_t)=1.87mとなる。

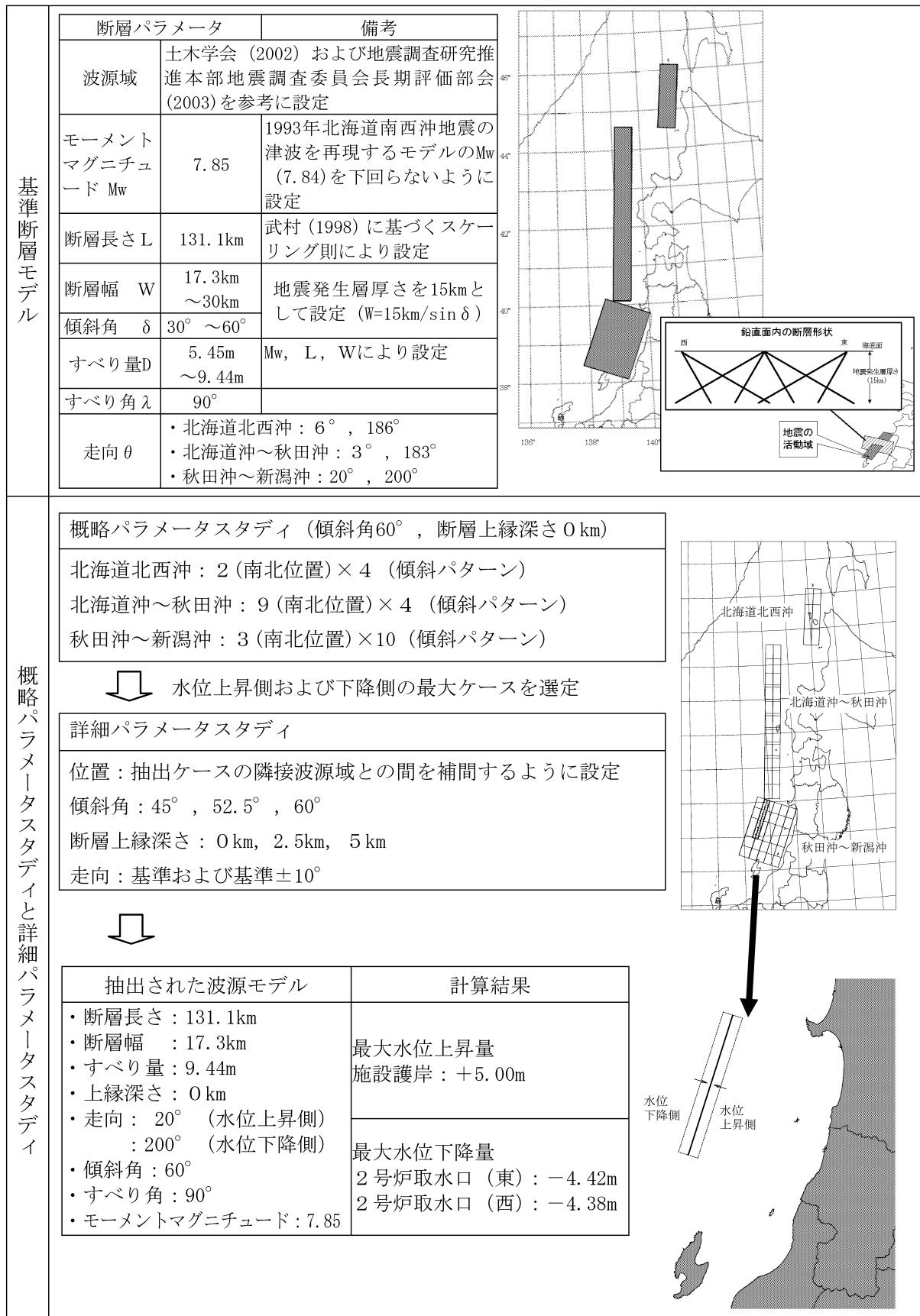
第6.3-2図 阿部(1989)の予測式による津波の予測高の算定フロー



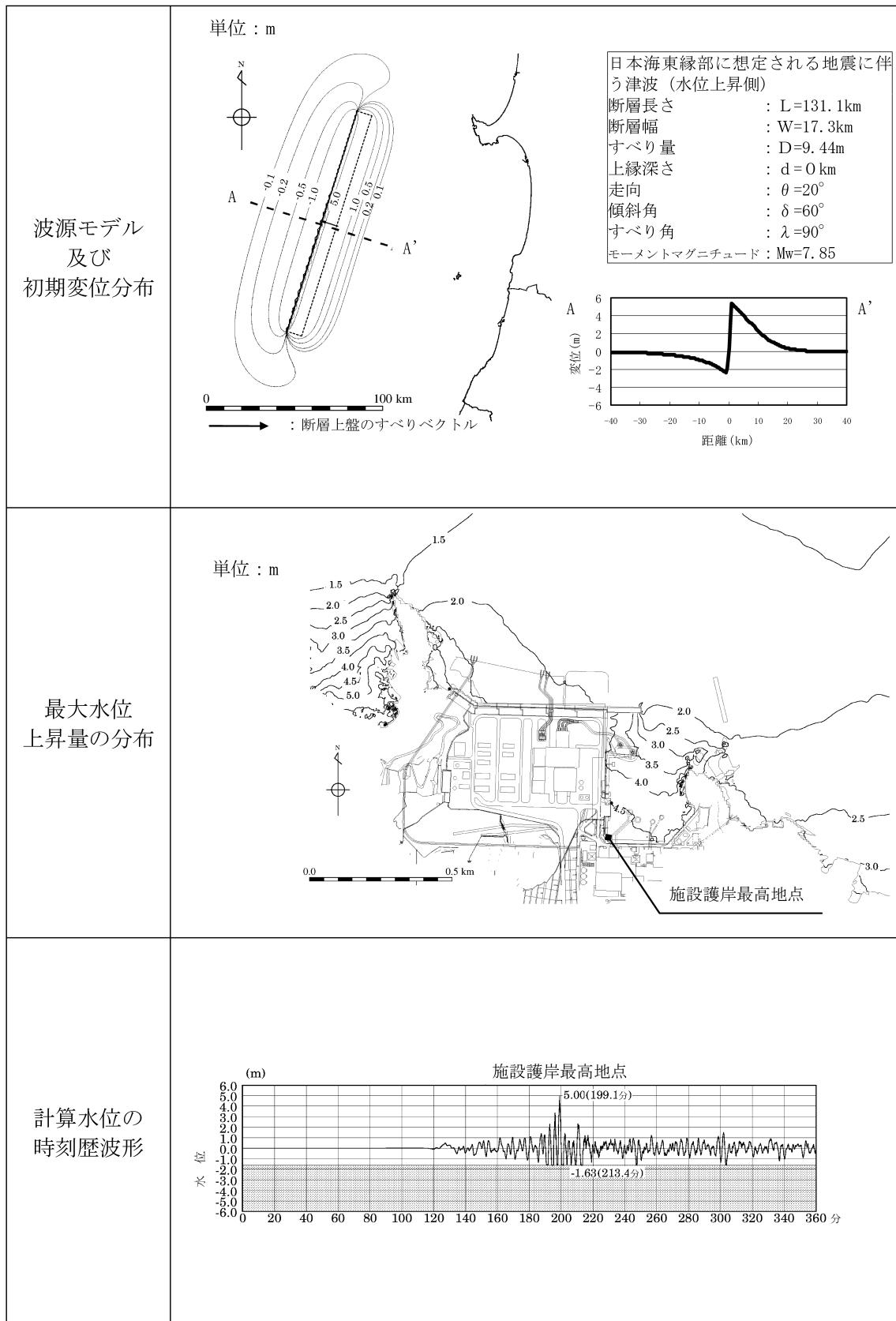
第6.3-3図 海域活断層から想定される地震に伴う津波の計算結果
(水位上昇側) —F—III～F_K—2断層 北上り—



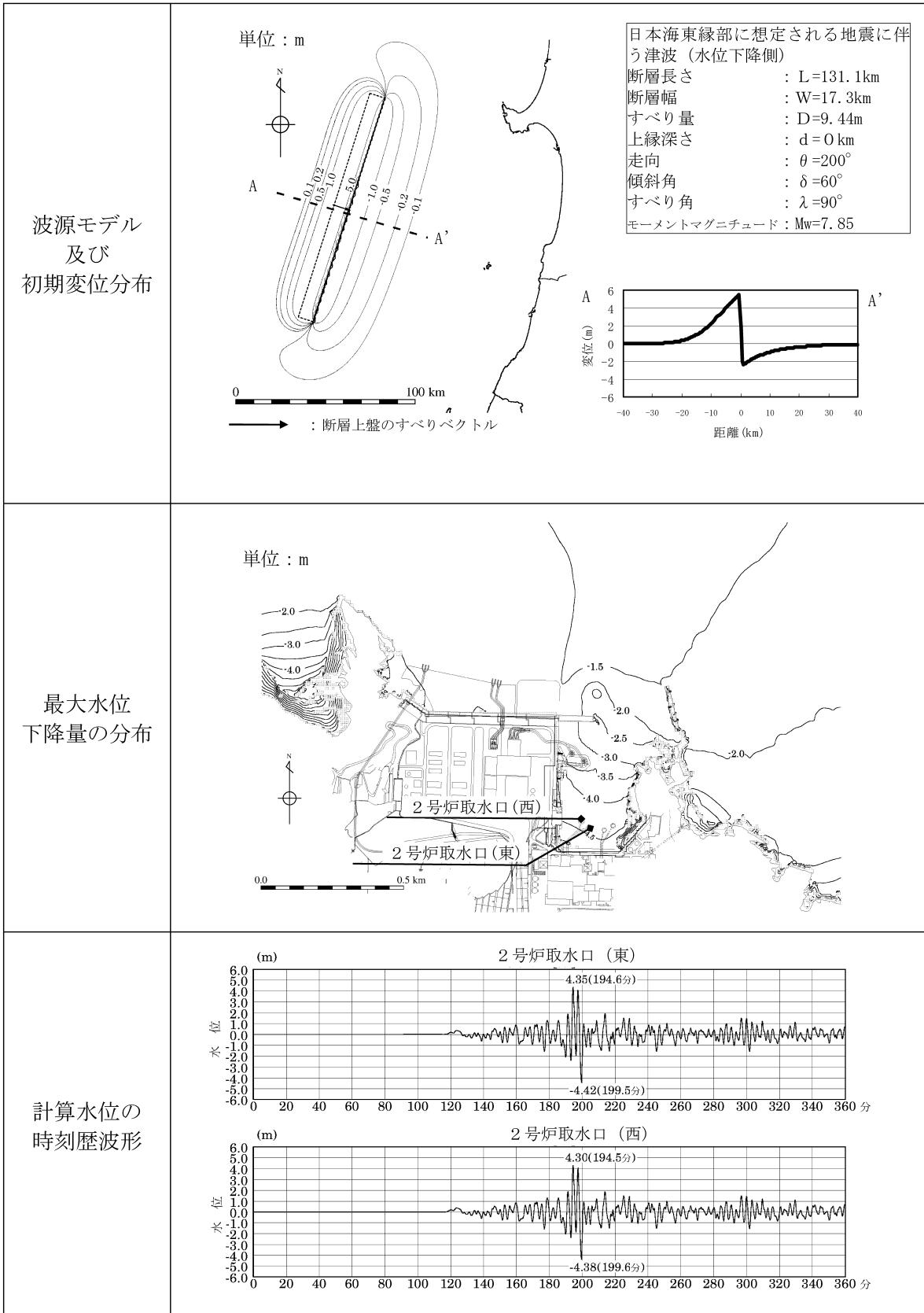
第6.3-4図 海域活断層から想定される地震に伴う津波の計算結果
(水位下降側) — F - III～F K - 2断層 南上り —



