

既設特定廃棄物管理施設

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等
の改訂に係る耐震安全性評価報告書

平成 19 年 11 月

日本原燃株式会社

目 次

1. まえがき
2. 耐震安全性評価の基本方針
3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地内の地質
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 基礎地盤の安定性評価
6. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
7. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価
8. 地震随伴事象に対する考慮
9. まとめ

1. まえがき

平成 18 年 9 月 19 日付けで原子力安全委員会により「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の耐震安全性に係る安全審査指針類（以下、「耐震指針」という。）が改訂された。

これに伴い、原子力安全・保安院より日本原燃株式会社（以下「当社」という。）に対して「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設特定廃棄物管理施設の耐震安全性の評価等の実施について」（平成 18・09・19 原院第 9 号 平成 18 年 9 月 20 日 以下「指示文書」という。）により、当社の所有する稼動中又は建設中の特定廃棄物管理施設について、改訂された耐震指針（以下「新耐震指針」という。）に照らした耐震安全性の評価の指示がなされ、「既設特定廃棄物管理施設の耐震安全性評価計画書（平成 18 年 10 月 18 日）」（以下「実施計画書」という。）を原子力安全・保安院へ提出した。

また、新潟県中越沖地震等から得られる新たな知見を必要に応じて適切に反映するために、平成 19 年 8 月 20 日に「実施計画書」を見直している。

本報告書は、実施計画書に基づき各種調査結果を踏まえて基準地震動 S_s を策定し、既設特定廃棄物管理施設の「基礎地盤の安定性」、「安全上重要な建物・構築物の耐震安全性」及び「安全上重要な機器・配管系の耐震安全性」の評価を実施した結果について取りまとめたものである。

なお、新潟県中越沖地震に関して、これまで公表された情報等を考慮し、これらを可能な限り取り入れ、敷地直下まで震源断層が広がっている可能性を加えて、震源断層を再評価した検討を併せて実施した。

本書は地質調査、基準地震動 S_s の策定および各施設等の耐震安全性評価の概要等を示すものであり、詳細については別冊にまとめている。

2. 耐震安全性評価の基本方針

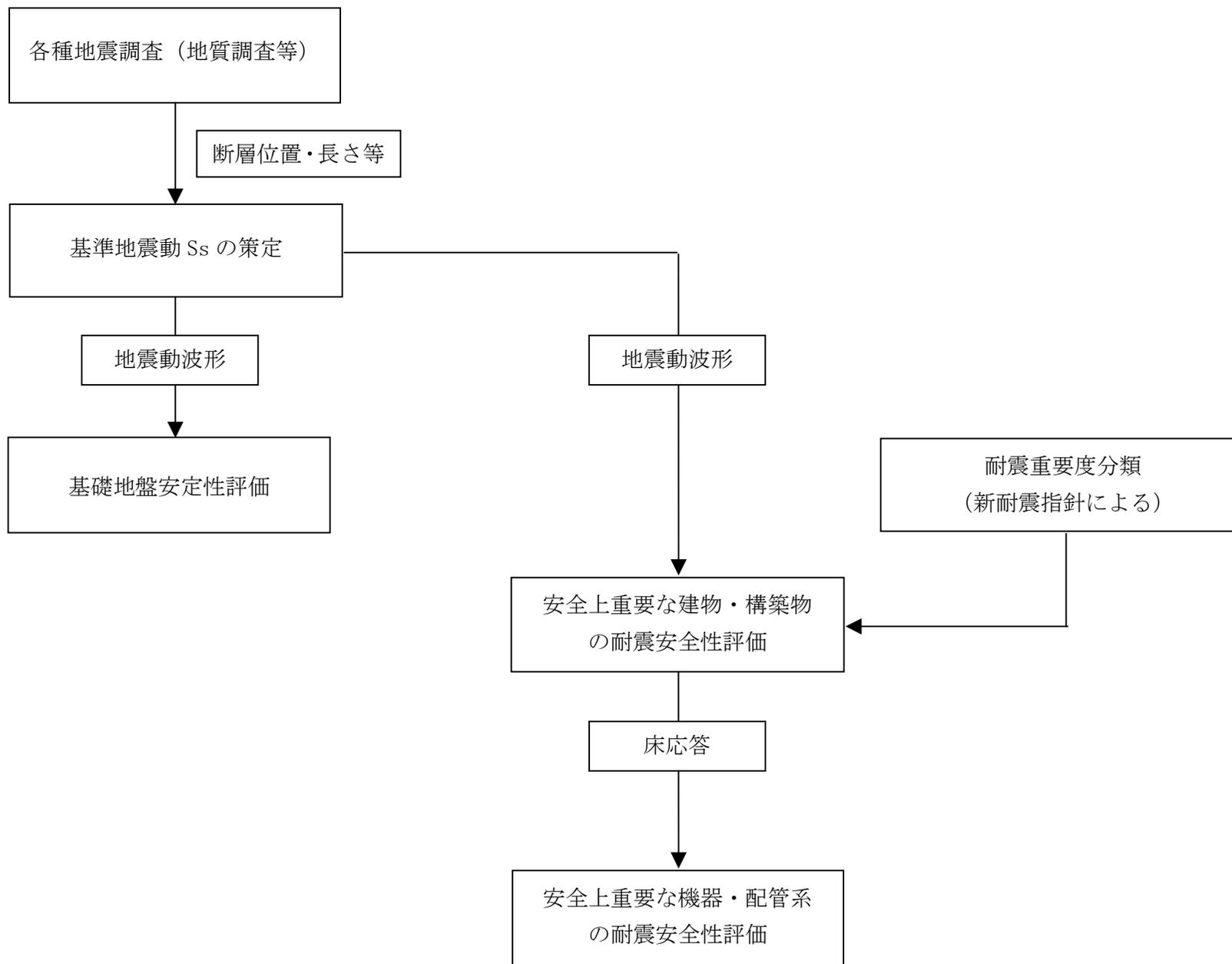
耐震安全性評価の基本方針を以下に示す。

- 1) 新耐震指針の要求^{※1}を踏まえ、施設の耐震安全性評価に当たっては、基準地震動 S_s に対する耐震設計上重要な施設の安全機能の保持の観点から行う。
- 2) 基準地震動 S_s に対する安全機能の保持の評価を行う施設は、新耐震指針による S クラスの施設とする。
なお、S クラスの施設に波及的破損を生じさせる恐れのある B クラス及び C クラス等の施設については、基準地震動 S_s による S クラス施設への波及的影響の評価を行う。
- 3) 基準地震動 S_s は、新耐震指針に則り「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を考慮し策定する。
- 4) 施設に作用する地震動の算定、発生応力の算定、安全機能の評価等に用いる地震応答解析手法、解析モデル、許容値等については、従来の評価実績、最新の知見及び規格・基準等を考慮する。
- 5) 耐震安全性評価は、「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について（平成 18 年 9 月 20 日 原子力安全・保安院）」（以下「耐震安全性評価手法」という。）に基づき、実施する。

耐震安全性評価の全体検討フローを第 2-1 図に示す。なお、特定廃棄物管理施設においては、屋外重要土木構造物は存在しないことから、耐震安全性評価の対象とはならない。

また、平成 18 年 10 月より耐震上の余裕を向上させる改造工事を順次実施しており、これらを反映して耐震安全性評価を行うこととする。

※ 1 新耐震指針では、「耐震設計上重要な施設は、敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めて稀ではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与える恐れがあると想定することが適切な地震動による地震力に対して、その安全機能が損なわれないことがない」よう求めている。



第 2 - 1 図 耐震安全性評価全体検討フロー

3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地内の地質

3. 1 調査方針

地質調査は、敷地からの距離に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせて十分な調査を実施する。特に敷地近傍においては、精度の高い詳細な調査を実施する。

また、耐震設計上考慮する活断層としては、第四紀後期更新世以降の活動が否定できないものとする。なお、その認定に際しては、最終間氷期の地層又は地形面に断層による変位・変形が認められるか否かによる。

新耐震指針における対応の概要を第3-1表に、地質・地質構造調査の概要を第3-1図に、敷地周辺の主要な活断層分布図を第3-2図に示す。

3. 2 調査内容

3. 2. 1 敷地周辺陸域の調査

敷地周辺陸域の地形及び地質・地質構造を把握するため、敷地を中心とする半径約30kmの範囲及びその周辺陸域において下記の調査を実施し、その結果に基づき、原縮尺20万分の1の地質図、地質断面図、リニアメント・変動地形分布図等を作成し、断層の活動性等についての評価を実施した。

(1) 文献調査

敷地周辺陸域の地形及び地質・地質構造に関する主要な文献としては、工業技術院地質調査所（現 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター）発行の5万分の1地質図幅及び説明書のうち、今井（1961）の「ちかがわ近川」及び上村（1983）の「あさむし浅虫」並びに山崎ほか（1986）の「50万分の1活構造図、青森」、北村ほか（1972）の「20万分の1青森県地質図及び地質説明書」、箕浦ほか（1998）の「20万分の1青森県地質図及び地質説明書」、活断層研究会編（1980）の「日本の活断層—分布図と資料」、同（1991）の「新編日本の活断層—分布図と資料」、中田・今泉編（2002）の「活断層詳細デジタルマップ」、北村編（1986）の「新生代東北本州弧地質資料集」等がある。

また、重力異常に関する文献としては、産業技術総合研究所地質調査総合センター編（2004）の「日本重力CD-ROM第2版」等があり、微小地震に関する文献としては、地震調査研究推進本部（1999）の「日本の地震活動」、気象庁の「地震年報」等がある。

これらの文献により敷地周辺陸域の地形及び地質・地質構造の概要を把握した。

(2) 変動地形学的調査

変動地形学的調査としては、主に国土地理院で撮影された縮尺4万分の

1の空中写真に加え、必要に応じて縮尺2万分の1及び縮尺1万分の1の空中写真並びに同院発行の縮尺2万5千分の1の地形図を使用して、空中写真判読等を行い、リニアメント・変動地形を抽出するとともに、地形面区分についても検討した。

敷地周辺陸域のリニアメント・変動地形の判読においては、土木学会(1999)、井上ほか(2002)等を参考にして、地域特性を考慮した判読基準を新たに作成し、これをもとに、敷地近傍のリニアメント・変動地形を、変動地形である可能性が高い L_A 、変動地形である可能性がある L_B 、変動地形である可能性が低い L_C 及び変動地形である可能性が非常に低い L_D の4ランクに区分した。

(3) 地表地質調査

文献調査、変動地形学的調査を踏まえ、これまでに実施した調査結果に加え、必要に応じてボーリング調査等を実施し、敷地周辺陸域の地質・地質構造を把握した。

(4) 地球物理学的調査

重力異常の概要等を文献調査により把握し、断層、リニアメント・変動地形との関連を検討した。

3. 2. 2 敷地周辺海域の調査

敷地周辺海域の地形及び地質・地質構造を把握するため、敷地を中心とする半径約30kmの範囲及びその周辺海域において下記の調査を実施し、その結果に基づき、原縮尺5万分の1の海底地形図、海底地質図、海底地質断面図等を作成し、断層の活動性等についての評価を実施した。

なお、新潟県中越沖地震を踏まえても、敷地周辺海域では、各種機関及び当社が、各種仕様で範囲も重複して海上音波探査を実施しており、また、最新の技術による音波探査も含まれていることから、現時点で十分な調査を実施している。

(1) 文献調査

敷地周辺海域の地形及び地質・地質構造に関する主要な文献としては、工業技術院地質調査所発行の20万分の1海底地質図及び説明書のうち、玉木(1978)の「20万分の1八戸沖海底地質図及び説明書」及び奥田(1993)の「20万分の1下北半島沖海底地質図及び説明書」、国土地理院(1982)の「10万分の1沿岸域広域地形図及び土地条件図、陸奥湾」、海上保安庁水路部(現 海洋情報部)(1973a)の「20万分の1海底地形図、八戸沖」、同(1973b)の「20万分の1海底地質構造図、八戸沖」、同(1974)の「20万分の1海底地形図、下北半島沖」、同(1975)の「20万分の1海底地質

構造図，下北半島沖」，同（1982）の「5万分の1海底地形図，5万分の1海底地質構造図及び調査報告，むつ小川原」，同（1996）の「5万分の1海底地形図，5万分の1海底地質構造図及び調査報告，八戸」，同（1998）の「5万分の1海底地形図，5万分の1海底地質構造図及び調査報告，尻屋崎」，徳山ほか（2001）の「日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史」等がある。