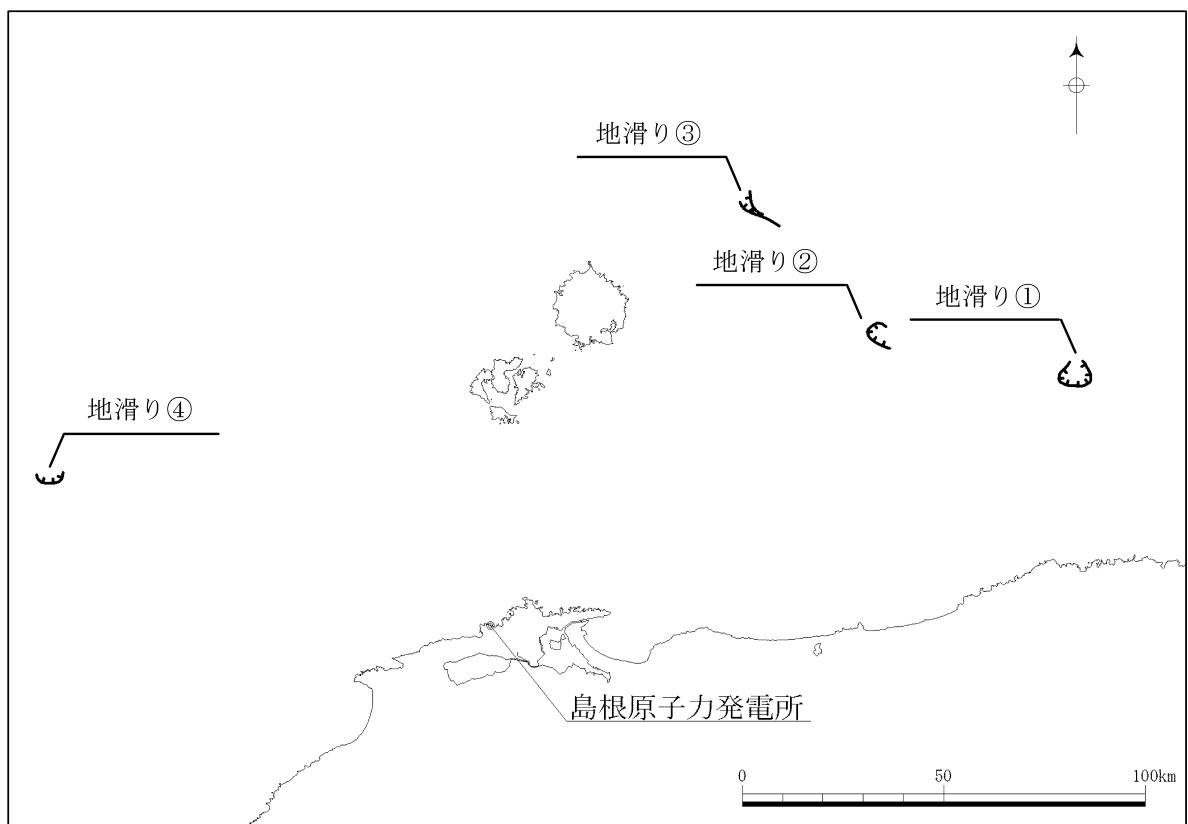
第6.3-5図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討結果



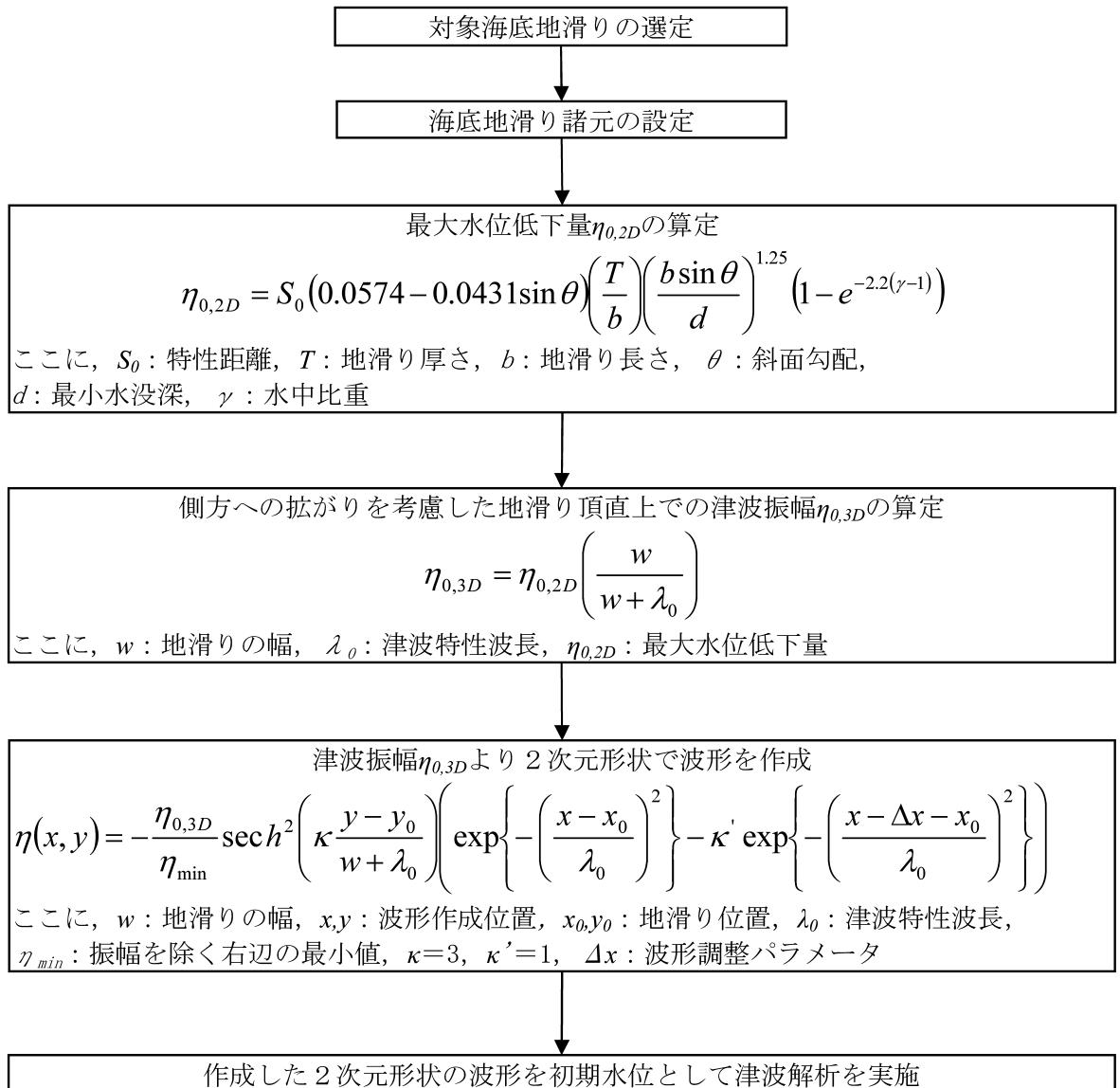
第6.3-6図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の計算結果
(水位上昇側) —秋田沖～新潟沖—



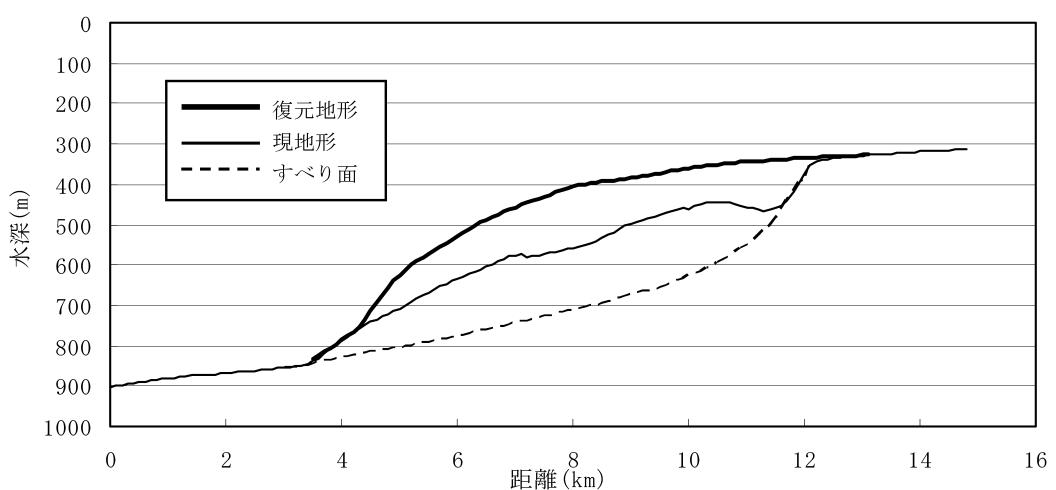
第6.3-7図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の計算結果
(水位下降側) —秋田沖～新潟沖—



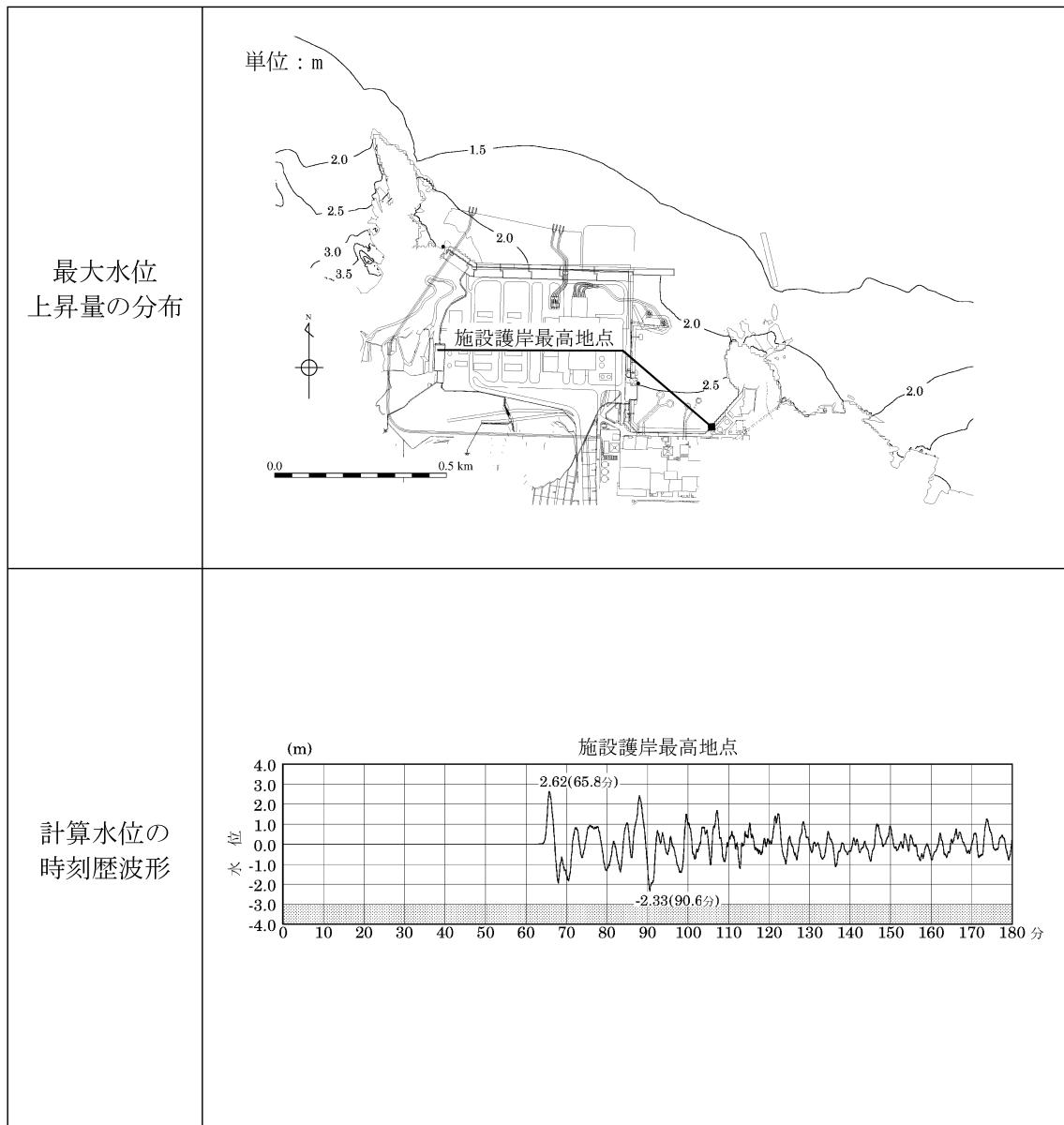
第6.3-8図 海底地滑り位置図



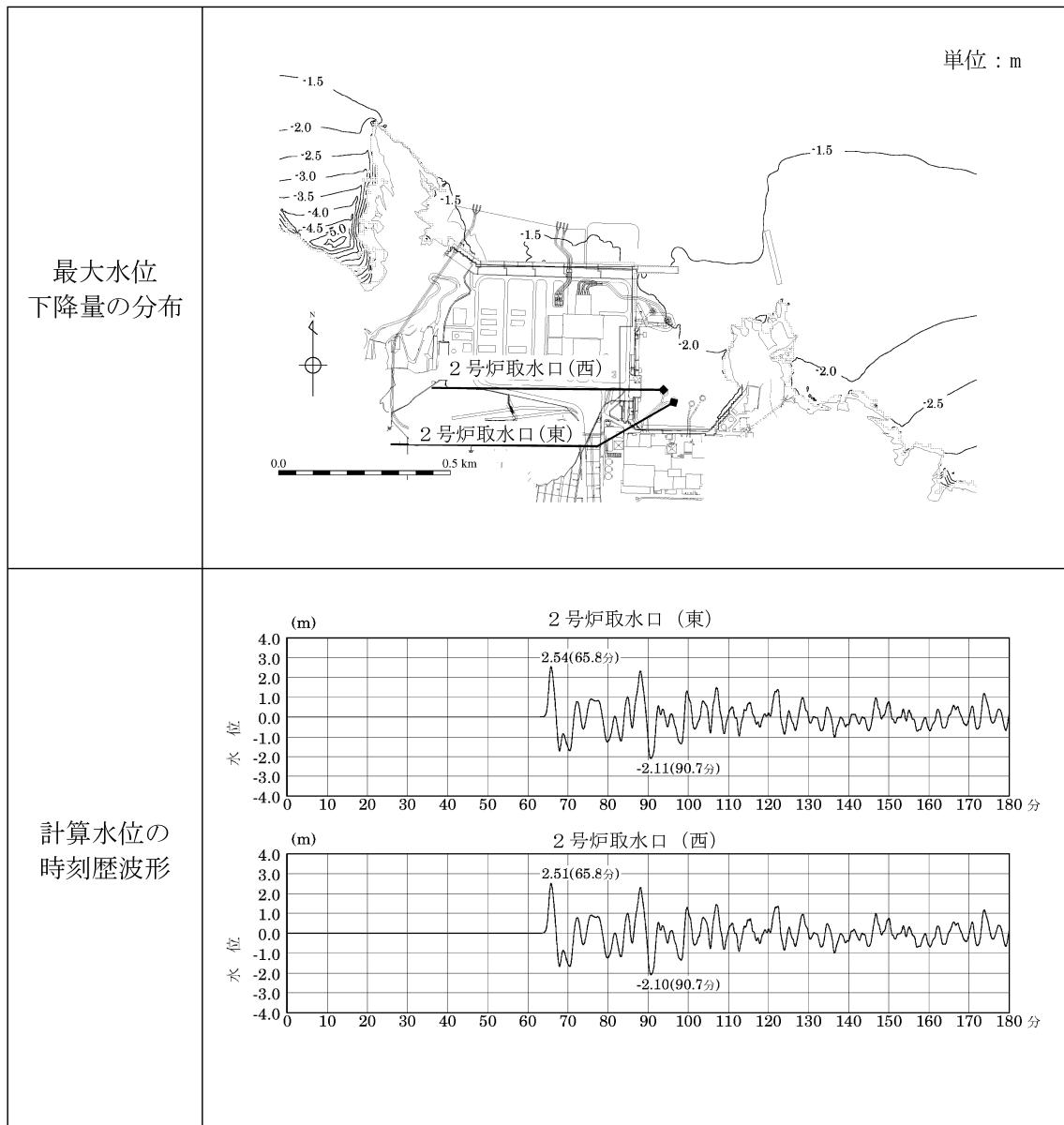
第6.3-9図 Wattsほか (2005) の方法を用いた
数値シミュレーションの算定フロー