これらの文献により敷地周辺海域の地形及び地質・地質構造の概要を把握した。

（2）海上音波探査記録の検討

敷地周辺海域の海底地形及び地質・地質構造に関する資料を得るため，陸奥湾東半域については，国土地理院が1982年に実施したスパーカーによる海上音波探査記録，太平洋海域においては，海上保安庁水路部が1972年に実施したエアガンによる海上音波探査記録，海上保安庁水路部が1981年に実施したスパーカーによる海上音波探査記録，東京電力株式会社・東北電力株式会社が1977年・1978年に実施したスパーカーによる海上音波探査記録，東京電力株式会社が1987年・1988年に実施したスパーカー及びウォーターガンによる海上音波探査記録（デジタル方式反射法探査（12チャンネル）），東京電力株式会社・東北電力株式会社が1995年に実施したG・Iガン及びウォーターガンによる海上音波探査記録（デジタル方式反射法探査（最大48チャンネル））等を用いて，海底の地形，地質及び地質構造の再検討を実施した。解析に使用した測線は，陸奥湾東半域並びに太平洋の沿岸方向約90km及び沖合方向約30kmの海域で，2km～4km間隔の118測線，総延長約3300kmであり，このうちデジタル方式反射法探査測線は，1987年・1988年実施の12測線で延長約170km，1995年実施の10測線で延長約430kmである。海上音波探査記録の解析は，アナログ方式反射法探査の記録を主体に，重複する数測線ではデジタル方式反射法探査の記録を加えてさらに詳細に行った。

3. 2. 3 敷地近傍の調査

敷地近傍の地形及び地質・地質構造を詳細に把握するため，敷地周辺の調査結果も踏まえ，敷地を中心とする半径約5kmの範囲について，下記の調査を実施し，その結果に基づき，原縮尺2万5千分の1の詳細な地質図，地質断面図，リニアメント・変動地形分布図等を作成し，敷地近傍の地質・地質構造，断層の活動性等についての評価を実施した。

（1）文献調査

敷地近傍の地形及び地質・地質構造に関する主要な文献としては，工業

技術院地質調査所発行の5万分の1地質図幅及び説明書のうち、今井(1961)の「近川」等があり、これらの文献により敷地近傍の地形及び地質・地質構造の概要を把握した。

(2) 変動地形学的調査

変動地形学的調査としては、主に国土地理院で撮影された縮尺4万分の1の空中写真に加え、必要に応じて縮尺2万分の1及び縮尺1万分の1の空中写真並びに同院発行の縮尺2万5千分の1の地形図を使用して空中写真判読を行い、リニアメント・変動地形を抽出するとともに、地形面区分を実施した。リニアメント・変動地形の判読においては、敷地近傍を含む敷地周辺陸域の地域特性を考慮した判読基準を新たに作成し、使用した。

(3) 地表地質調査

文献調査、変動地形学的調査等を踏まえ、地表地質調査、必要に応じてボーリング調査等を実施し、敷地近傍の詳細な地質・地質構造を把握した。

(4) 地球物理学的調査

重力探査及び反射法地震探査を実施し、地下深部に至る地質・地質構造を把握した。(第3-3図) また、反射法地震探査と合わせて、地下深部の速度構造を把握するために、一部の測線において屈折法地震探査を実施した。

3. 2. 4 敷地内の調査

敷地内の地質・地質構造を把握するため、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査を実施した。また、これまでに実施したボーリング調査等の調査結果と合わせて、原縮尺5千分の1の地質図、地質断面図等を作成し、敷地の地質・地質構造について検討した。

特定廃棄物管理施設設置位置付近については、これまでに詳細なボーリング調査、試掘坑調査、トレンチ調査、掘削に伴う基礎底面の調査等を実施し、基礎地盤の地質構造、断層の活動性等を確認している。

3. 3 調査結果

3. 3. 1 敷地周辺陸域の調査結果

(1) 敷地周辺陸域の地形

敷地周辺の陸域は、吹越地域、六ヶ所地域、東岳・八幡岳地域に大別され、六ヶ所地域は主に台地からなり、敷地は六ヶ所地域の北東部の台地に位置する。

(2) 敷地周辺陸域の地質層序

敷地周辺陸域の先新第三系は、東岳・八幡岳地域北部に分布する立石層

からなる。

新第三系中新統は、吹越地域では、猿ヶ森層、泊層及び蒲野沢層、六ヶ所地域では、泊層及び鷹架層、東岳・八幡岳地域では、和田川層、小坪川層、松倉山層及び市ノ渡層からなる。

このうち泊層は、安山岩溶岩、凝灰角礫岩、軽石凝灰岩等からなり、鷹架層は、泥岩、砂岩、軽石凝灰岩、軽石質砂岩等からなる。

新第三系鮮新統～第四系下部更新統は、砂子又層からなり、下位の泊層、鷹架層等を不整合に覆う。

砂子又層は、砂岩、凝灰質砂岩、シルト岩、軽石凝灰岩等からなる。

第四系中部～上部更新統は、古期低地堆積層、田代平溶結凝灰岩、段丘堆積層、十和田火山軽石流堆積物、火山灰層等からなる。(第3-2表)

段丘堆積層は、主に砂及び礫からなり、分布標高から高位段丘堆積層、中位段丘堆積層及び低位段丘堆積層に3区分され、それぞれ高位面、中位面及び低位面を形成する。このうち中位面には、南関東の下末吉面(酸素同位体ステージ5 e)に対比されるM₁面、引橋面(酸素同位体ステージ5 e 末ないし直後の海面安定期)に対比されるM₂面及び小原台面(酸素同位体ステージ5 c)に対比されるM₃面が、低位面には、南関東の三崎面(酸素同位体ステージ5 a)に対比されるL₁面等が分布する。

(3) 敷地周辺の地質構造

主要な断層の評価を第3-3表に示す。

上原子断層、折爪断層、津軽山地西縁断層帯、青森湾西断層について、敷地周辺陸域の主要な活断層として考慮した。

上記以外の活断層等については、長さ及び敷地からの距離を考慮すると上記の活断層による敷地への影響を下回ると判断される。

3. 3. 2 敷地周辺海域の調査結果

(1) 敷地周辺海域の地形

敷地周辺調査海域は、下北半島東側の太平洋調査海域及び下北半島西側の陸奥湾調査海域の2海域に区分できる。

敷地周辺調査海域の海底地形は、陸域から沖合に向かって大陸棚、大陸斜面、深海平坦面等からなる。

(2) 敷地周辺海域の地質層序

太平洋調査海域及び陸奥湾調査海域の地質は、海上音波探査記録の音響的パターンの特徴、陸域との地層の連続性、海上ボーリングにより採取された試料の観察と年代測定、文献調査結果等の検討結果から、上位からA層、B層、C層及びD層の4層に分類され、D層は、さらにD₁層、D₂

層及びD₃層の3層に細区分される。A層は第四系完新統の沖積低地堆積層等に、B層は第四系中部～上部更新統の段丘堆積層等に、C層は新第三系鮮新統～第四系下部更新統の砂子又層に、D₁層は新第三系中新統～新第三系鮮新統に、D₂層は新第三系中新統の鷹架層等に、D₃層は先新第三系の立石層等に概ね対比される。(第3-2表)

(3) 敷地周辺海域の地質構造

主要な断層の評価を第3-3表に示す。

文献により小田野沢沖おだのさわに示されている伏在断層(以下、「F-c断層」という。), 八戸沖に示されている2条の活断層(以下、「F-a断層」及び「F-b断層」という。)について、敷地周辺海域の主要な活断層として考慮した。

また、大陸棚外縁の断層については、B層とC層との境界は明瞭に連続し、C層上面に断層を示唆する変位及び変形は認められないことから、少なくとも第四紀後期更新世以降の活動はないものと判断している。

上記以外の活断層等については、長さ及び敷地からの距離を考慮すると、上記の活断層による敷地への影響を下回ると判断される。

3. 3. 3 敷地近傍の調査結果

(1) 敷地近傍の地質層序

敷地近傍には、下位より新第三系中新統の泊層及び鷹架層、新第三系鮮新統～第四系下部更新統の砂子又層、第四系中部～上部更新統の古期低地堆積層、段丘堆積層及び火山灰層、並びに第四系完新統の沖積低地堆積層、砂丘砂層及び崖錐堆積層がそれぞれ分布している。

(2) 敷地近傍の地質構造

敷地近傍には、尾駮沼付おぶちぬま近から内沼付うちぬまにかけて、また、老部川おいべかわ(南)左岸付近から棚沢川付近たなざわがわにかけて、褶曲構造が認められる。これらの褶曲構造は、いずれも新第三系中新統の鷹架層及び泊層、新第三系鮮新統の砂子又層下部層及び砂子又層中部層に認められるが、これより上位の新第三系鮮新統～第四系下部更新統の砂子又層上部層以降の堆積物には認められない。

重力探査の結果によると、顕著な重力異常の急変部は認められず、敷地近傍に認められる褶曲構造及びリニアメント・変動地形に対応するような線状の重力異常の急変部も認められない。

反射法地震探査の結果によると、出戸西方断層でとせいほう、敷地内で確認されているf-2断層が認められるが、これらの他には、顕著な不連続は認められない。また、尾駮沼付近から鷹架沼付近にかけて地表地質調査により確認

されている緩い向斜構造が認められる。

主要な断層の評価を第3-3表に示す。

(3) 出戸西方断層

文献によると、六ヶ所村出戸付近に、長さ約4 kmの出戸西方断層が示されている。変動地形学的調査の結果によると、文献に示された約4 kmを含む約6 km間に、 L_B 、 L_C 及び L_D ランクのリニアメント・変動地形が判読される。

地表地質調査によると、この地形に対応する露頭等において西上がりの変位を与える逆断層が認められる。

この断層は、最終間氷期の地層に変位・変形を与えていることから、第四紀後期更新世の活動を考慮し、断層の長さを、地表地質調査等から認められる約6 kmと評価する。

3. 3. 4 敷地内の調査結果

(1) 敷地内の地質

敷地内の地質は、新第三系中新統の鷹架層、新第三系鮮新統～第四系下部更新統の砂子又層、第四系中部更新統の高位段丘堆積層及び第四系上部更新統の中位段丘堆積層、火山灰層、第四系完新統の沖積低地堆積層、崖錐堆積層等からなる。

(2) 敷地内の地質構造

敷地内の鷹架層中には、 $f-1$ 断層及び $f-2$ 断層の2条の正断層が認められる。

断層の評価を第3-3表に示す。

トレンチ調査の結果によれば、 $f-1$ 断層は、鷹架層を不整合に覆って分布する第四紀中部更新統の高位段丘堆積層には変位を与えていない。また、 $f-2$ 断層は、鷹架層を不整合に覆って分布する新第三系鮮新統の砂子又層下部層には変位を与えていない。

したがって、 $f-1$ 断層及び $f-2$ 断層は、少なくとも第四紀後期更新世以降には活動していないものと判断される。

鷹架層は、 $f-1$ 断層の東側では、全体にNE-SWの走向で $5^\circ \sim 10^\circ$ 南東に緩く傾斜し、 $f-1$ 断層と $f-2$ 断層とに挟まれた地域では、NNE-SSWの走向で $5^\circ \sim 10^\circ$ 南東に緩く傾斜し、 $f-2$ 断層の西側では、NNE-SSWの走向で $3^\circ \sim 5^\circ$ 北西に緩く傾斜している。

砂子又層は鷹架層を覆って分布し、主に敷地西部に分布する砂子又層下部層は、ほぼN-Sの走向で西に緩く傾斜し、砂子又層上部層は、ほぼ水平に堆積している。

第3-1表 新耐震指針における対応の概要

	旧耐震指針	新耐震指針	既設特定廃棄物管理施設の対応
敷地周辺・ 敷地近傍・ 敷地内の地質	◇活断層の認定基準（陸域・海域共通）		
	①歴史資料により、過去に地震を発生したと推定されるもの	後期更新世以降の活動の有無 ただし、評価には最終間氷期の地層を基準とできる	耐震設計上考慮する活断層として以下を抽出 ・上原子断層 ・折爪断層 ・出戸西方断層 ・F-a断層 ・F-b断層 ・F-c断層
	②A級活断層に属し、1万年前以降に活動又は地震の再来期間が1万年未満のもの		
	③微小地震の観測により、断層の現在の活動性が顕著に認められるもの		
	◇地質調査手法		
※1 〔文献調査，地表地質調査， ボーリング調査等〕	敷地からの距離に応じ、既存文献の調査，変動地形学的調査，地表地質調査，地球物理学的調査等を適切に組み合わせて十分な調査を実施すること	文献調査，変動地形学的調査，地球物理学的調査，地表地質調査，ボーリング調査等を適切に組み合わせて十分な調査を実施した	
◇敷地近傍の地質			
—	敷地近傍の範囲を適切に設定し、精度の高い詳細な調査を実施すること	敷地近傍半径約5km範囲について、より精度の高い詳細な調査を実施した	