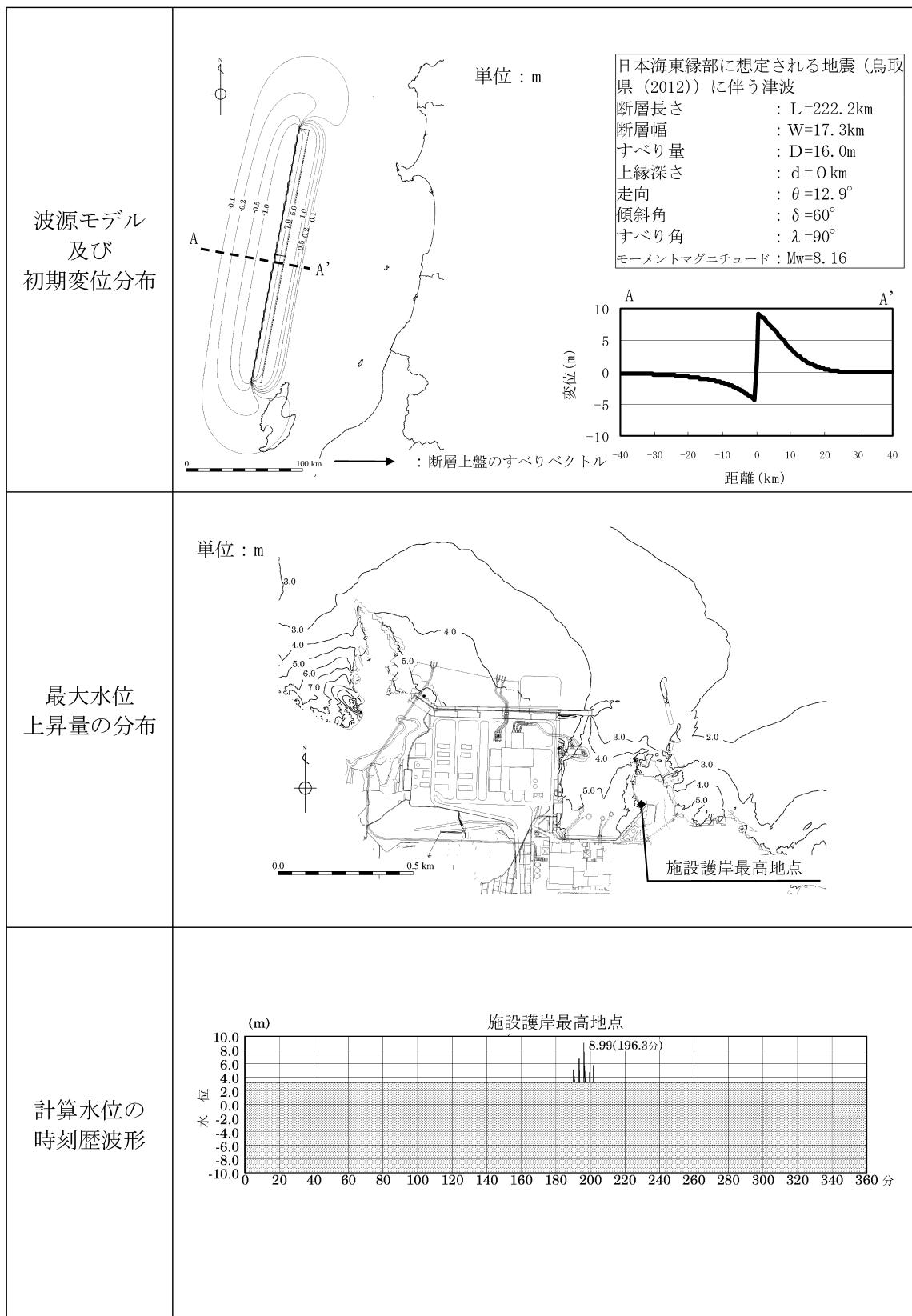
第6.3-10図 地滑り地形の断面形状（地滑り①）



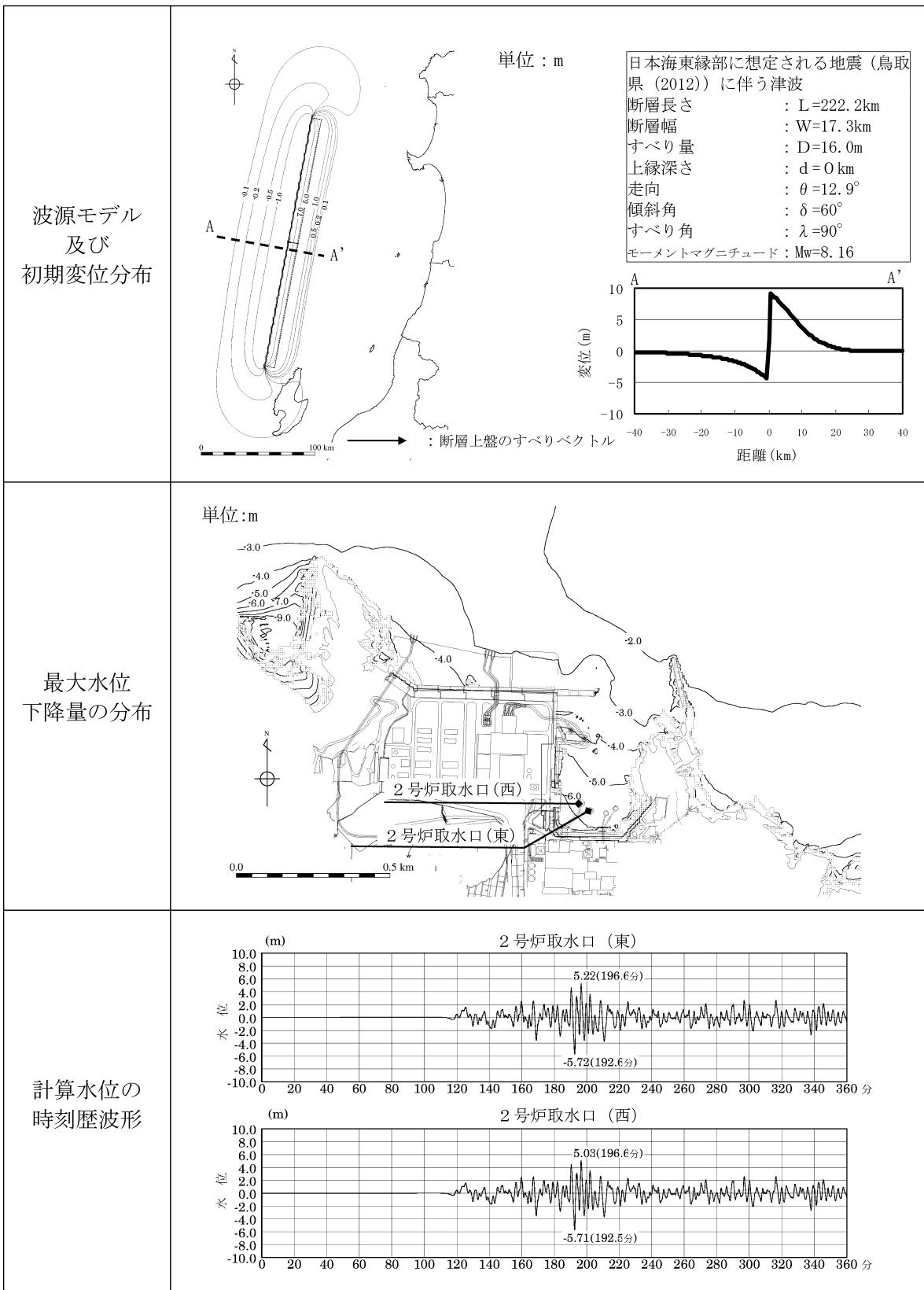
第6.3-11図 海底地滑りに起因する津波の計算結果（水位上昇側）



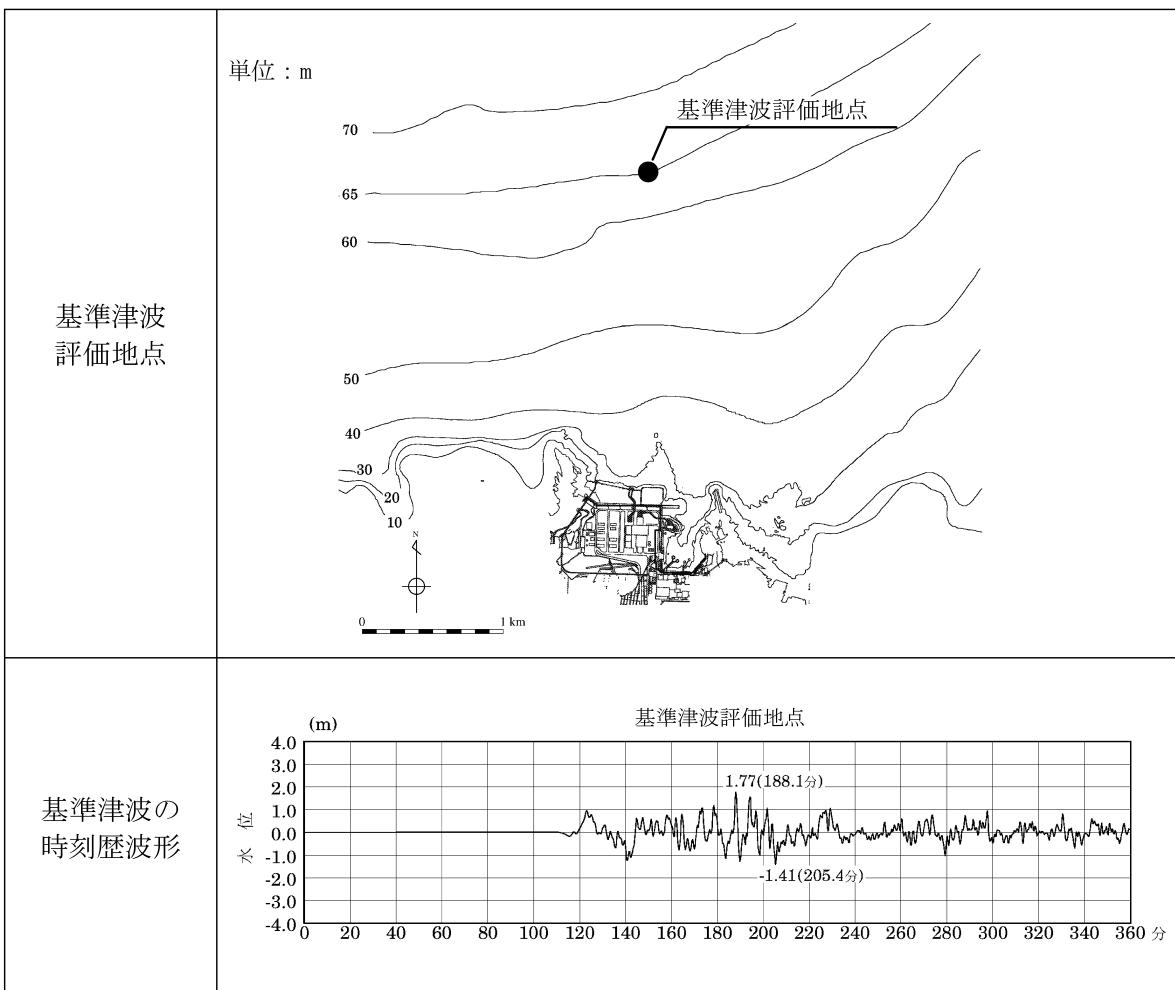
第6.3-12図 海底地滑りに起因する津波の計算結果（水位下降側）



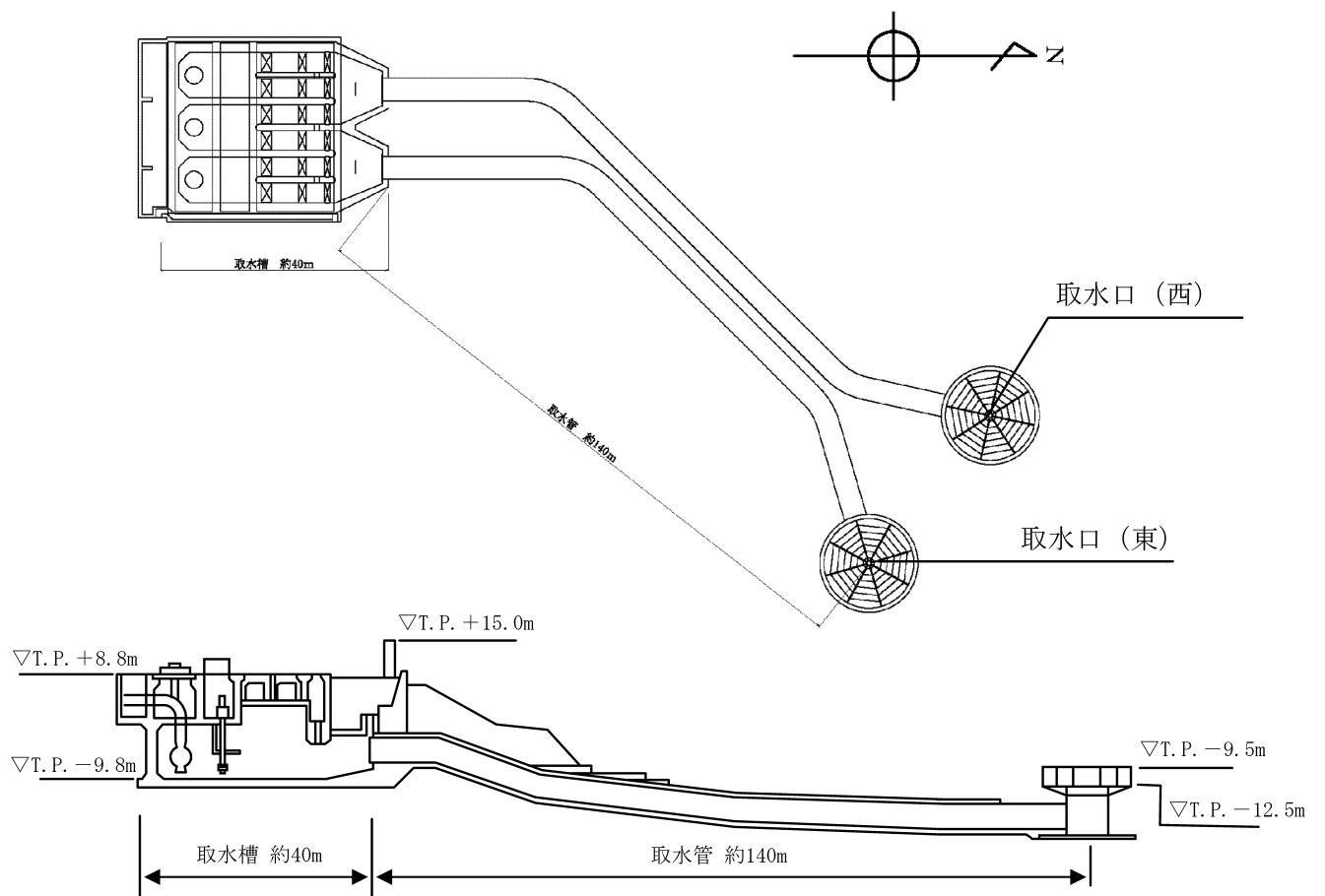
第6.3-13図 日本海東縁部に想定される地震（鳥取県（2012））
に伴う津波の計算結果（水位上昇側）



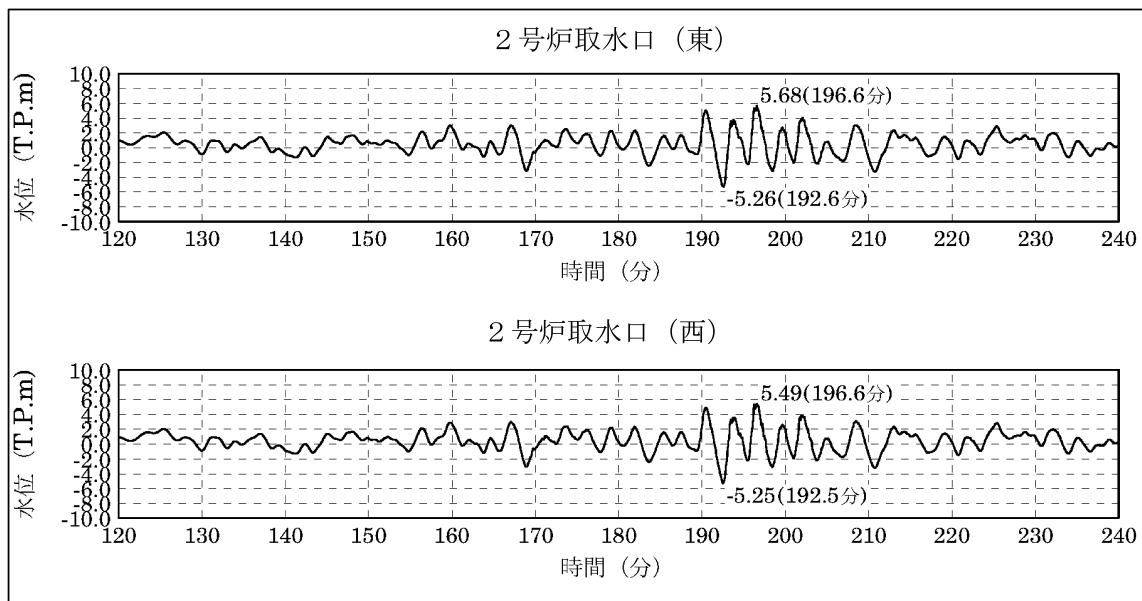
第6.3-14図 日本海東縁部に想定される地震（鳥取県（2012））
に伴う津波の計算結果（水位下降側）



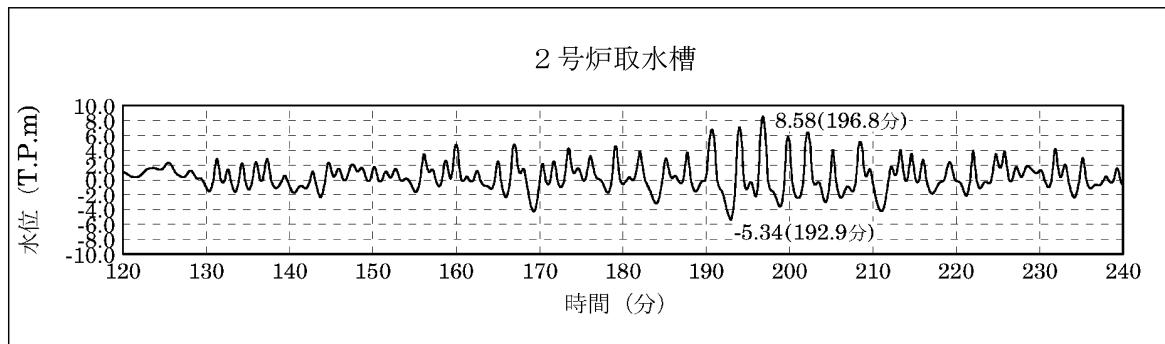
第6.3-15図 基準津波評価地点及び時刻歴波形



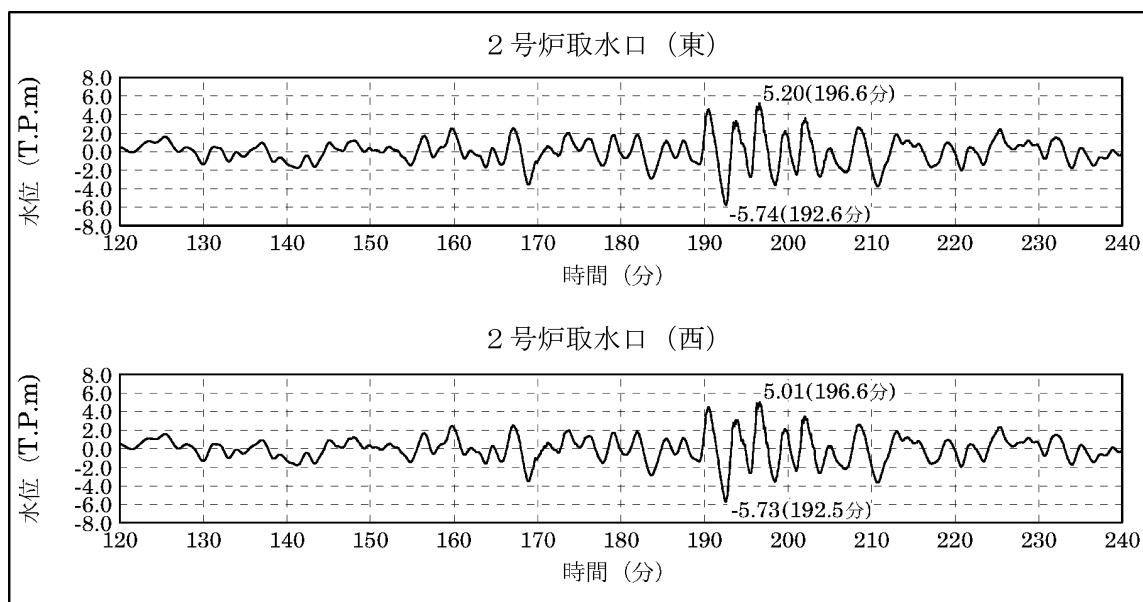
第6.4-1図 2号炉取水施設概要図



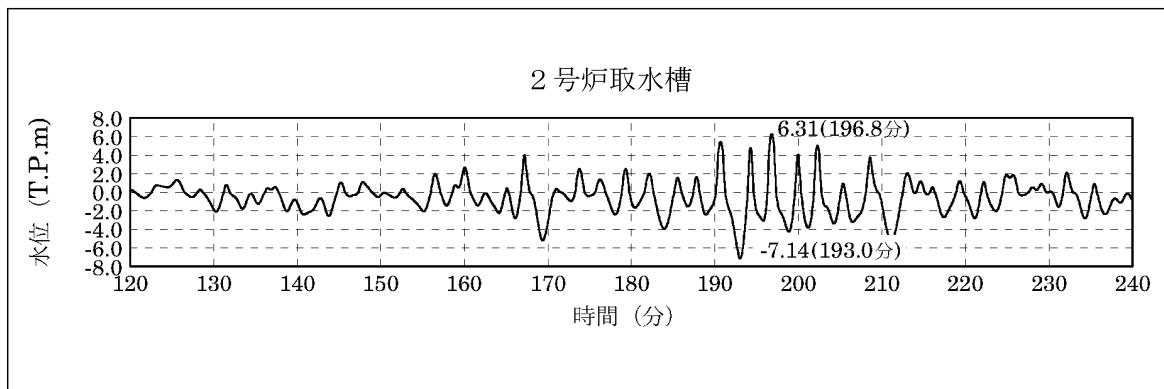
第6.4-2図 2号炉取水口での計算水位の時刻歴波形
(朔望平均満潮位を考慮)



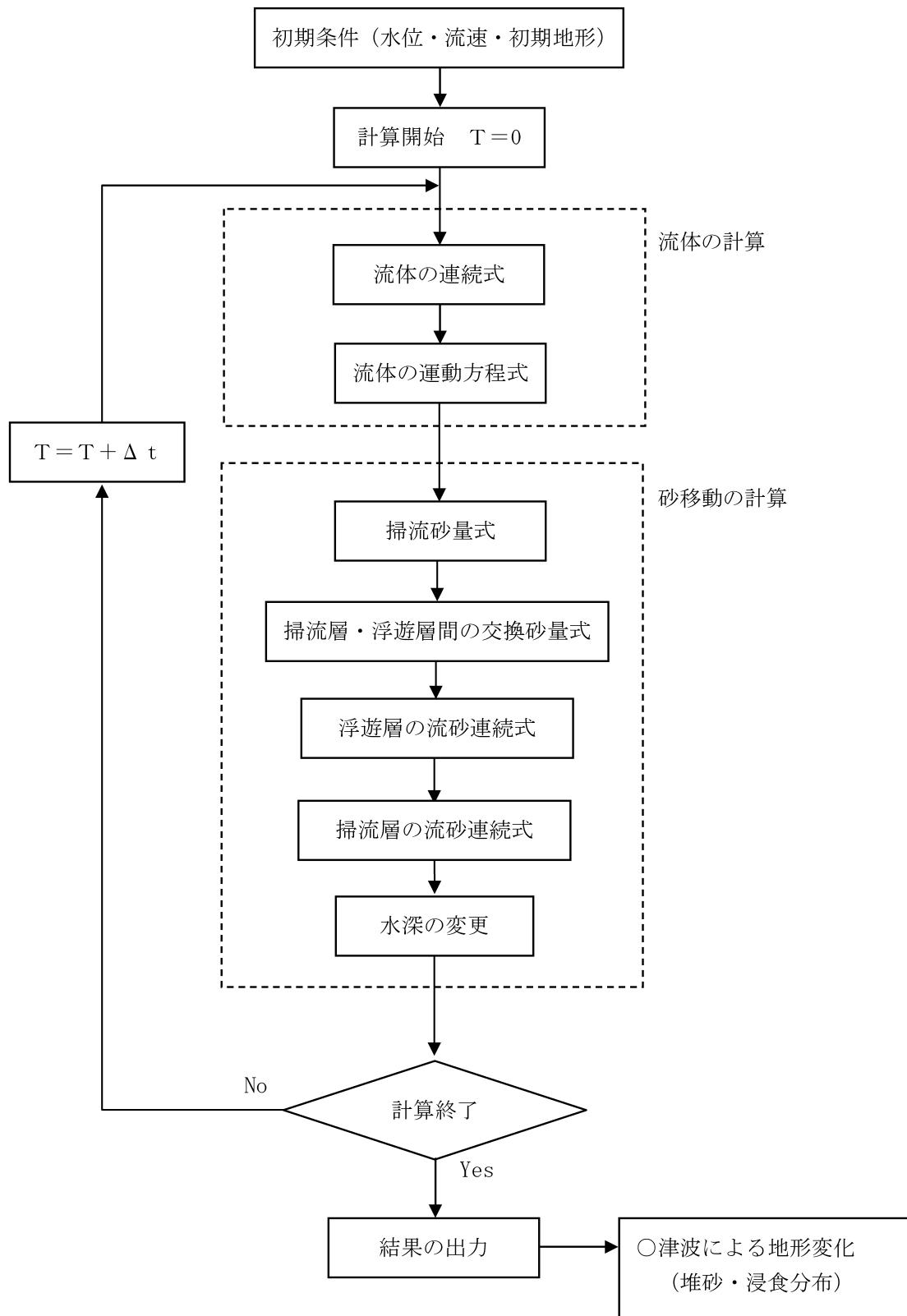
第6.4-3図 2号炉取水槽での水位変動の検討結果
(朔望平均満潮位を考慮)



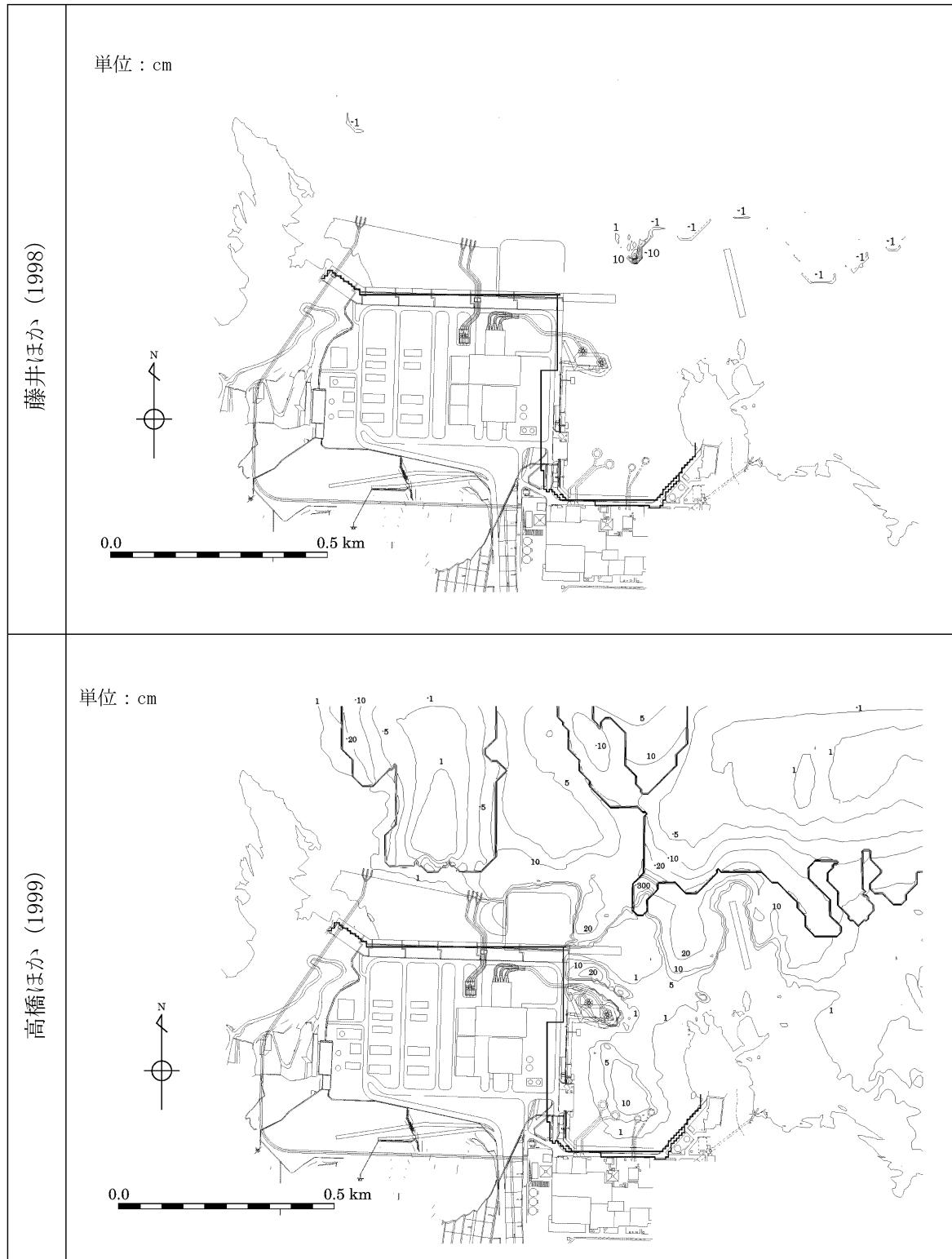
第6.4-4図 2号炉取水口での計算水位の時刻歴波形
(朔望平均干潮位を考慮)



第6.4-5図 2号炉取水槽での水位変動の検討結果
(朔望平均干潮位を考慮)



第6.5-1図 砂移動の数値シミュレーションのフロー



第6.5-2図 砂移動に伴う地形変化量の分布

7. 火山

7.1 調査内容

敷地を中心とする半径160km以内の火山の活動時期、噴出物の分布等に係る文献調査、地質調査等による敷地への影響を検討した。また、降下火砕物（火山灰）については、半径160km以遠の火山も含めて敷地への影響を検討した。検討対象とした火山は第四紀に活動した火山とした。

7.1.1 文献調査

敷地周辺における第四紀火山の分布は、第四紀火山カタログ編集委員会編（1999）⁽¹⁾、気象庁（2005⁽²⁾、2013⁽³⁾）、地質調査総合センター（2013）⁽⁴⁾、西来ほか編（2012）⁽⁵⁾、中野ほか編（2013）⁽⁶⁾、日本地質学会編（2009）⁽⁷⁾、町田・新井（2011）⁽⁸⁾等を参考し、主として地質調査総合センター（2013）、西来ほか編（2012）に拠った。

7.1.2 地形・地質調査

地形調査・地質調査は、「3. 地盤」における調査結果等を参考し、第四紀火山の噴出物の分布等を把握した。

7.2 調査結果

7.2.1 敷地に影響を及ぼす可能性のある火山の抽出

敷地を中心とする半径160km以内には、だいこんじま 大根島火山、のろ 野呂火山、シゲグリ 火山、つるた 鶴田火山、よこた 横田火山、だいせん 大山火山、もりたやま 森田山火山、さんべさん 三瓶山火山、みひらやま 三平山火山、めんがめやま 女亀山火山、やわたやま 八幡山火山、おおえたかやま 大江高山火山、かわもと 川本火山、くらよし 倉吉火山、おきどうご 隠岐島後(みさき) 火山、みさき 三朝火山、まきはら 槇原火山、こおげ 郡家火山、おうぎのせん 扇ノ山火山、さぼう 佐坊火山、みかた 美方火山、てらぎ 照来火山、とどろき 轟火山、かんなべやま 神鍋山火山、めさか 目坂火山及び大屋火山が分布する（第7.2-1図）。

敷地を中心とする半径160km以内に分布する第四紀火山のうち、気象庁（2013）は敷地の南西約55kmに位置する三瓶山火山を活火山としている。

7.2.2 将來の活動性評価

文献調査に基づき、半径160km以内の第四紀火山の活動履歴、噴火規模等について検討した結果、位置関係、噴出物の性状等から、野呂火山及び鶴田火山は横田火山として、森田山火山は三瓶山火山として、三平山火山は大山火山として、目坂火山は神鍋山火山としてそれぞれ評価した。

完新世に活動を行った三瓶山火山（森田山火山を含む）は、将来の活動可能性が否定できない火山とした。また、大根島火山、シゲグリ火山、大山火山（三平山火山を含む）、女亀山火山、八幡山火山、川本火山、倉吉火山、隠岐島後（御崎）火山、槇原火山、郡家火山、佐坊火山、美方火山、轟火山、神鍋山火山（目坂火山を含む）及び大屋火山は、最大活動休止期間よりも最新活動からの経過時間が短いこと、又は最大活動休止期間が不明であることから、将来の活動可能性が否定できない火山として評価した（第7.2-1表）。

一方、横田火山（野呂火山、鶴田火山含む）、大江高山火山、三朝火山、扇ノ山火山及び照来火山は、最新活動からの経過期間が、最大活動休止期間より長いことから将来の活動可能性がないと評価した。

7.2.3 発電所運用期間中の活動性評価

7.2.3.1 三瓶山火山

三瓶山火山は、敷地の南西約55kmに位置しており、最大標高約1,126mの男三瓶山を最高峰とする。直径約5kmのカルデラと、カルデラ形成期の軽石流堆積物及びカルデラ中央のデイサイト溶岩ドーム山体から成る複成火山である（日本地質学会編（2009））。

地質調査総合センター（2013）によると、三瓶山火山の形式は火碎流台地－カルデラと火碎丘及び溶岩ドームであるとされ、主な岩石はデイサイト及び安山岩であるとされている。また、西来ほか編（2012）によると、森田山火山の形式は、溶岩ドームであるとされ、主な岩石はデイサイトであるとされている。

日本地質学会編（2009）によると、三瓶山火山の噴出年代については、第1期から第6期が、それぞれ約0.11Ma, 0.07Ma（フィッショントラック法による年代値）、0.04Ma（層序による年代値）、0.015Ma, 0.0045Ma, 0.0036Ma（放射性炭素同位体法による年代値）とされており、森田山火山が約1.08Ma（約1.01Ma；松浦・土谷、2003⁽⁹⁾、約1.15Ma；Kimura et al., 2003⁽¹⁰⁾）とされている。

松浦・土谷（2003）によると、三瓶山火山の北西に位置し、デイサイト溶岩から成る森田山火山は、中新世以降ほぼ一貫して100万年～200万年間と考えられる山陰地方の火山活動継続時間から、三瓶山火山のデイサイトの活動に先立つ噴火であるとされている。