※1 「原子力発電所の地質，地盤に関する安全審査の手引き」に記載

第3-2表 敷地周辺陸域と海域との地層対比表

地質時代		敷地周辺陸域			敷地周辺調査海域			
		東岳・八幡岳地域	六ヶ所地域	吹越地域	太平洋調査海域及び 陸奥湾調査海域			
第四紀	完新世	沖積低地堆積層・ 崖錐堆積層		沖積低地堆積層・ 砂丘砂層・崖錐堆積層	沖積低地堆積層・ 砂丘砂層・崖錐堆積層	A 層		
	更新世	後期 火山灰層	低位段丘 堆積層	十和田 火山軽石 流堆積物	低位段丘 堆積層	十和田 火山軽石 流堆積物	低位段丘堆積層 中位段丘堆積層 高位段丘堆積層	B 層
			中位段丘堆積層		中位段丘堆積層			
			高位段丘堆積層		高位段丘堆積層			
	中期	田代平岩・結核灰岩		古期低地堆積層		古期低地堆積層		C 層
	前期	砂子又層		砂子又層		砂子又層		
新第三紀	鮮新世	市ノ渡層		鷹架層		蒲野沢層		D ₁ 層
	中新世	松倉山層		泊層		泊層		D ₂ 層
		小坪川層						
		和田川層		猿ヶ森層				
先新第三紀	立石層						D ₃ 層	

注) ~~~~~ は、不整合関係を示す。

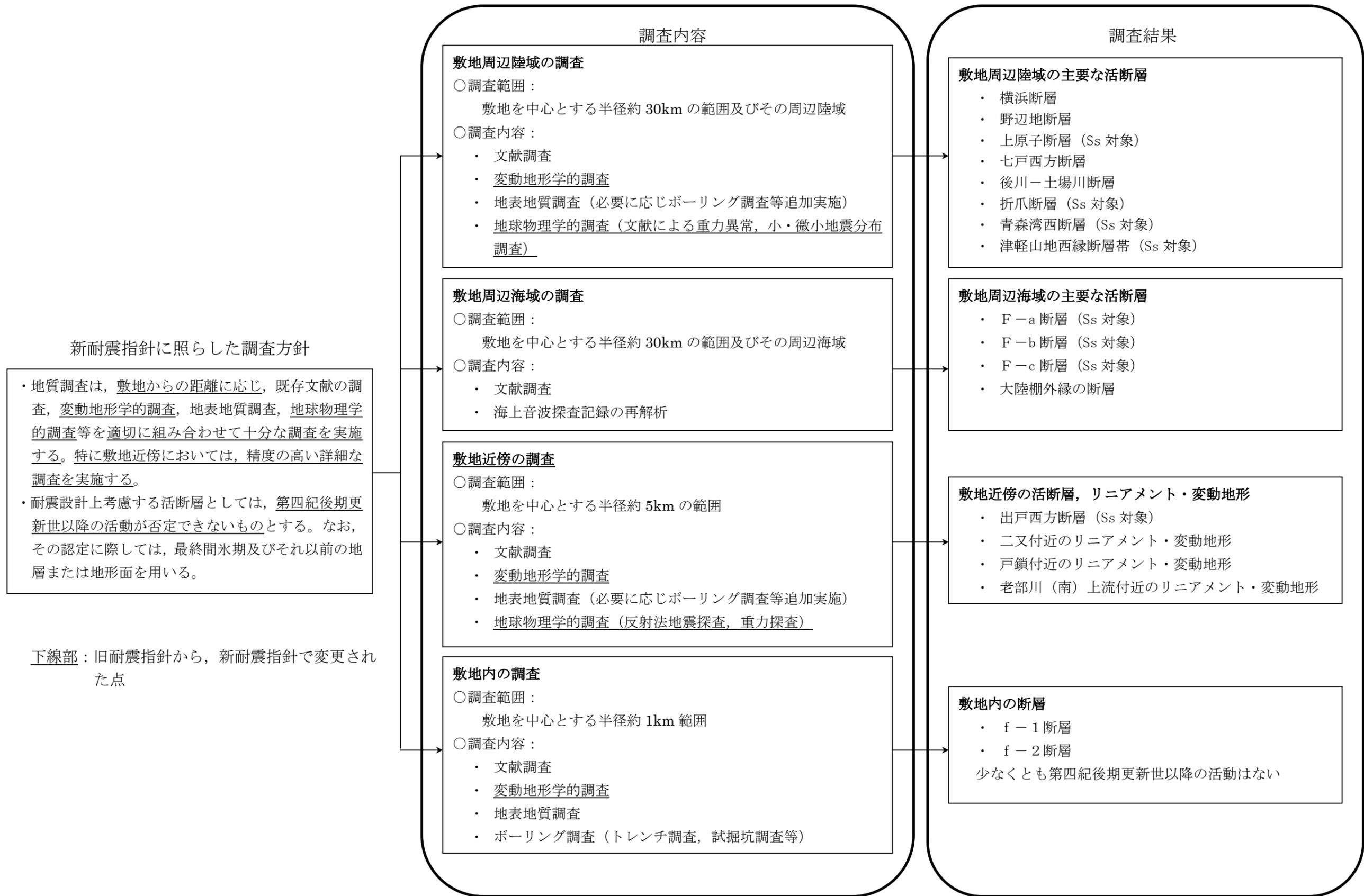
—Z— は、一部指交関係を示す。

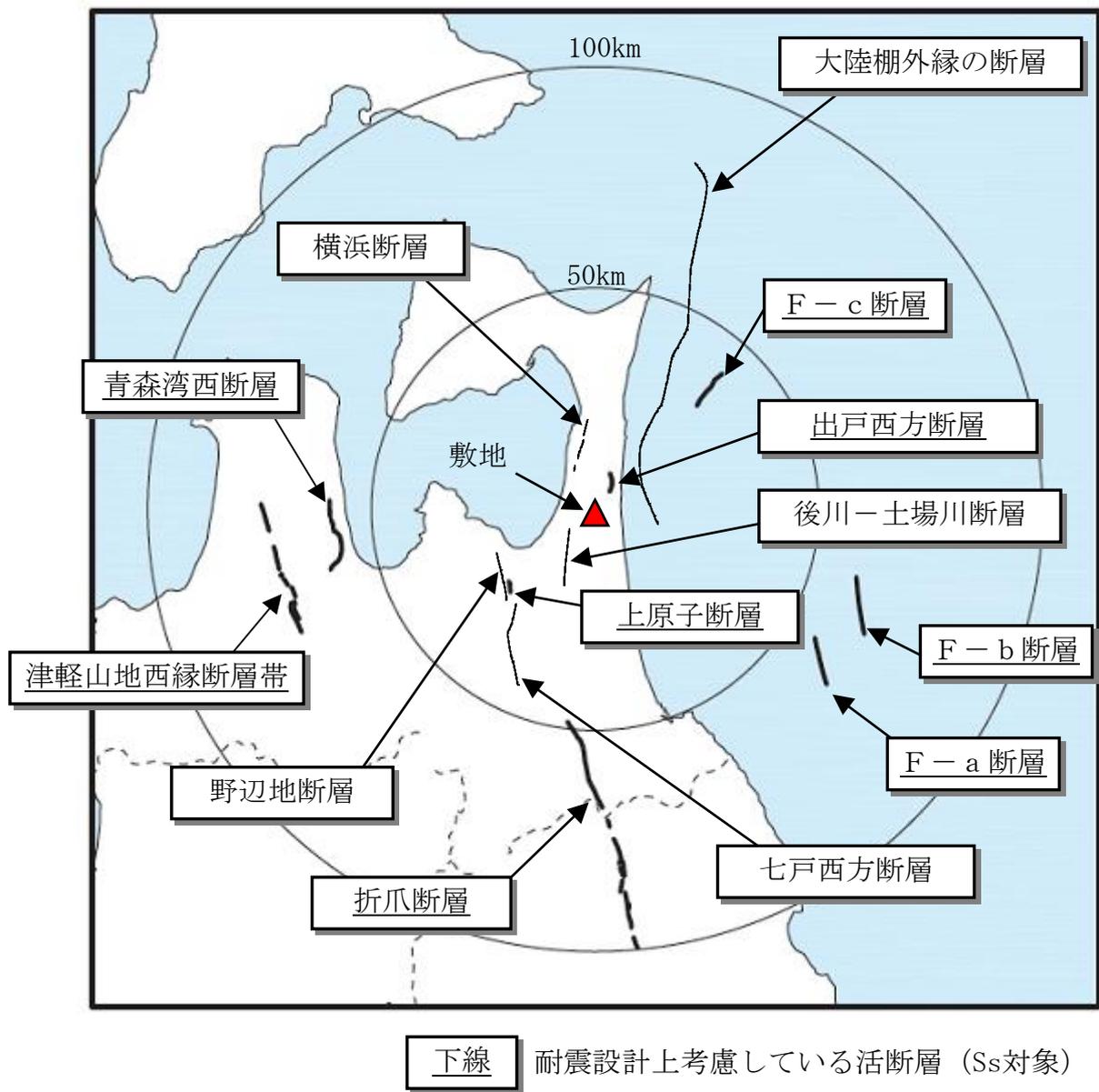
----- は、下位層との関係が未確認であることを示す。

第3-3表 敷地周辺・敷地近傍・敷地内の主要な断層の評価

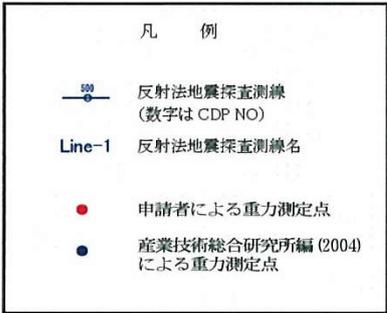
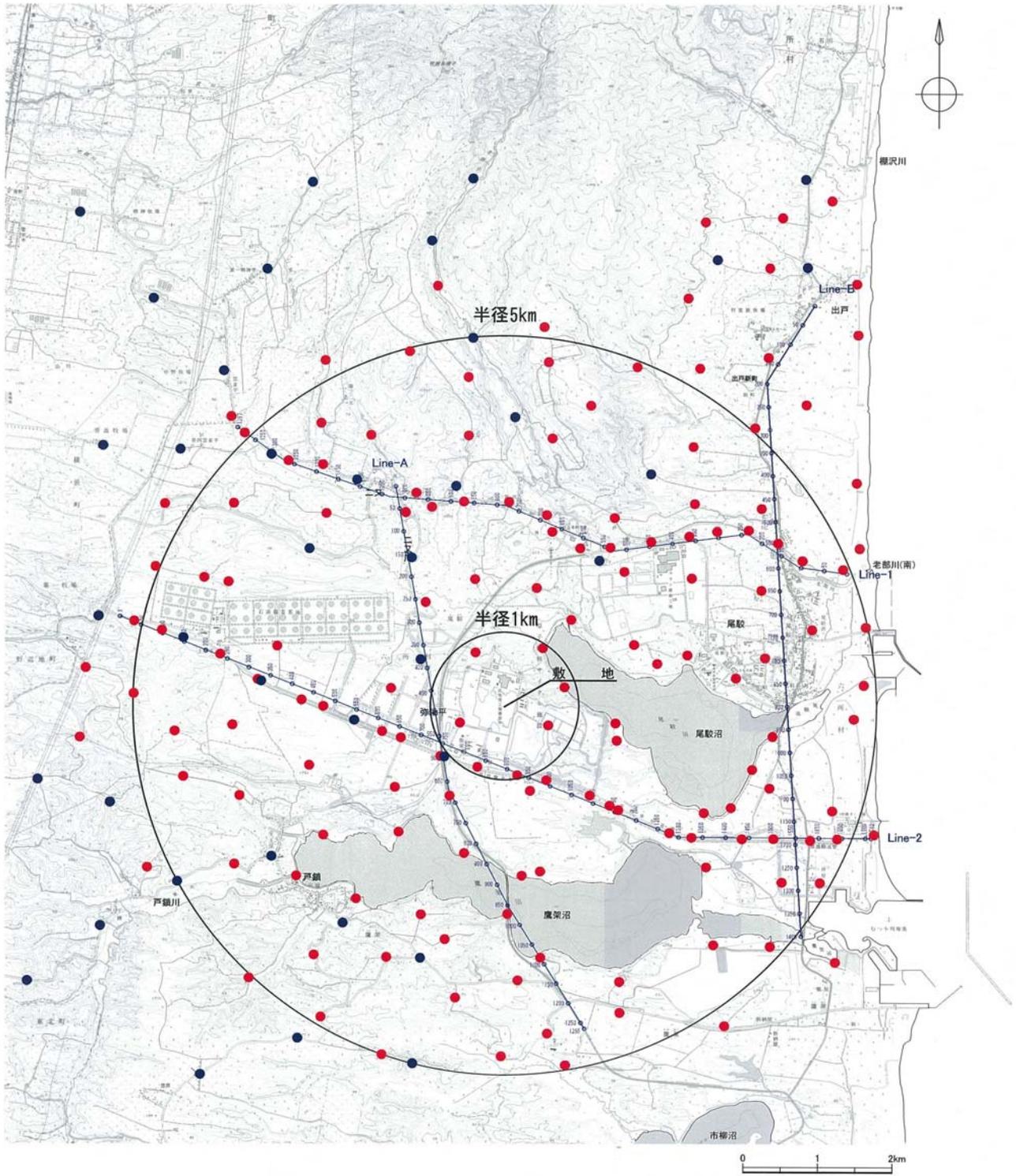
断層名		評価		
敷地周辺陸域	横浜断層	Ss 対象外		少なくとも最終間氷期に形成された中位段丘堆積層 (M ₂ 面堆積物及びM ₃ 面堆積物) 堆積以降における活動はない。
	野辺地断層	Ss 対象外		リニアメント付近には断層露頭は認められず、断層運動を示唆する地質構造は認められない。リニアメントは地層境界にほぼ一致。
	上原子断層	Ss 対象	L=5km Δ=25km	高位段丘堆積層 (H ₃ 面堆積物) に変位を与えており、断層と第四系上部更新統との関係が確認されないことから、活動性を評価。
	七戸西方断層	Ss 対象外		西側隆起の構造運動が最終間氷期に形成された低位段丘堆積層 (L ₁ 面堆積物) 堆積以降は継続していない。
	後川-土場川断層	Ss 対象外		高位段丘堆積層 (H ₄ 面堆積物) の下面及び砂子又層上部層の下面には、ほとんど標高差は認められないことから、少なくとも第四紀後期更新世以降に活動した断層は存在しない。
	折爪断層	Ss 対象	L=50km Δ=74km	断層と第四系上部更新統との関係が確認されないことから、活動性を評価。
	青森湾西断層	Ss 対象	L=16km Δ=57km	敷地から 100km 以内の断層のうち、基準地震動を策定する上で検討対象とした。
	津軽山地西縁断層帯	Ss 対象	L=30km Δ=74km	敷地から 100km 以内の断層のうち、基準地震動を策定する上で検討対象とした。
敷地周辺海域	大陸棚外縁の断層	Ss 対象外		C層上面に断層を示唆する変位及び変形は認められないことから、少なくとも第四紀後期更新世以降に活動した断層はない。
	F-a 断層	Ss 対象	L=20km Δ=63km	B層中に層理の乱れ、変位が認められ、活動が第四紀後期更新世以降に及んでいたものとして評価。
	F-b 断層	Ss 対象	L=15km Δ=64km	断層の存在を否定できず最新活動時期を特定できない区間が認められ、この区間で断層が存在し、活動が第四紀後期更新世以降に及んでいたものとして評価。
	F-c 断層	Ss 対象	L=15km Δ=38km	B層が断層活動の影響を受けた変形構造であることを完全には否定しえず、活動が第四紀後期更新世以降に及んでいたものとして評価。
敷地近傍	出戸西方断層	Ss 対象	L=6km Δ=6km	最終間氷期に形成された中位段丘堆積層 (M ₂ 面堆積物) に断層による変位・変形が及んでいることから、第四紀後期更新世以降の活動を評価。
敷地内	f-1 断層	Ss 対象外		高位段丘堆積層には変位を与えていないことから、少なくとも第四紀後期更新世以降に活動していない。
	f-2 断層	Ss 対象外		砂子又層下部層には変位を与えていないことから、少なくとも第四紀後期更新世以降に活動していない。

L (断層長さ), Δ (震央距離)





第3-2図 敷地周辺の主要な活断層分布図



第 3 - 3 図 敷地近傍における反射法地震探査及び重力探査 実施位置図

4. 基準地震動 S_s の策定

4. 1 策定方針

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、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それぞれ策定する。

基準地震動 S_s 策定のフローを第4-1図に示す。

4. 2 過去及び現在の地震発生状況等から考慮すべき地震

(1) プレート間地震

1763年1月陸奥八戸の地震(マグニチュード(以下「M」という。)7.4), 1856年日高・胆振・渡島・津軽・南部の地震(M7.5), 1968年十勝沖地震(M7.9), 1994年三陸はるか沖地震(M7.6), 地震調査研究推進本部公表の「三陸沖北部のプレート間大地震」(モーメントマグニチュード(以下「 M_w 」という。)8.3)等)を評価した。

(2) 内陸地殻内地震

1978年青森県東岸の地震(2地震)(共にM5.8)を評価した。

(3) 海洋プレート内地震

敷地周辺において被害地震はないが、地震調査研究推進本部の知見等を踏まえ、沈み込む(沈み込んだ)海洋プレート内地震を想定し評価した。

(4) その他の地震(日本海東縁部の地震)

敷地周辺において被害地震がないことから、地震調査研究推進本部の知見等を踏まえ、考慮すべき地震はない。

過去及び現在の地震の発生状況を第4-2図に示す。

4. 3 考慮すべき活断層による地震

「3. 敷地周辺・敷地近傍・敷地内の地質」の活断層調査によって、耐震設計上考慮すべき活断層として、上原子断層(断層長さ(以下「L」という。)=5km), 折爪断層(L=50km), 青森湾西断層(L=16km), 津軽山地西縁断層帯(L=30km), 出戸西方断層(L=6km), F-a断層(L=20km), F-b断層(L=15km), F-c断層(L=15km)を評価した。

敷地周辺の活断層分布図を前章の第3-2図に示す。

4. 4 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、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それぞれ策定した。

なお、解放基盤表面については、ほぼ水平で相当な拡がりをもつ、著しい風化を受けていない鷹架層において、S波速度が0.7km/s以上となるT.P. -70mの位置に想定する。

4. 4. 1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

過去及び現在の地震の発生状況等から考慮すべき地震及び活断層による地震の中で、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震等の地震発生様式等による地震の分類を行い、敷地に顕著な影響を与えるおそれがあると考えられる地震を抽出し、さらに抽出した地震の中から、敷地に大きな影響を与えると予想される地震を複数選定した。

選定にあたっては、Noda et al (2002) による応答スペクトルの比較より、検討用地震として、出戸西方断層による地震及び地震調査研究推進本部公表の「三陸沖北部のプレート間大地震」(Mw8.3) (想定三陸沖北部の地震) を選定した。

これらの地震について、応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価の双方を実施した。

応答スペクトルに基づく地震動評価には、解放基盤表面における水平および鉛直地震動が評価できること、震源の拡がりを考慮できること及び地震観測記録による諸特性が考慮できることから、Noda et al. (2002) の方法を用いた。

また、断層モデルを用いた手法による地震動評価には、敷地における適切な地震観測記録を用いた経験的グリーン関数法を用い、出戸西方断層による地震においては、敷地近傍に位置していることから理論的手法を組合せたハイブリッド合成法による手法での確認を行った。

想定三陸沖北部の地震の断層モデルは地震調査研究推進本部公表のモデルとし、出戸西方断層による地震の断層モデルは、地表地質調査結果や反射法地震探査結果等を基に断層の地下深部の拡がりを考慮したモデルを設定した。

これらの地震動評価に、基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさを考慮した上で、水平方向及び鉛直方向の各々について基準地震動 S_s を適切に策定した。

断層モデルの断層パラメータを第4-1表に、断層モデルの位置を第4-3図に、地震動評価の結果と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルを第4-4図に、基準地震動 S_s の設計用模擬地震波を第4-6図に示す。

4. 4. 2 震源を特定せず策定する地震動

震源と活断層を関連づ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の観測記録を収集した文献等の調査を行い、また、2005年福岡県

西方沖の地震に関する検討を加えた上で、加藤ほか（2004）の応答スペクトルを参照して、水平方向及び鉛直方向の各々について基準地震動 S_s を適切に策定した。

震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 S_s の設計用応答スペクトルを第4-5図に、設計用模擬地震波を第4-7図に示す。

4. 5 新潟県中越沖地震から現時点で得られた知見を踏まえた検討

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震（M6.8）では、柏崎刈羽原子力発電所の敷地近傍に震源断層が位置しており、敷地において大きな加速度記録が観測されている。

新潟県中越沖地震に関して、これまでの公表された情報等を考慮し、これらを可能な限り取り入れ、基準地震動の策定に反映すべき事項として以下のような補完的な検討を行った。

4. 5. 1 検討内容

(1) 地震動の指向性の検討

震源断層の破壊伝播の方向により、特徴的な指向性をもった地震動が発生する場合もあることを考慮し、出戸西方断層の断層モデルBについて、破壊開始点の位置を複数設定し、地震動評価を行った。断層モデルの破壊開始点の位置を第4-8図に示す。敷地での地震動評価は、敷地における適切な地震観測記録を用いた経験的グリーン関数法を用いた。評価結果を第4-9図に示す。