よって、三瓶山火山の火山活動は、森田山火山の約110万年前に始まり、約100万年間の休止後、約11万年前に再び噴火したと考えられる。約11万年前の噴火以降については、日本地質学会編（2009）によると、第1期から第6期に区分され、約千年～数万年ごとに噴火を繰り返しており、第6期の活動のあとにも、最新降下火山灰があり、3,000年前よりも若い時代に噴火活動があった可能性があるとされている。

日本地質学会編（2009）によると、第1期から第3期にかけて、3回の

プリニー式噴火があったとされ、これらの爆発的噴火により、現在のカルデラが形成されたとされている。また、カルデラ形成後の第4期（約1.5万年前以降）においてもサブ・プリニー式の噴火が発生し、三瓶浮布テフラを広範囲に噴出しているが、以降は溶岩ドームを形成する活動へと変化し、爆発性が低下しているとされている。

以上のことから、発電所の運用期間中に大規模な噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられることから、噴火規模として、三瓶浮布テフラ噴出後、最大の噴火である三瓶太平山テフラ噴出時の規模を想定した。

7.2.3.2 大山火山

大山火山は、敷地の東南東約53kmに位置し、最大標高約1,729mの剣ヶ峰を最高峰とする。東西約35km、南北約30km、総体積約120km³を越える大型の複成火山である。

地質調査総合センター（2013）によると、大山火山の形式は溶岩ドームと火碎丘及び溶岩流であるとされ、主な岩石はデイサイト及び安山岩であるとされている。また、西来ほか編（2012）によると、三平山火山の形式は不明確ではあるが、溶岩ドームであるとされ、主な岩石は安山岩であるとされている。

津久井（1984）⁽¹¹⁾によると、大山火山の噴出物は、古期と新期に区分され、古期噴出物は厚い溶岩流から成る古期溶岩類、広大な裾野を形成する溝口凝灰角礫岩層及び側火山から成るとされている。新期噴出物は、軽石層や火山灰層、火碎流堆積物、溶岩円頂丘等から成るとされている。

津久井ほか（1985）⁽¹²⁾によると、大山火山の噴出物の年代は、K-Ar放射年代値として、古期噴出物が約0.96Ma～約0.30Ma、新期噴出物が約0.09Ma～約0.02Maとされている。また、大山火山の火山活動は、約100万年前の溶岩円頂丘形成や溶岩流出から始まり、約60万年前から約40万年前にかけて、現在の大山火山の骨格の大部分を形成した噴出（古期溶岩類、溝口凝灰角礫岩層等）があり、約40万年前以降に繰返した爆発的噴火は、長

期間の噴火休止期間が無く、1万年～数万年ごとに大規模な噴火を繰り返したとされている。なお、町田・新井（2011）によると、第四紀後期には6回以上のプリニー式噴火によるテフラが生じたとされ、そのうち、最大規模の噴火は、約5.5万年前以前の大山倉吉テフラとされている。また、奥野・井上（2012）⁽¹³⁾によると、新たに発見した火山灰層中の炭化木片及び火山灰層直下の土壌の年代は、約3,000年前（放射性炭素同位体法による年代値）とされている。

守屋（1983）⁽¹⁴⁾によると、日本の第四紀火山の発達史的分類が行われており、大山火山が分類される円錐火山は、火山地形に応じて、前期（第1期と第2期）と後期（第3期と第4期）の2期にまとめられている。大山火山の地形は、円錐火山の噴火輪廻のうち、第2期の厚い溶岩流、第3期の中小規模火碎流堆積面の発達を経て、現在は末期である第4期の溶岩円頂丘が発達しているとし、後期型円錐火山とされている。

以上のことから、大山火山は、火山活動の末期にあるとされるため、発電所の運用期間中に大規模な噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられることから、噴火規模として、大山倉吉テフラ噴出後、最大の噴火である弥山－三鈷山噴火時の規模を想定した。

7.2.3.3 その他の第四紀火山

将来の活動可能性が否定できない第四紀火山のうち、大根島火山、シゲグリ火山、女亀山火山、八幡山火山、川本火山、倉吉火山、隠岐島後（御崎）火山、楨原火山、郡家火山、佐坊火山、美方火山、轟火山、神鍋山火山及び大屋火山は、発電所の運用期間中の活動可能性が否定できない火山として評価し、噴火規模として、既往最大の噴火規模を想定した。

7.2.4 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

発電所の運用期間中の活動可能性が否定できない火山として、三瓶山火山、大山火山、大根島火山、シゲグリ火山、女亀山火山、八幡山火山、川

本火山、倉吉火山、隱岐島後（御崎）火山、槇原火山、郡家火山、佐坊火山、美方火山、轟火山、神鍋山火山及び大屋火山が検討対象火山として抽出された。

文献調査等の結果を踏まえ、設計対応不可能な火山現象である、火碎物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動について検討を行った。なお、検討に当たっては、過去の最大規模の噴火による設計対応不可能な火山事象を考慮した。検討の結果は以下のとおりである。

(1) 火碎物密度流

地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする火碎物密度流堆積物は確認されていないとともに、文献調査の結果、確認されている最大到達距離は、発電所との距離よりも十分に小さいことから、火碎物密度流による影響はないものと考えられる。

(2) 溶岩流

地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする溶岩流は確認されていないとともに、文献調査の結果、確認されている最大到達距離は、火山と発電所との距離よりも十分に小さいことから、溶岩流による影響はないものと考えられる。

(3) 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊

地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊は確認されていないとともに、文献調査の結果、確認されている最大到達距離は、火山と発電所との距離よりも十分に小さいことから、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊による影響はないものと考えられる。

(4) 新しい火口の開口及び地殻変動

敷地は、検討対象火山の火口分布範囲及びその近傍に位置していないことから、新しい火口が敷地に開口する可能性はなく、地殻変動による影響はないものと考えられる。

以上のことから、敷地に設計対応不可能な火山事象が到達・発生する可能性はないものと評価した。

7.2.5 火山活動のモニタリング

将来の活動可能性のある火山の過去の最大規模の噴火による設計対応不可能な火山事象は、敷地に到達していないことから、火山活動のモニタリングは不要と判断する。

7.2.6 火山事象の影響評価

火山事象のうち、火山性土石流、火山泥流及び洪水、火山から発生する飛来物、火山ガス、火山性地震及びその関連事象、熱水系及び地下水の異常については、文献調査、地形的特徴等に基づき、敷地への到達の有無と施設の安全性に影響を与える可能性について検討した。

また、降下火碎物については、敷地に影響を与える可能性がある火山事象として考慮し、その影響を検討した。

検討結果は以下のとおりである。

(1) 降下火碎物（火山灰）

敷地周辺における第四紀火山起源の主な降下火碎物の分布を第7.2-2図に示す。

町田・新井（2011）によると、敷地に到達した可能性がある半径160km以内の第四紀火山起源の主要な降下火碎物として、三瓶木次軽石及び大山松江軽石が示されている。また、半径160km以遠の第四紀火山起源の降下火碎物として、鬼界アカホヤ火山灰、姶良Tn火山灰、阿蘇4火山灰、鬼界葛原火山灰、阿多火山灰、阿蘇3火山灰及び鬱陵隠岐火山灰が示されている。

これらの降下火碎物を噴出した火山のうち、三瓶山火山は、第4期のサブ・プリニー式噴火以降（約1.5万年前以降）は爆発性が低下しているとされること、大山火山は火山活動の末期にあると想定されることから、

発電所の運用期間中に大規模な噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。

また、町田・新井（2011）によると、日本列島では、噴出物総量 10km^3 ～ 100km^3 に及ぶ大容量のテフラを噴出した巨大噴火は、1つの火山で数万年～十数万年に一度程度の頻度で発生したとされている。鬼界カルデラ及び姶良カルデラは、最近の破局的噴火からの経過時間より、破局的噴火の活動間隔が十分に長いこと、阿蘇カルデラ及び阿多カルデラは、最近の破局的噴火以降、比較的小規模な噴火を継続しており、後カルデラ火山噴火ステージと考えられることから、発電所の運用期間中にこれらの火山が敷地に到達した可能性のある火山灰と同程度の火山灰を噴出させるような噴火を起こす可能性は極めて低いと考えられる。

一方、鬱陵島火山は 0.0102Ma （町田・新井、2011）に鬱陵隠岐火山灰を噴出させていること等から、発電所の運用期間中に同程度の火山灰を噴出させるような噴火を起こす可能性は否定できない。

以上のことから、施設の安全性に最も影響が大きい落下火砕物は、鬱陵隠岐火山灰であると考えられる。敷地近傍での調査では、鬱陵隠岐火山灰は認められないが、町田・新井（2011）によると、その層厚は敷地付近で 2cm 以下とされている。

(2) 火山性土石流、火山泥流及び洪水

敷地と検討対象火山の間には、日本海又は標高 100m 以上の東西に延びる狭長な山地及び宍道湖・中海低地帯が位置することから、火山土石流、火山泥流及び洪水は敷地に到達することはなく、影響はないものと考えられる。

(3) 火山から発生する飛来物

敷地を中心とする半径 10km の範囲に検討対象火山が位置しないことから、火山から発生する飛来物による影響はないものと考えられる。

(4) 火山ガス

敷地と検討対象火山の間には、日本海又は標高 100m 以上の東西に延び

る狭長な山地及び宍道湖・中海低地帯が位置すること、敷地は日本海に面して位置していることから、火山ガスによる影響は極めて小さいものと考えられる。

(5) 火山性地震及びその関連事象

敷地は検討対象火山と十分に離隔があることから、火山性地震及びその他関連事象による影響は極めて小さいものと考えられる。

(6) 热水系及び地下水の異常

敷地は検討対象火山と十分に離隔があることから、热水系及び地下水の異常による影響はないものと考えられる。

7.3 参考文献

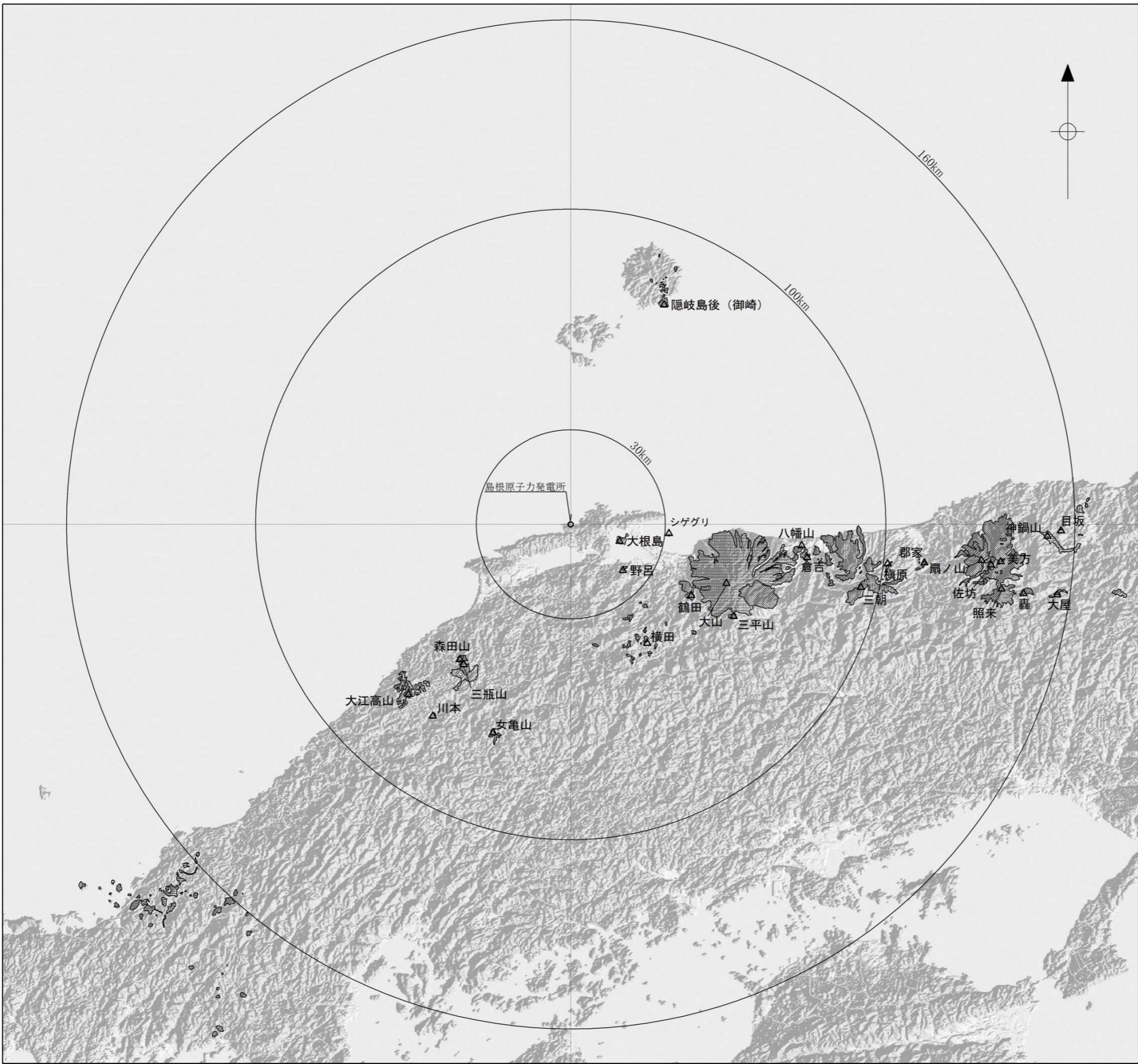
- (1) 第四紀火山カタログ編集委員会編(1999)：日本の第四紀火山カタログ，日本火山学会
- (2) 気象庁 (2005)：日本活火山総覧（第3版），(財)気象業務支援センター
- (3) 気象庁 (2013)：日本活火山総覧（第4版），(財)気象業務支援センター
- (4) 地質調査総合センター (2013)：日本の火山，ver. 0.90, 2013.04.01
更新，地質調査総合センター
- (5) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編 (2012)：第四紀火山岩体・貫入岩体
データベース. 地質調査総合センター速報, No. 60, 地質調査総合センター
- (6) 中野俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺
禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝広・岸本清行編
(2013)：日本の火山（第3版）・200万分の1地質編集図, No. 11, 地質
調査総合センター
- (7) 日本地質学会編 (2009)：日本地方地質誌 6 中国地方，朝倉書店
- (8) 町田洋・新井房夫 (2011)：新編日本の火山灰アトラス，東京大学出版
会
- (9) 松浦浩久・土谷信之(2003):前期更新世森田山溶岩—古三瓶期火山—，
火山，第48卷，第1号，(p. 69—73)
- (10) Kimura J・Kunikiyo T・Osaka I・Nagao T・Yamauchi S・Kakubuchi S・
Okada S・Murakami H・Kusano T・Umeda K・Hayashi S・Ishihara T・Ninomiya
A・Tanase A (2003):Late Cenozoic volcanic activity in the Chugoku
area, southwest Japan arc during back-arc basin opening and relation
of subduction, The Island Arc, vol. 12(p. 22—45)
- (11) 津久井雅志 (1984)：大山火山の地質，地質学雑誌，第90卷，第9号，
(p. 643—658)