評価結果から、新潟県中越沖地震での現時点においての特徴とされているような指向性をもった地震動は見受けられない。

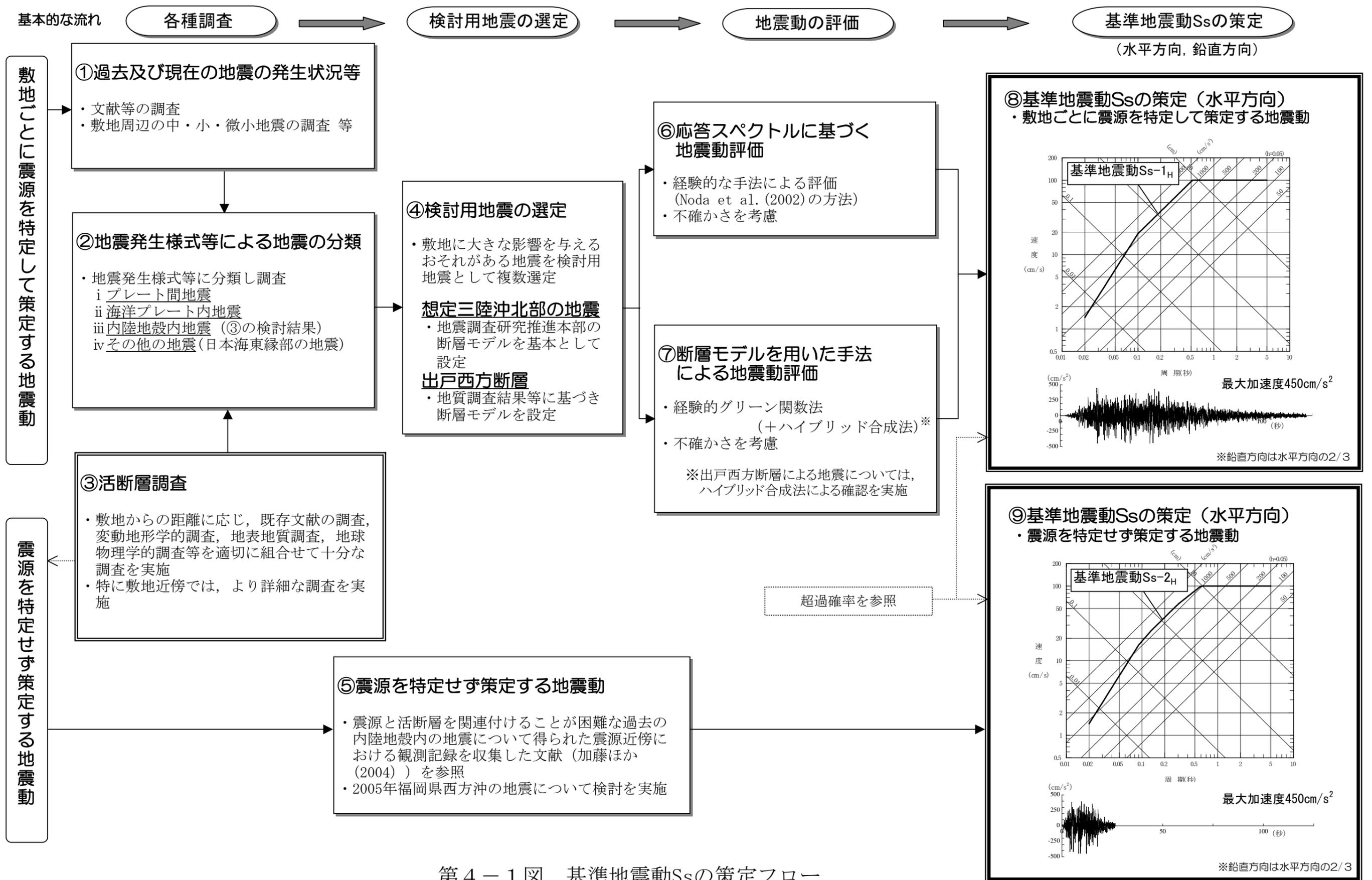
(2) 敷地直下における想定地震の検討

出戸西方断層について、仮に、海域の場合のように地質調査結果等の情報が不足していることを想定し、保守的に震源断層面積と地震モーメント (M_0) との関係（第4-10図参照）等を考慮して、震源断層を大きくすることにより、敷地の直下を含むような位置に新潟県中越沖地震（M6.8）と同程度規模の震源断層を設定し、地震動評価を行った。断層モデルの断層パラメータを第4-2表に、断層モデルの位置を第4-11図に示す。

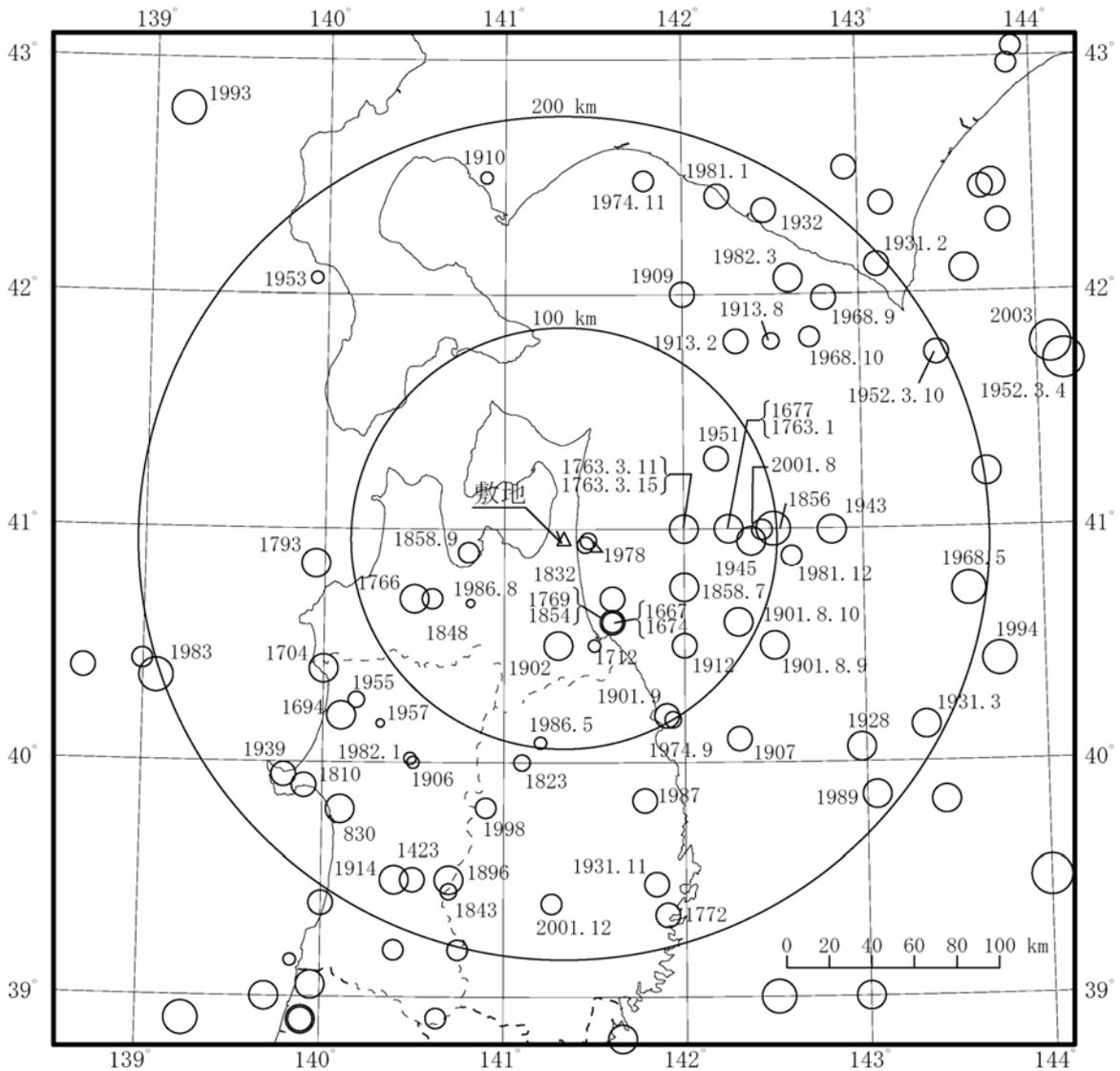
敷地での地震動評価は、(1)と同様に経験的グリーン関数法を用いた。評価結果を第4-12図に示す。

評価結果は全周期帯で基準地震動 S_s に包絡されている。

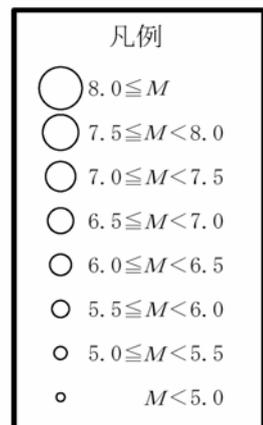
なお、今後、新潟県中越沖地震に関する新たな知見が得られた場合は、速やかに本報告書に必要な応じ適宜反映を行う。



第4-1図 基準地震動Ssの策定フロー



地震諸元は、1884年以前の地震については「最新版 日本被害地震総覧」による値を、1885年以降1922年までの地震については「宇津カタログ(1982)」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」による値を用いている。



第4-2図 過去及び現在の地震の発生状況

第4-1表(1) 想定三陸沖北部の地震の断層パラメータ

項 目		設定値
巨視的断層面	モーメントマグニチュード	8.3
	基準点	第4-3図(1)による。
	断層長さ (km)	170
	断層幅 (km)	100
	上端深さ (km)	9
	走向 (°)	156
	傾斜角 (°)	20
	破壊開始点	第4-3図(1)による。
	破壊伝播形式	放射状
	S波速度 (km/s)	3.9
	破壊伝播速度 (km/s)	2.5
	剛性率 (N/m ²)	4.68×10^{10}
	断層面積 (km ²)	16844
	地震モーメント (N・m)	3.50×10^{21}
	平均すべり量 (cm)	444
静的応力低下量 (MPa)	3.9	
短周期レベル (Nm/s ²)	1.88×10^{20}	
アスペリティ全体	面積 (km ²)	1500
	地震モーメント (N・m)	6.23×10^{20}
	平均すべり量 (cm)	888
	静的応力低下量 (MPa)	44.3
	短周期レベル (Nm/s ²)	1.88×10^{20}

つづく

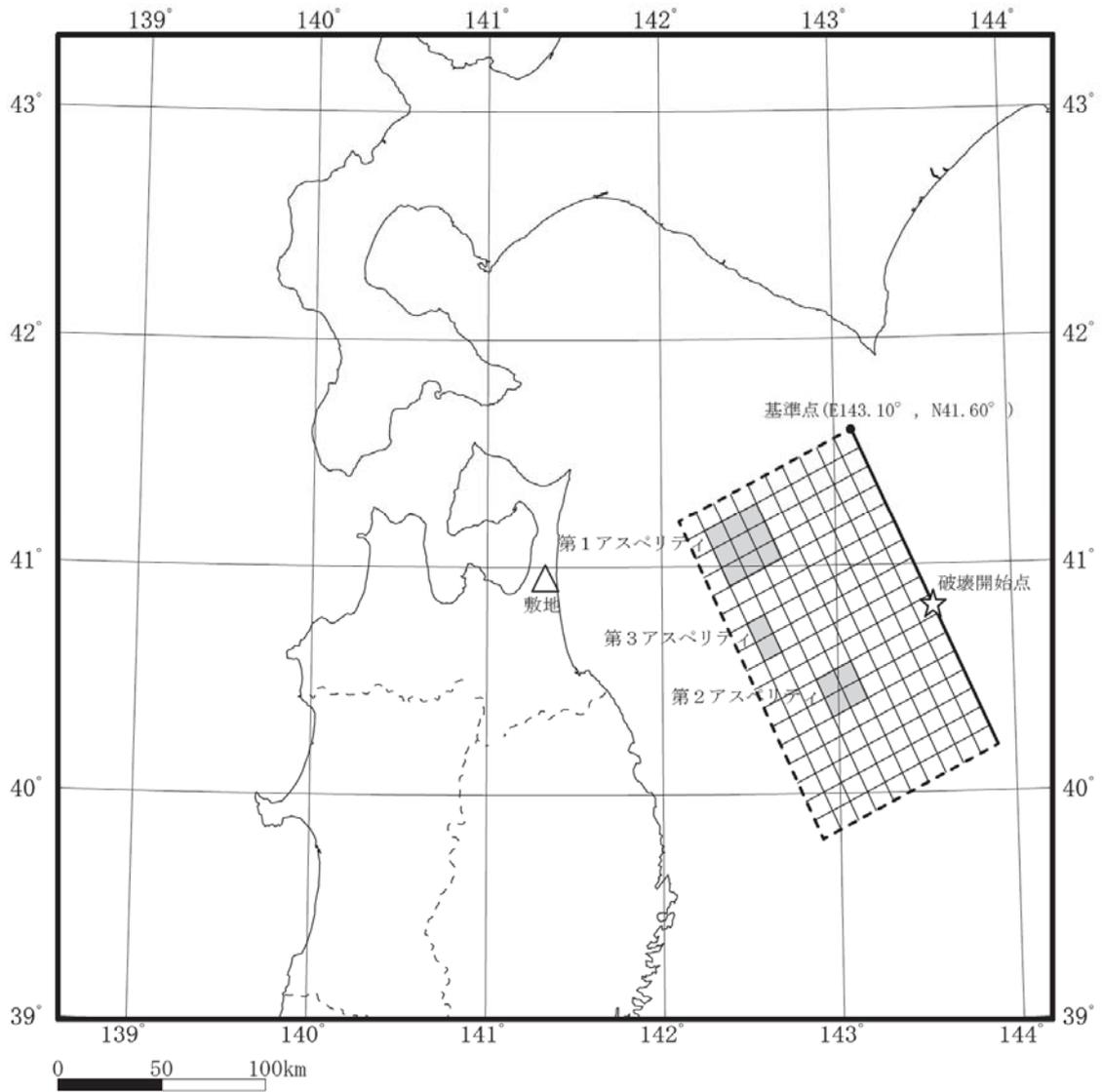
第4-1表(2) 想定三陸沖北部の地震の断層パラメータ

つづき

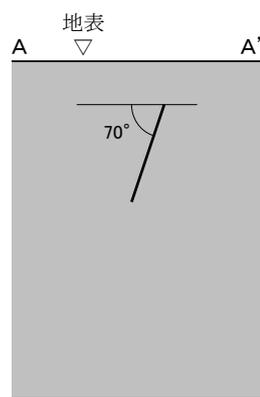
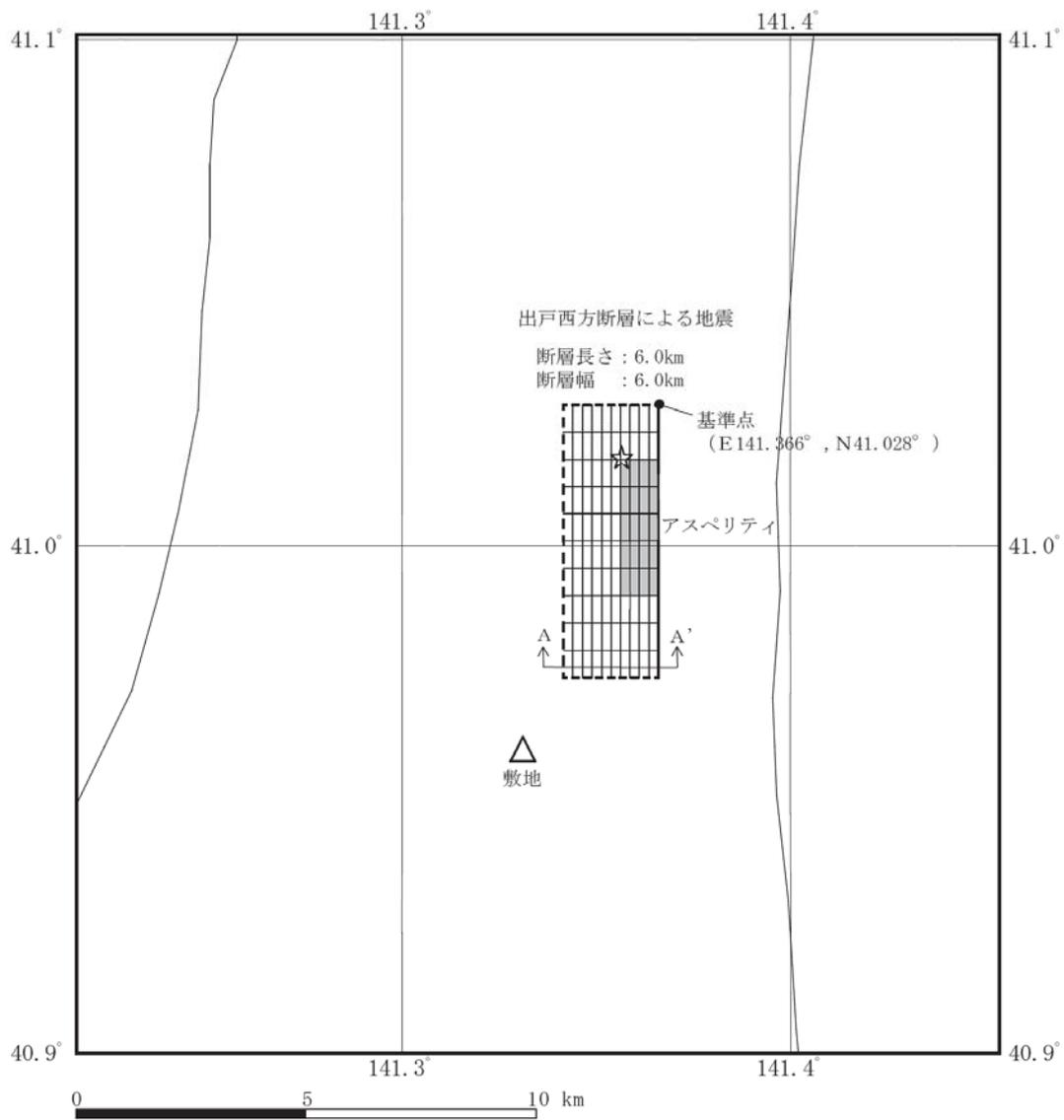
項 目		設定値
第1アスペリティ	断層面積 (km ²)	900
	断層長さ (km)	30
	断層幅 (km)	30
	地震モーメント (N・m)	4.45×10^{20}
	平均すべり量 (cm)	1056
	実効応力 (MPa)	34.0
	短周期レベル (Nm/s ²)	1.12×10^{20}
第2アスペリティ	断層面積 (km ²)	400
	断層長さ (km)	20
	断層幅 (km)	20
	地震モーメント (N・m)	1.32×10^{20}
	平均すべり量 (cm)	704
	実効応力 (MPa)	34.0
	短周期レベル (Nm/s ²)	7.45×10^{19}
第3アスペリティ	断層面積 (km ²)	200
	断層長さ (km)	20
	断層幅 (km)	10
	地震モーメント (N・m)	4.66×10^{19}
	平均すべり量 (cm)	498
	実効応力 (MPa)	85.0
	短周期レベル (Nm/s)	1.32×10^{20}
背景領域	面積 (km ²)	15344
	地震モーメント (N・m)	2.88×10^{21}
	平均すべり量 (cm)	401
	実効応力 (MPa)	5.0
	短周期レベル (Nm/s ²)	6.84×10^{19}

第4-1表(3) 出戸西方断層による地震の断層パラメータ

項目		断層モデルA	断層モデルB
巨視的断層面	基準点	第4-3図(2)による。	第4-3図(3)による。
	断層長さ (km)	6.0	13.2
	断層幅 (km)	6.0	13.2
	上端深さ (km)	2.6	2.6
	走向 (°)	180	180
	傾斜角 (°)	70	70
	破壊開始点	第4-3図(2)による。	第4-3図(3)による。
	破壊伝播形式	放射状	放射状
	S波速度 (km/s)	3.3	3.3
	破壊伝播速度 (km/s)	2.4	2.4
	剛性率 (N/m ²)	2.94×10^{10}	2.94×10^{10}
	断層面積 (km ²)	36.0	174.2
	地震モーメント (N・m)	2.05×10^{17}	2.18×10^{18}
	モーメントマグニチュード	5.5	6.2
	気象庁マグニチュード	5.6	6.5
	平均すべり量 (cm)	19	43
応力降下量 (MPa)	2.3	2.3	
短周期レベル (Nm/s ²)	3.13×10^{18}	6.88×10^{18}	
アスペリティ	面積 (km ²)	7.9	38.3
	地震モーメント (N・m)	9.07×10^{16}	9.66×10^{17}
	平均すべり量 (cm)	38.9	85.7
	静的応力降下量 (MPa)	10.5	10.5
背景領域	面積 (km ²)	28.1	135.9
	地震モーメント (N・m)	1.14×10^{17}	1.22×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	13.9	30.5
	実効応力 (MPa)	2.1	2.1

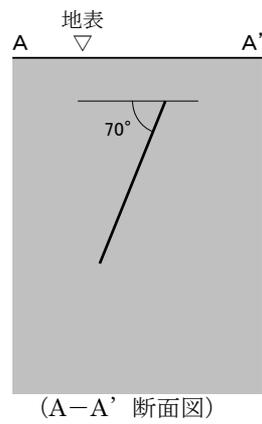
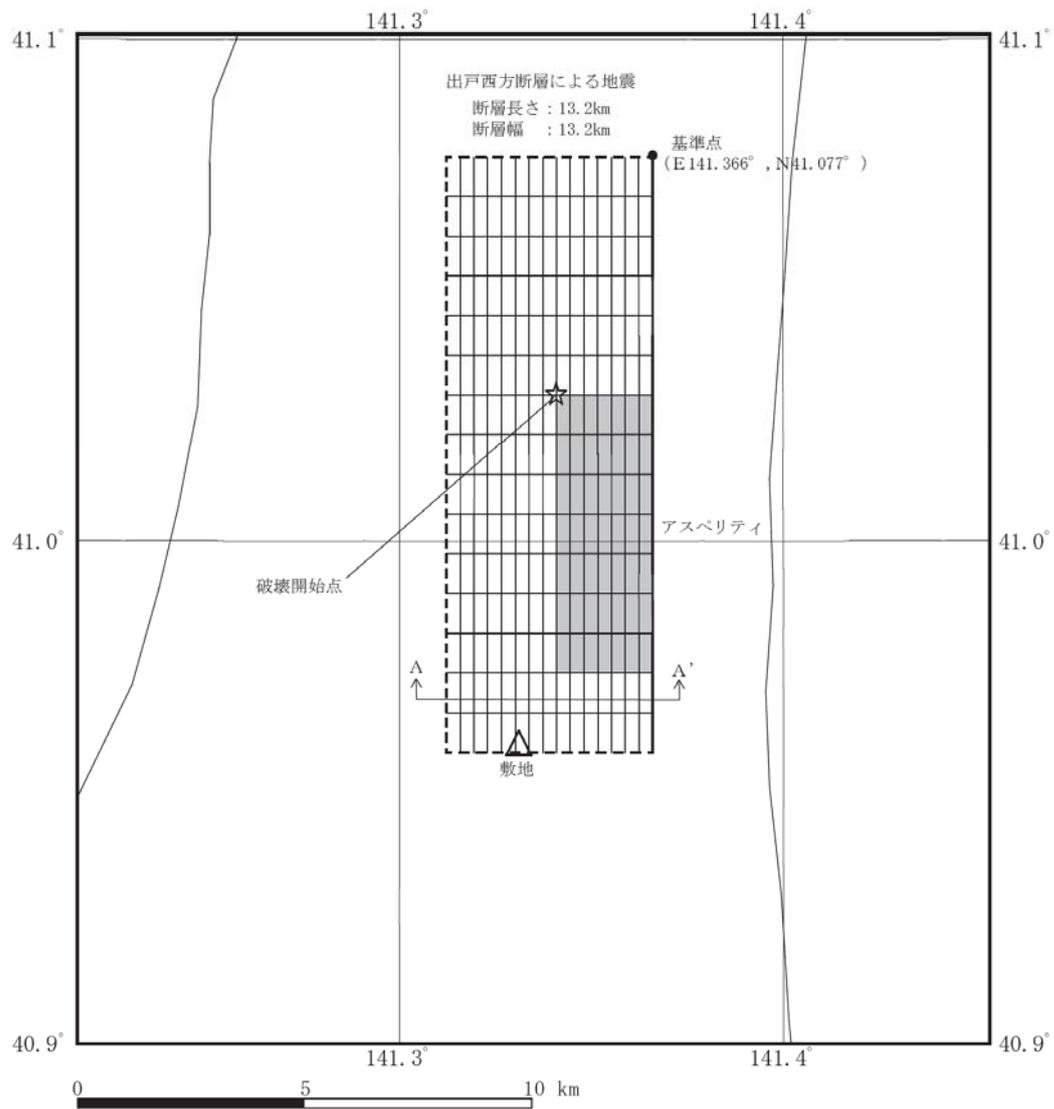


第4-3図(1) 想定三陸沖北部の地震の断層モデル

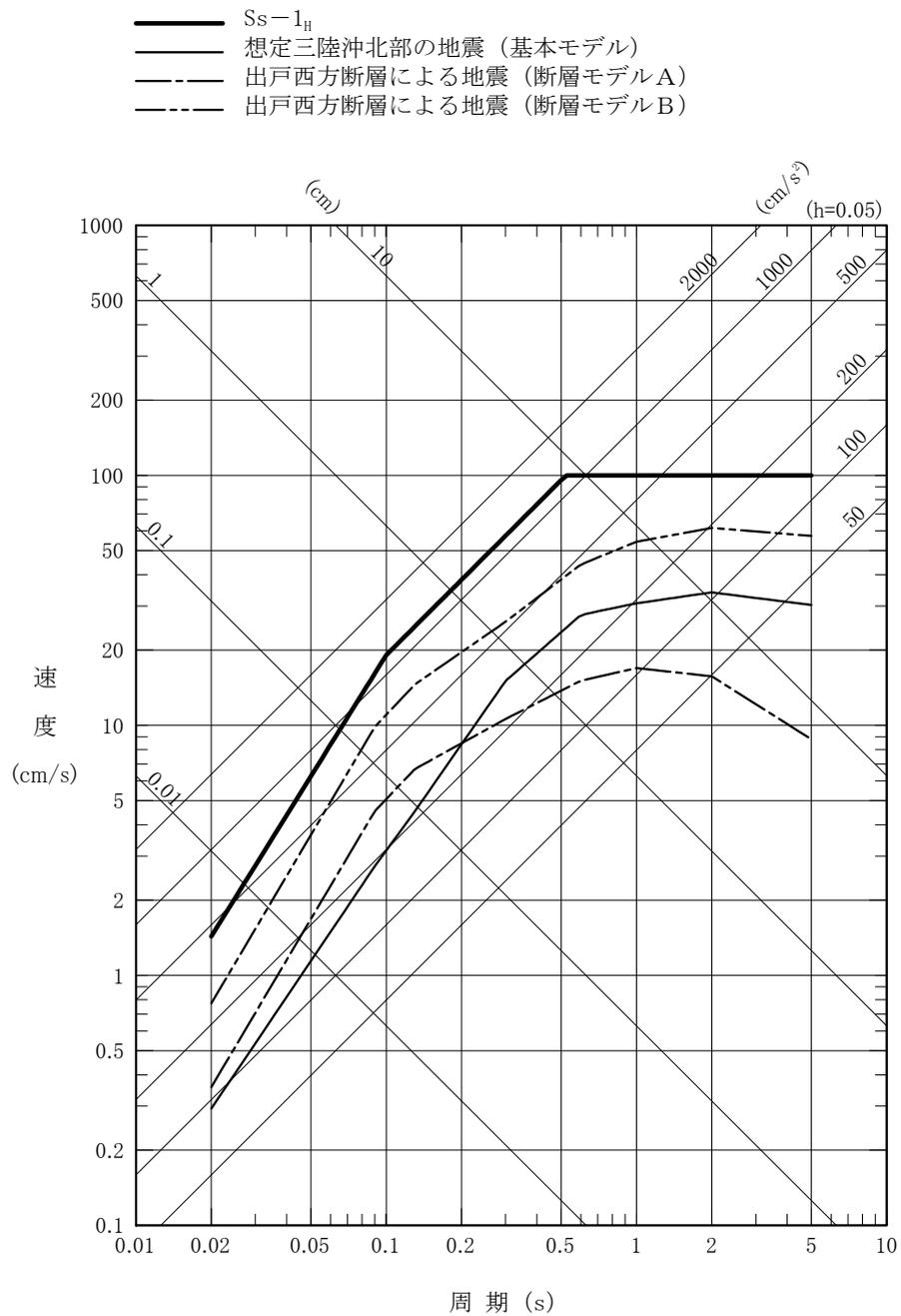


(A-A' 断面図)