- (12) 津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介 (1985) : 蒜山火山群・大山火山のK-Ar年代, 地質学雑誌, 第91巻, 第4号, (p. 279-288)
- (13) 奥野充・井上剛 (2012) : 大山火山の完新世噴火, 日本地球惑星科学連合合同大会, 2012年大会予稿集, SVC 53-03
- (14) 守屋似智雄 (1983) : 日本の火山地形, 東京大学出版会

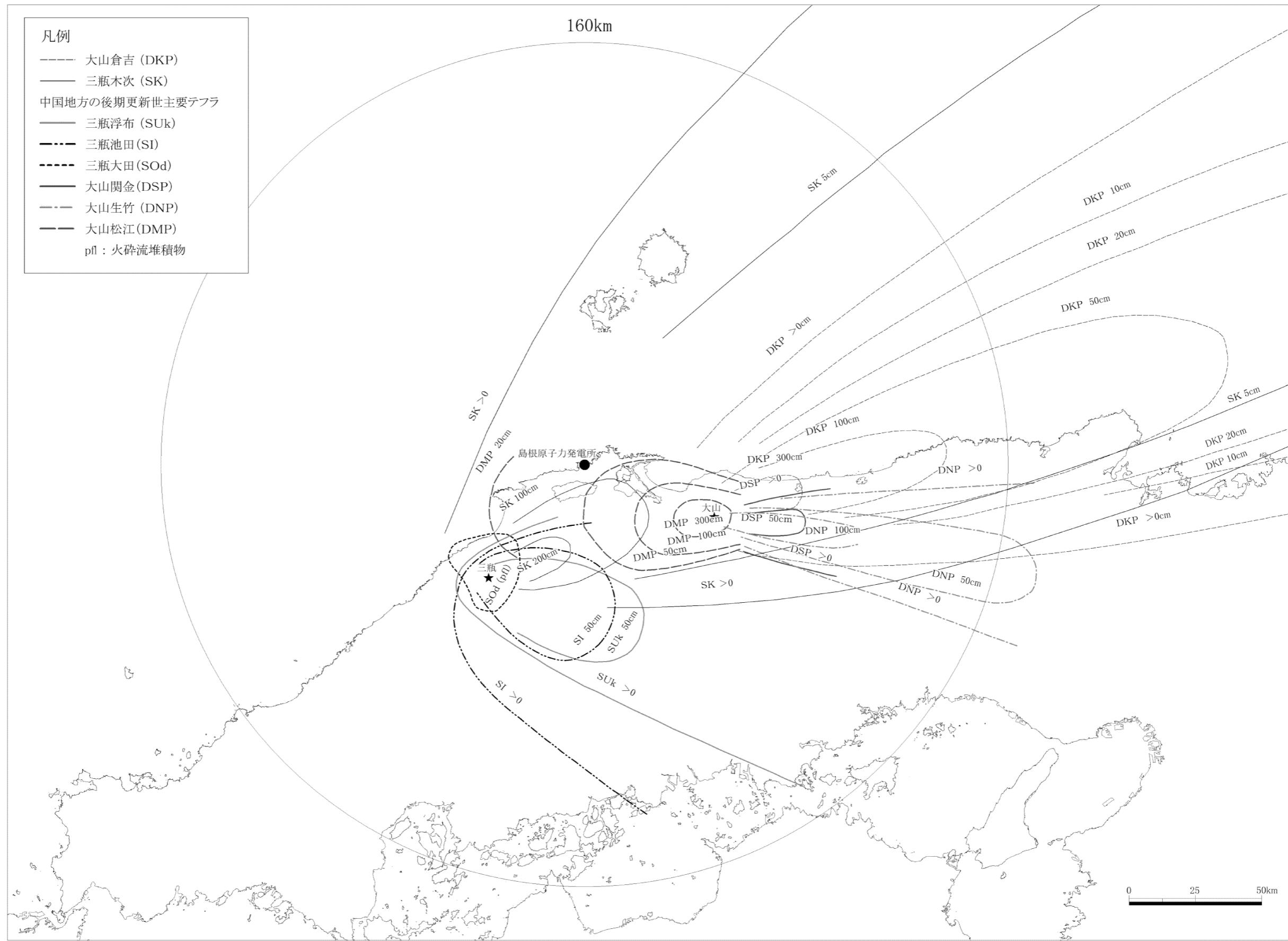
第7.2-1表 敷地周辺の第四紀火山一覧表

敷地からの距離		該当する第四紀火山	調査対象とすべき 火山現象	活動年代 (万年前)	最大活動休止期間	
10km以内	-	該当無し	火山から発生する飛来物			
30km以内	16km	島根県 大根島		約25ないし20	-	
	21km			(横田へ統合して評価)	(横田へ統合して評価)	
50km以内	32km	島根県 シゲグリ	溶岩流	約90	-	
	43km			(横田へ統合して評価)	(横田へ統合して評価)	
50km以内	44km	島根県・鳥取県 横田	岩屑なだれ, 地滑り及び 斜面崩壊	約90 ~ 約230	約26万年	
120km以内	53km	鳥取県 大山	火山性土石流, 火山泥流及び 洪水	約2 ~ 約100	約16万年	
	54km	島根県 森田山		(三瓶山へ統合して評価)	(三瓶山へ統合して評価)	
	55km	島根県 三瓶山		約0.36 ~ 約115	約4万年	
	59km	鳥取県 三平山		(大山へ統合して評価)	(大山へ統合して評価)	
	69km	広島県 女亀山		約180	-	
	73km	鳥取県 八幡山		約220	-	
	73km	島根県 川本		約80 ~ 約360	約75万年	
	74km			約210	-	
	75km	鳥取県 倉吉		約50 ~ 約180	約51万年	
	77km	島根県 隱岐島後(御崎)		約40 ~ 約450	約104万年	
	94km	鳥取県 三朝		約220 ~ 鮮新世後期	約140万年	
	101km			約80	-	
	113km			約215	-	
160km以内	131km	鳥取県 扇ノ山	火山ガス 火碎物密度流:火碎流, サージ及びプラスト	約40 ~ 約120	約20万年	
	134km	兵庫県 佐坊		約170	-	
	137km	兵庫県 美方		約22 ~ 約170	約47万年	
	139km	照来		約220 ~ 約310	約28万年	
	146km	兵庫県 轟		約270	-	
	152km	兵庫県 神鍋山		約2ないし1 ~ 約70	約48万年	
	156km	兵庫県 目坂		(神鍋山へ統合して評価)	(神鍋山へ統合して評価)	
	157km	兵庫県 大屋		約250	-	

※将来の活動可能性が否定できない火山を、ゴシック体で示す。

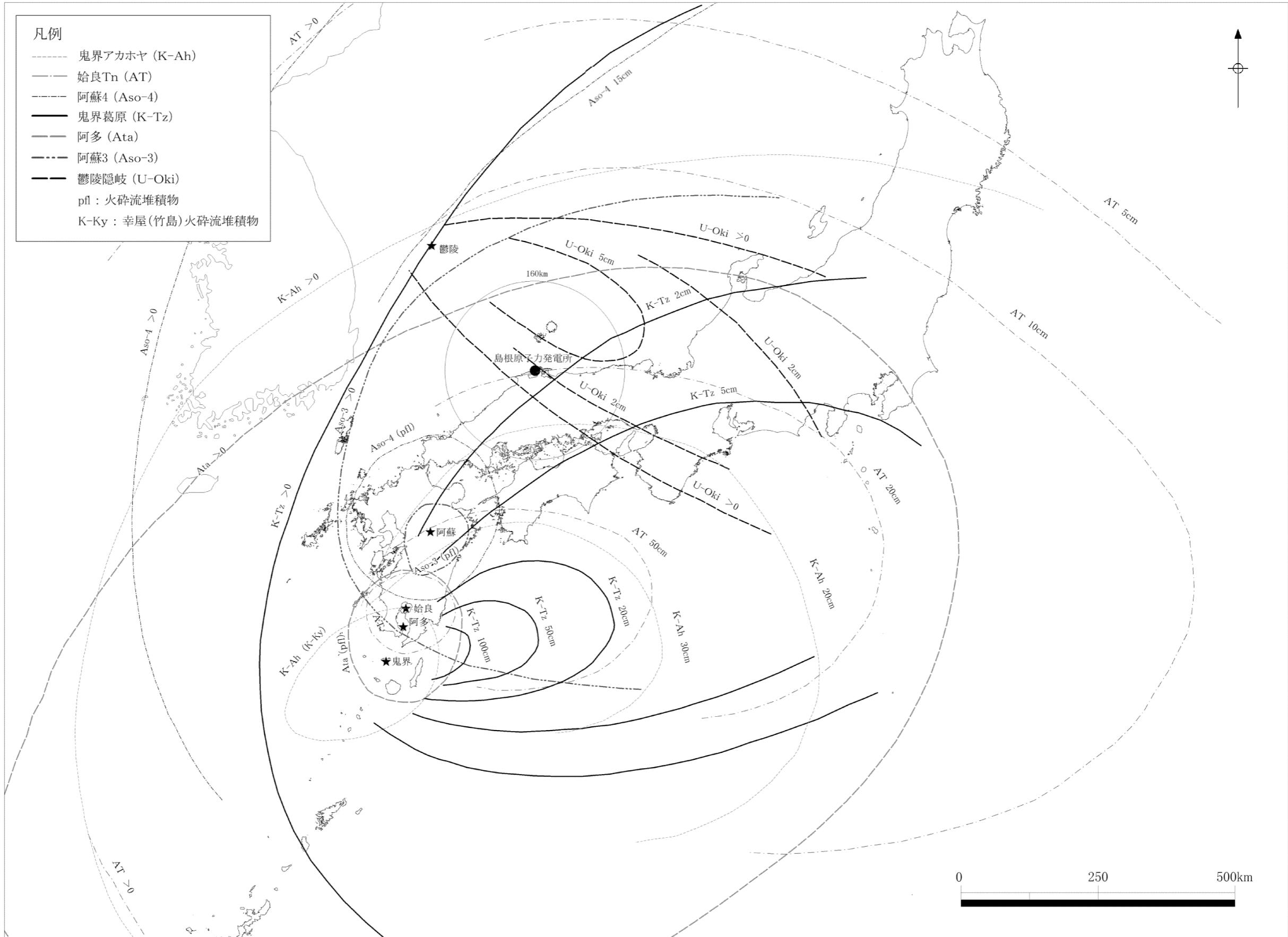


第7.2-1図 敷地周辺の第四紀火山分布図



この地図の海岸線は、国土交通省の国土数値情報（海岸線データ）を利用して作成した。
降下火砕物の分布範囲は町田・新井(2011)に基づいて作成した。

第7.2-2図(1) 敷地周辺における主な第四紀火山起源の降下火砕物の分布
(半径160km以内の第四紀火山起源)