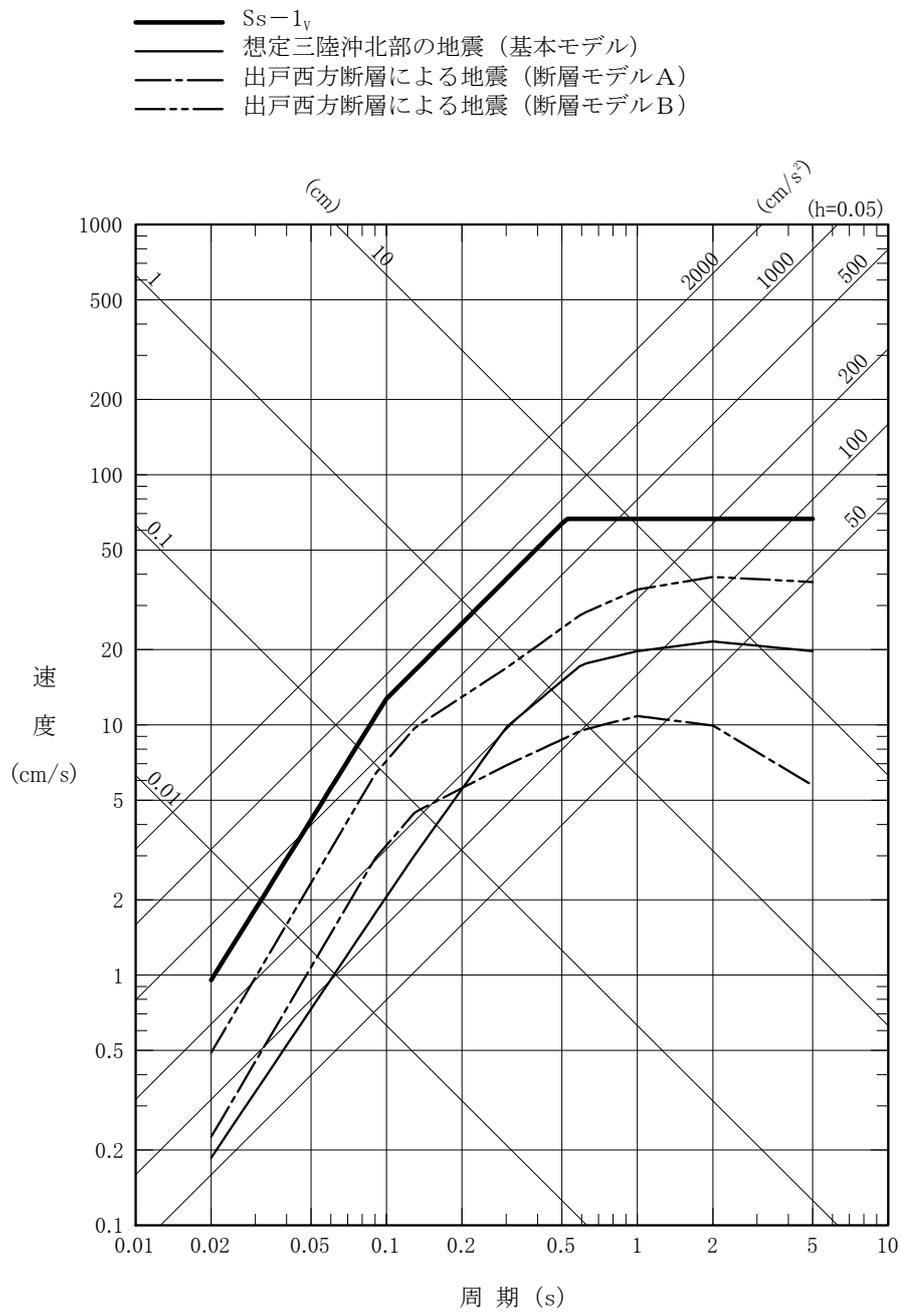
第4-3図(2) 出戸西方断層による地震の断層モデル(断層モデルA)



第 4 - 3 図 (3) 出戸西方断層による地震の断層モデル (断層モデル B)

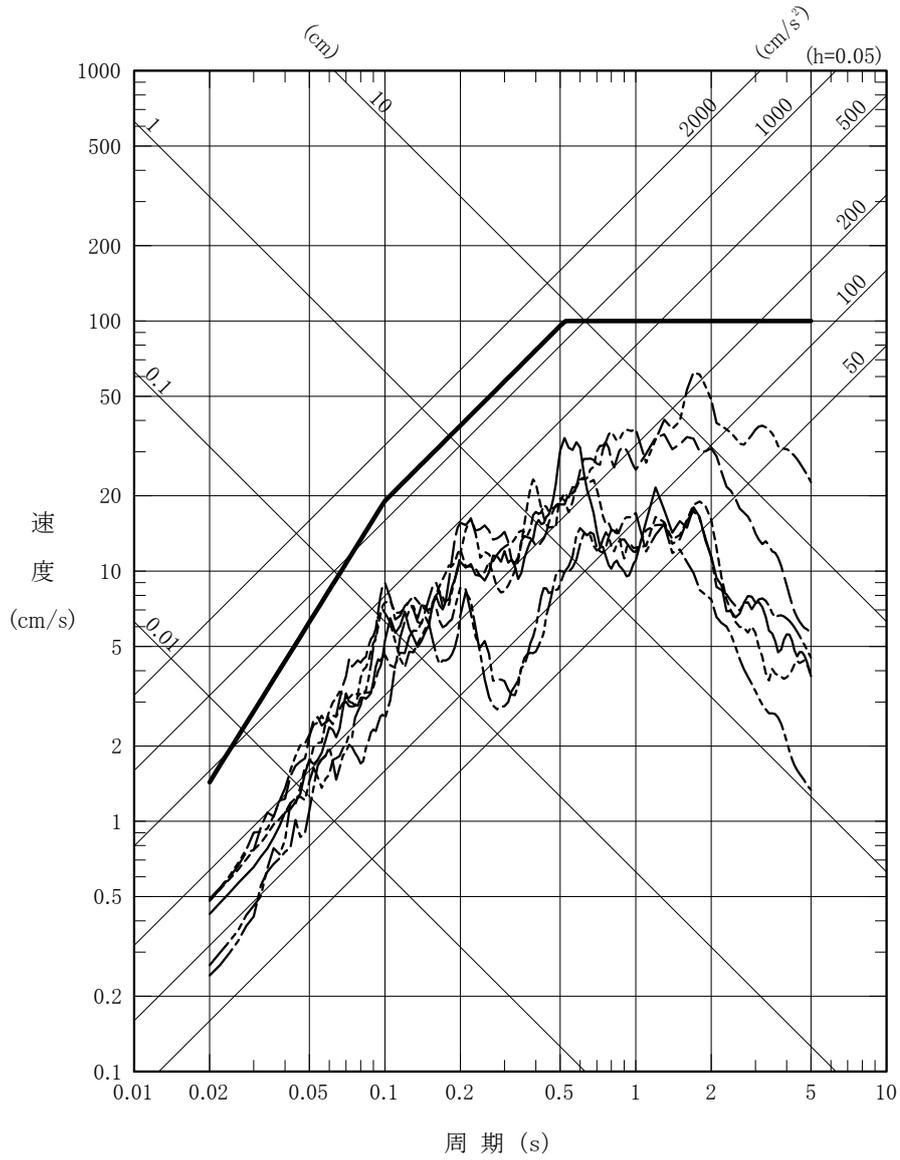


第4-4図(1) 応答スペクトルに基づく地震動評価と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトル（水平方向）