この地図のうち国内の海岸線は、国土交通省の国土数値情報（海岸線データ）を利用して作成した。
降下火碎物の分布範囲は町田・新井(2011)に基づいて作成した。

第7.2-2図(2) 敷地周辺における主な第四紀火山起源の降下火碎物の分布
(半径160km以遠の第四紀火山起源)

8. 社会環境

8.4 交通運輸

発電所に近い鉄道路線は、西日本旅客鉄道株式会社山陰本線（京都～幡生間）及び私鉄の一畠電気鉄道株式会社北松江線（松江しんじ湖温泉～電鉄出雲市）があり、発電所から鉄道路線までの最短距離は、南方向約7km（一畠電気鉄道朝日ヶ丘駅付近）である。

主要な道路としては、国道9号線があり、発電所から国道9号線までの最短距離は、南東方向約10kmである。

また、発電所に一番近い県道としては、発電所敷地内（敷地境界付近の尾根沿い）を通っている御津～恵曇港線があり、2号原子炉からの最短距離は、南西方向約620mである。

最寄りの港湾としては、発電所から南西方向約3kmに恵曇港があり、200t級岸壁がある。なお、発電所敷地内の5,000t級岸壁は、重量物等の揚陸施設として利用する。

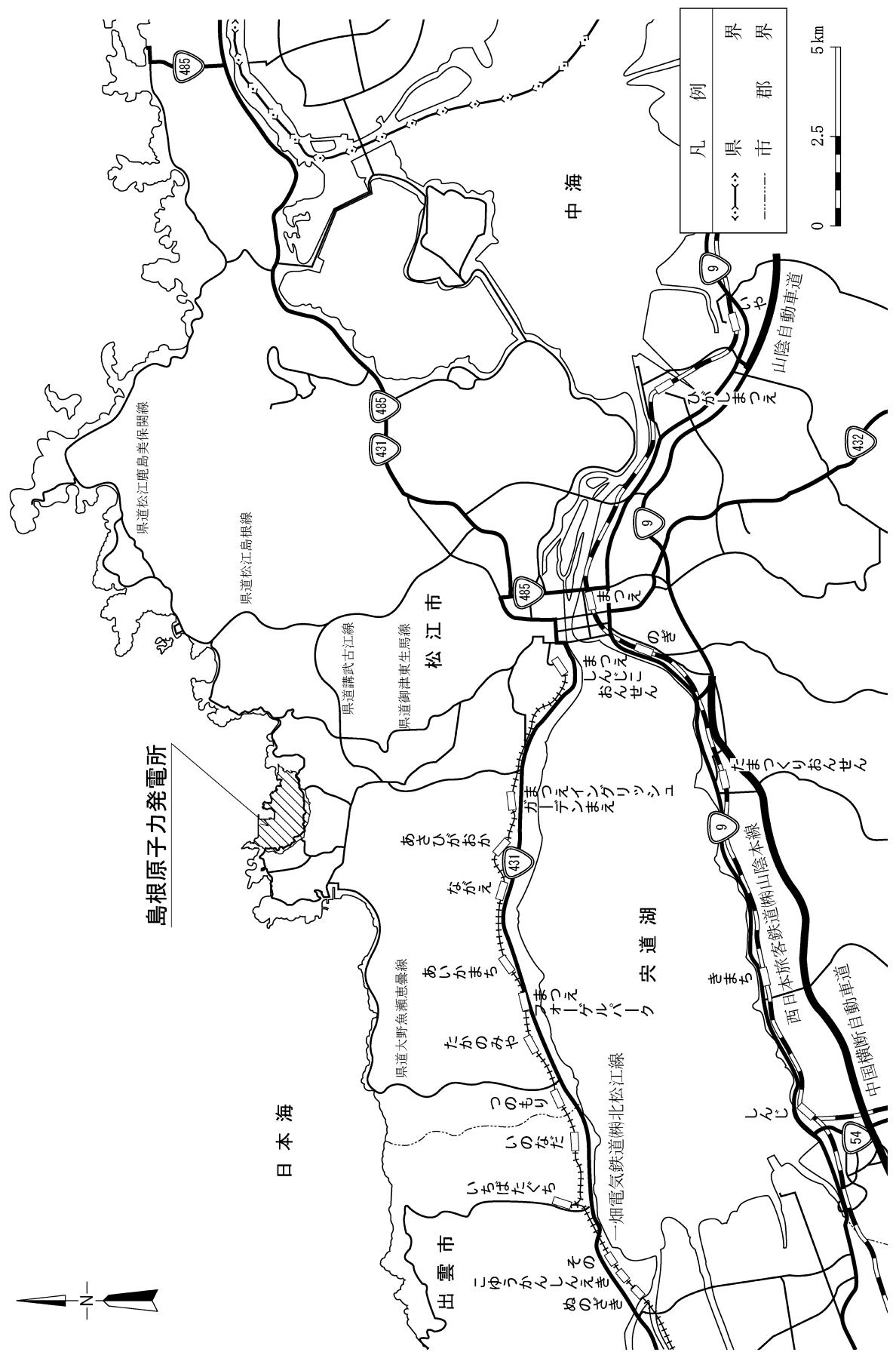
航空関係としては、発電所の南西方向約17kmに出雲空港及び東南東方向約22kmに米子空港があり、それぞれの空港における平成22年の民間航空機の着陸便数⁽⁴⁾は、6,090便及び3,325便である。発電所上空の航空路等⁽⁵⁾には、「G585」、「G203」、「G597」、「Y14」、「Y18」、「Y22」、「Y361」、「Y38」、「Y45」、「Z16」、直行経路（JEC-MAMBO）、直行経路（XZE-JEC）及び転移経路があり、それぞれの中心線は発電所の北方向約1km、南方向約2km、北東方向約4km、南東方向約6km、東方向約9km、東方向約9km、東方向約9km、北方向約1km、東南東方向約8km、東方向約9km、南南東方向約4km、南南東方向約6km及び西北西方向約2kmの上空を通っている。これらの航空路等に関する平成24年の交通便数の調査によると、東京航空交通管制部が取り扱うすべての航空便数が最大であった平成24年6月8日において、「G585」の飛行便数は42便、「G203」の飛行便数は14便、「G597」の飛行便数は42便、「Y14」の飛行便数は18便、「Y18」の飛行便数は0便、「Y22」の飛行便数は4便、「Y361」の飛行便数は33便、「Y38」の飛行便数は42便、

「Y45」の飛行便数は29便, 「Z16」の飛行便数は0便, 直行径路 (JEC-MAMBO) の飛行便数は3便, 直行経路 (XZE-JEC) の飛行便数は0便, 転移経路の飛行便数は0便である。米子空港は航空自衛隊美保基地も使用しているが, 発電所上空に訓練空域は設定されておらず, また, 訓練空域と基地間に発電所は位置していない。なお, 航空機は原則として発電所上空を飛行することを規制されている。

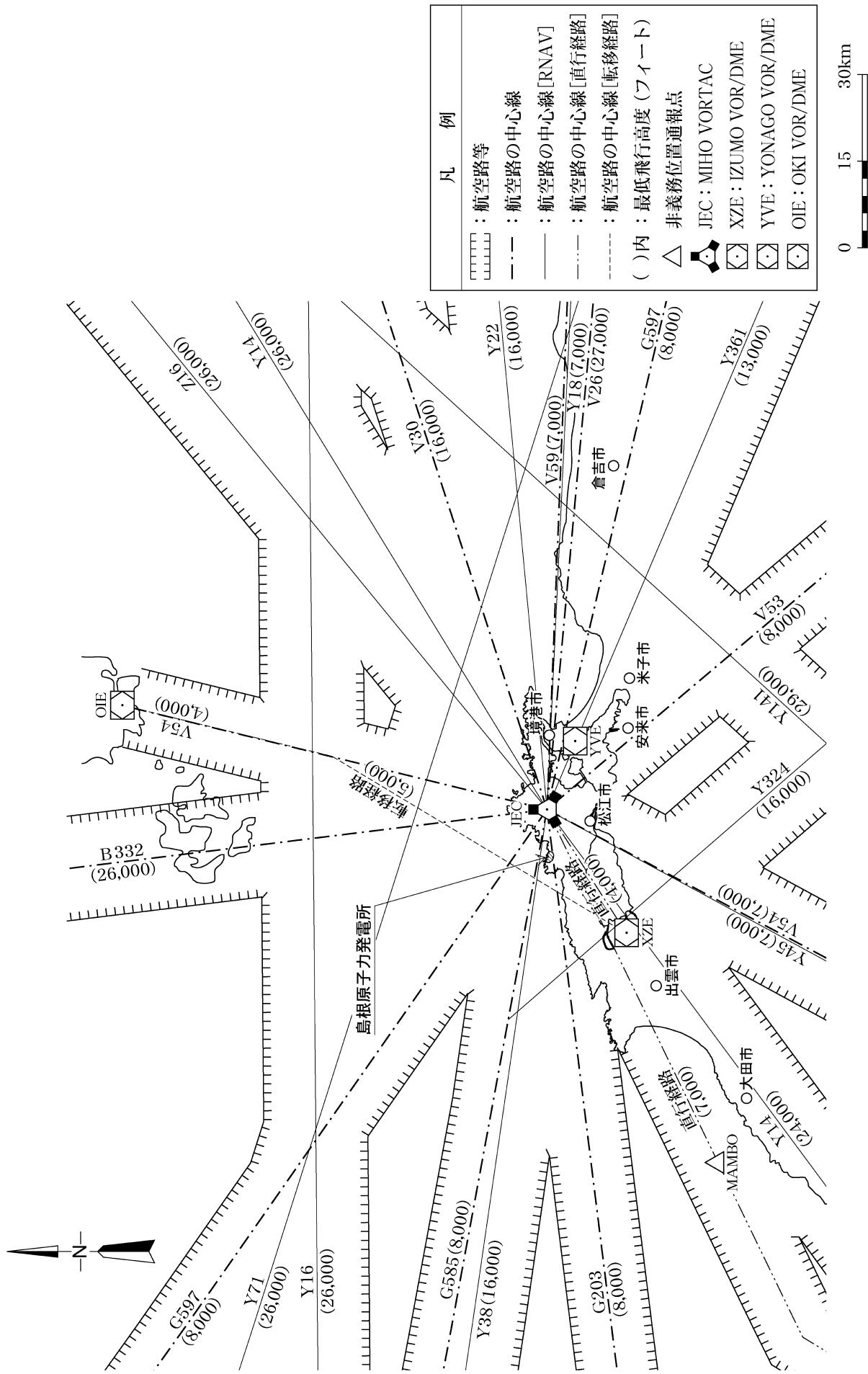
発電所周辺の鉄道及び主要道路を第8.4-1図に, 発電所周辺の航空路等を第8.4-2図に示す。

8.6 参考文献

- (1) 昭和55年国勢調査報告 総理府統計局
- (2) 島根農林水産統計年報（昭和53～54年） 中国四国農政局
島根統計情報事務所
- (3) 島根農林水産統計年報（昭和54～55年） 中国四国農政局
島根統計情報事務所
- (4) 数字でみる航空2012 一般財団法人
航空振興財団
- (5) A I P J A P A N 一般財団法人
航空振興財団
- (6) 鹿島町総合計画基本構想（第3次計画）
(昭和54年9月) 鹿島町



第8.4-1図 発電所周辺の鉄道及び主要道路図



第8.4-2図 発電所周辺の航空路等図

9. 生物

9.1 海生生物

島根原子力発電所3号炉増設に伴う環境影響調査において、周辺海域における魚等の遊泳動物に関する漁獲調査を実施している。調査結果によれば、主な出現種はウマヅラハギ、オキエソ、ハチ、カワハギ、イサキ、メバル、ホウボウ、マアジ、ホソトビウオ、サバ類、ヤリイカ、スルメイカ、スズキ等である。

なお、周辺海域において、夏季にクラゲの発生が確認されることがあるが、クラゲの発生により安全施設の安全機能が損なわれた実績はない。

9.2 植生

発電所周辺は、常緑広葉樹を主体とするヤブツバキクラス域に属している。主な現存植生は、自然植生として、社寺林を中心にモミーシキミ群集、ヒメアオキーウラジロガシ群集、ヤブコウジースダジイ群集等、日本海に面した海岸風衝地でマサキートベラ群集、オニヤブソテツーハマビワ群集等が見られる。また、河辺、湿原、塩沼地及び砂丘には、ヨシクラス、ツルヨシ群集、及び砂丘植物群落等が見られる。

代替植生としては、山地及び丘高地に、コナラ群落、シイ・カシ萌芽林、コバノミツバツツジーアカマツ群集等が見られ、平地にはススキ群団等の草本植生が見られるほか、アカマツ植林、クロマツ植林、スギ・ヒノキ・サワラ植林、畑地雑草群落、及び水田雑草群落等が見られる。

なお、島根原子力発電所において、周辺の森林火災により安全施設の安全機能が損なわれた実績はない。