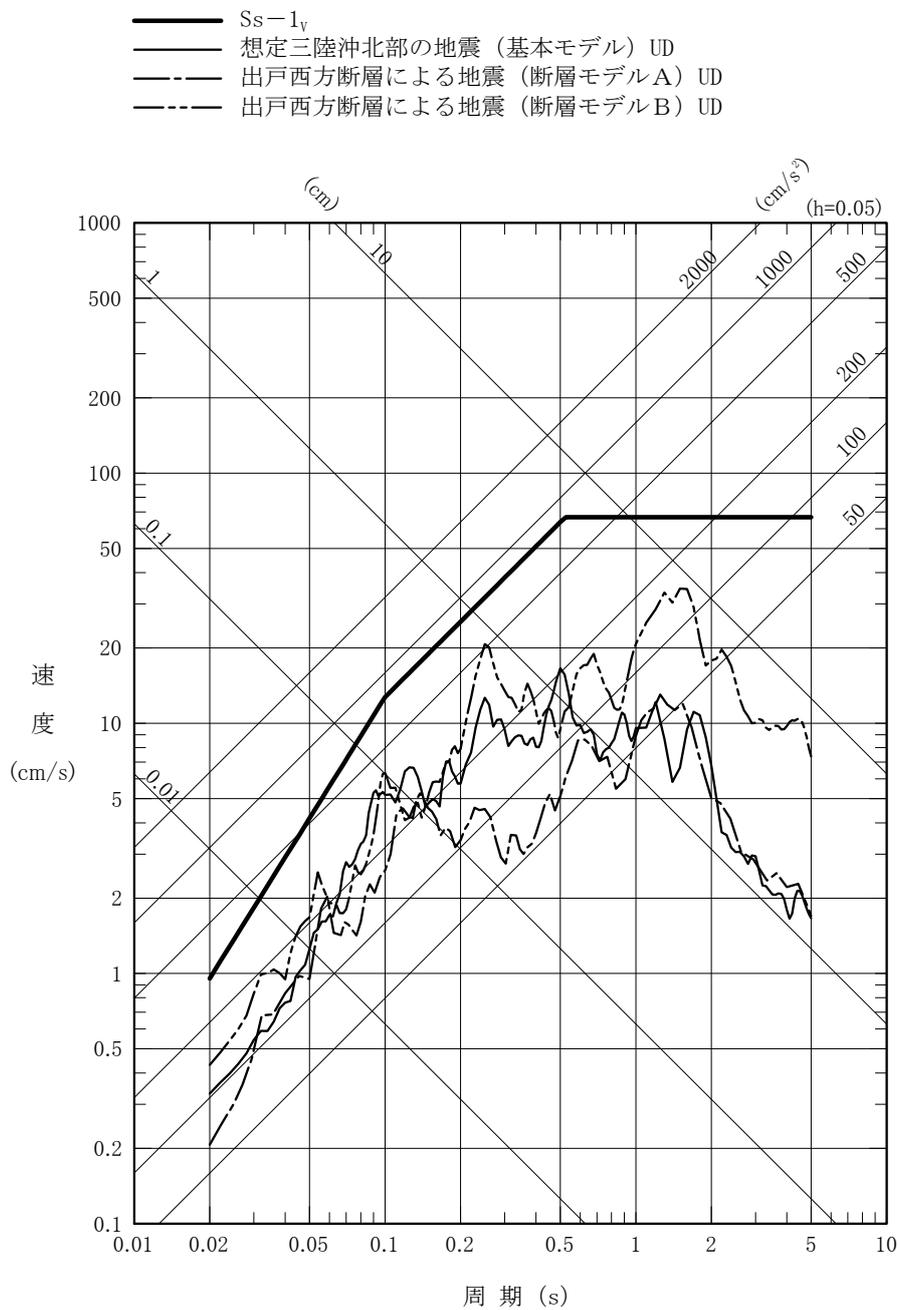


第4-4図(2) 応答スペクトルに基づく地震動評価と基準地震動 S_s の設計用応答スペクトル（鉛直方向）

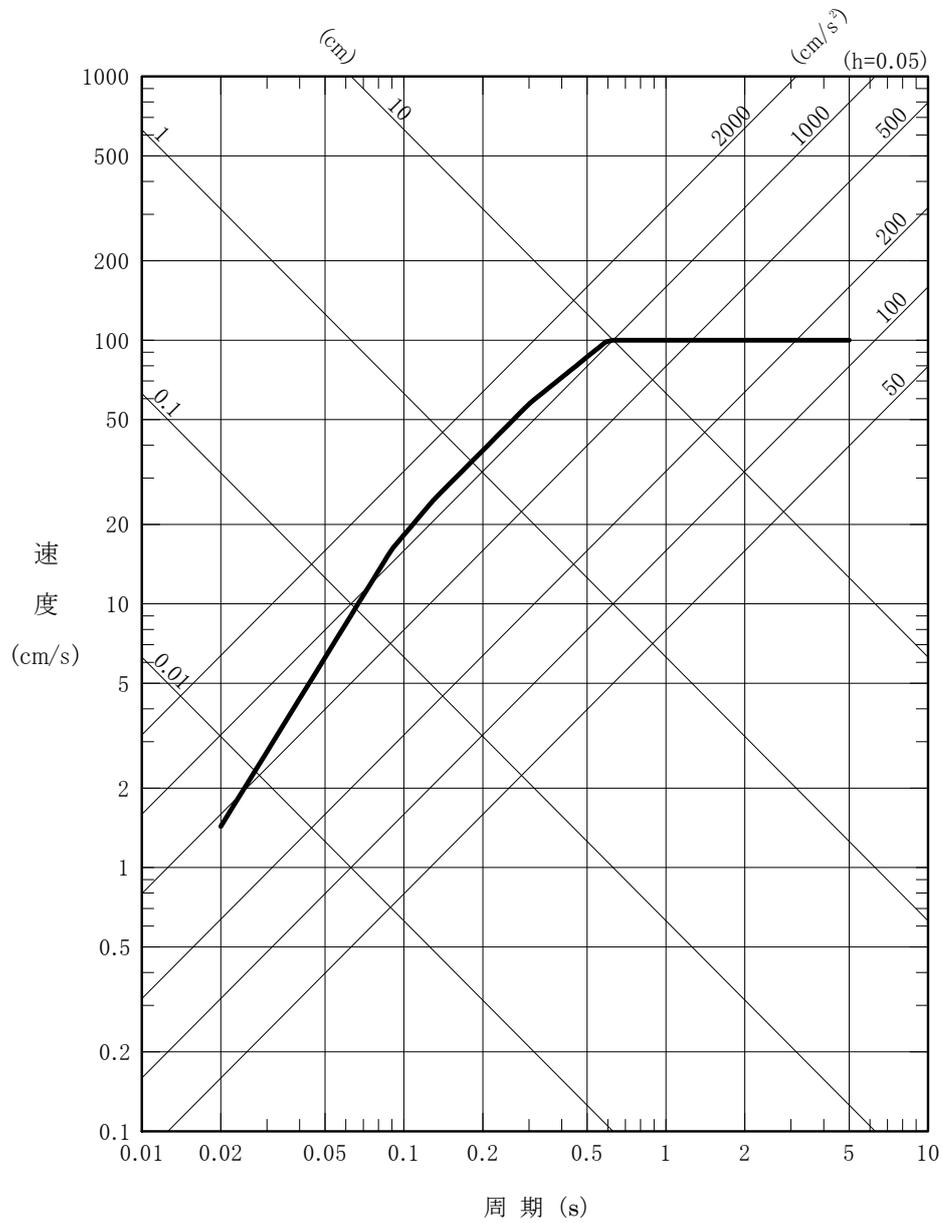
- S_s-1_H
- 想定三陸沖北部の地震（基本モデル）NS
- - - 想定三陸沖北部の地震（基本モデル）EW
- · - 出戸西方断層による地震（断層モデルA）NS
- · - 出戸西方断層による地震（断層モデルA）EW
- · - 出戸西方断層による地震（断層モデルB）NS
- · - 出戸西方断層による地震（断層モデルB）EW



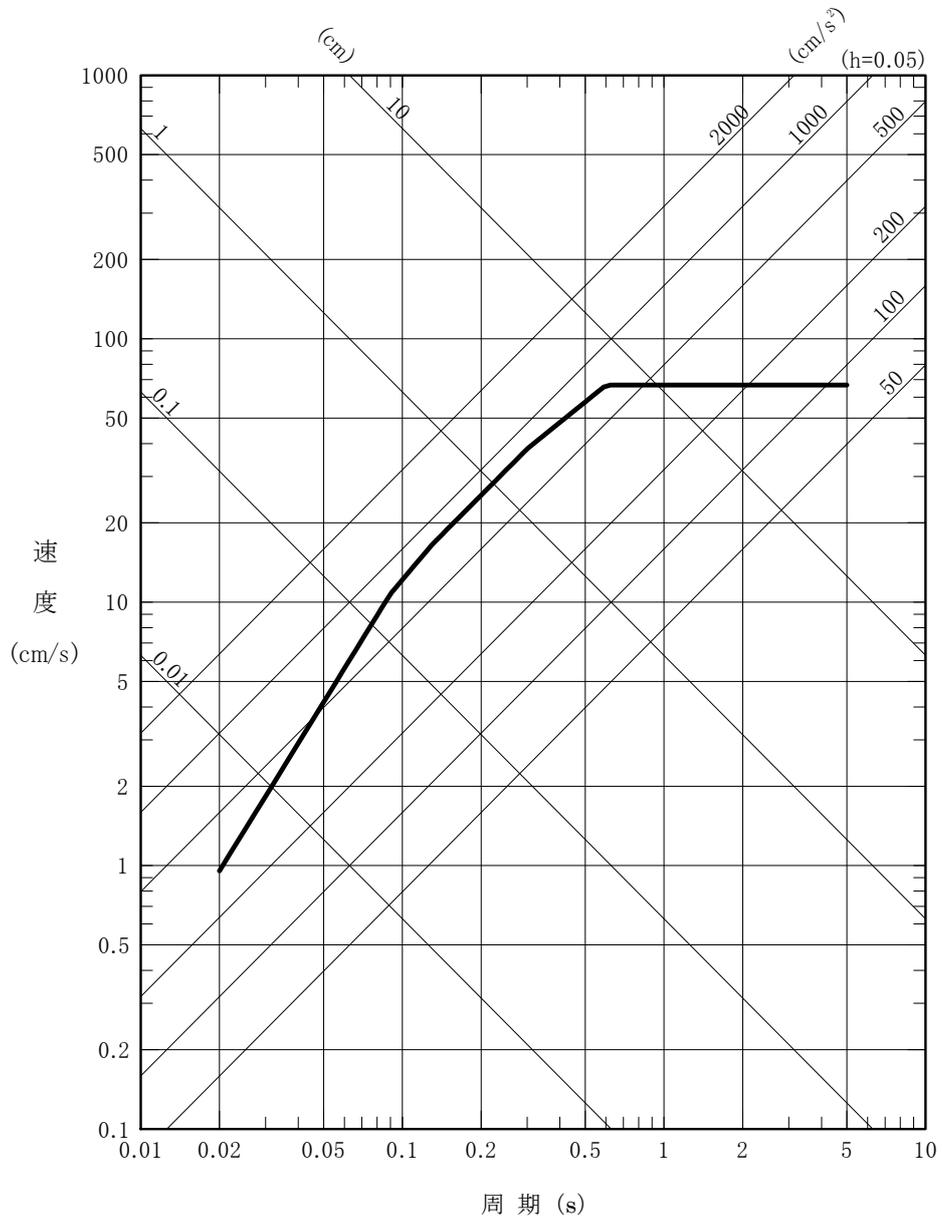
第4-4図(3) 断層モデルを用いた手法による地震動評価と
基準地震動 S_s の設計用応答スペクトル（水平方向）



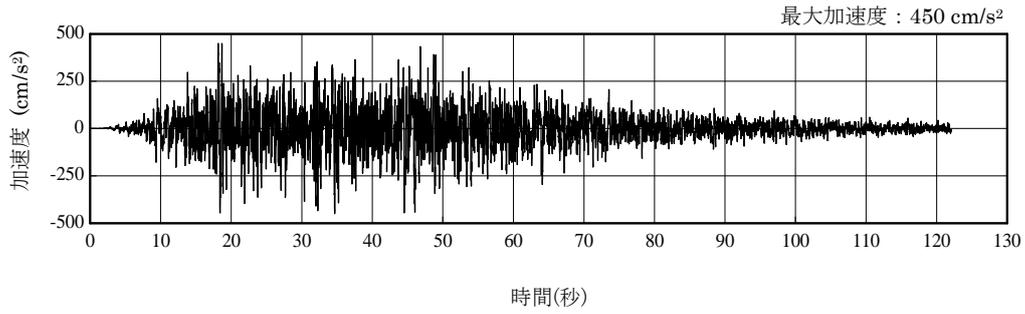
第4-4図(4) 断層モデルを用いた手法による地震動評価と
 基準地震動 S_s の設計用応答スペクトル (鉛直方向)



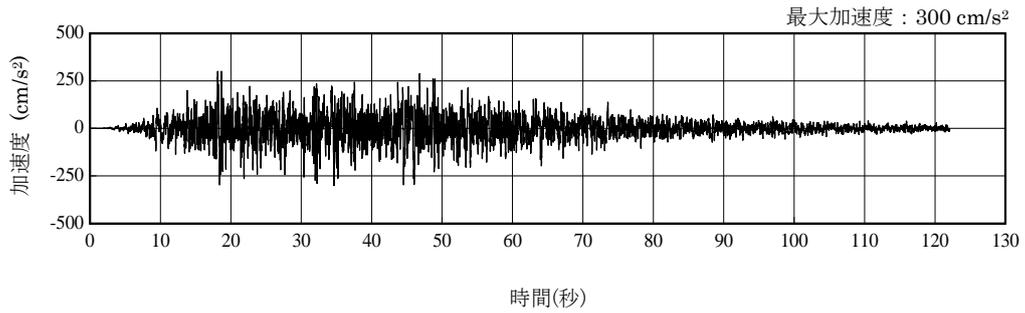
第4-5図(1) 震源を特定せず策定する地震動の設計用応答スペクトル
(水平方向)



第 4 - 5 図(2) 震源を特定せず策定する地震動の設計用応答スペクトル
(鉛直方向)

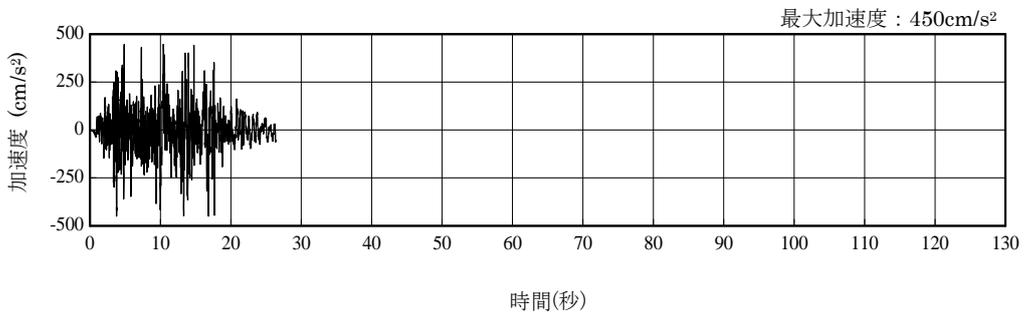


(水平方向： S_s-1_H)

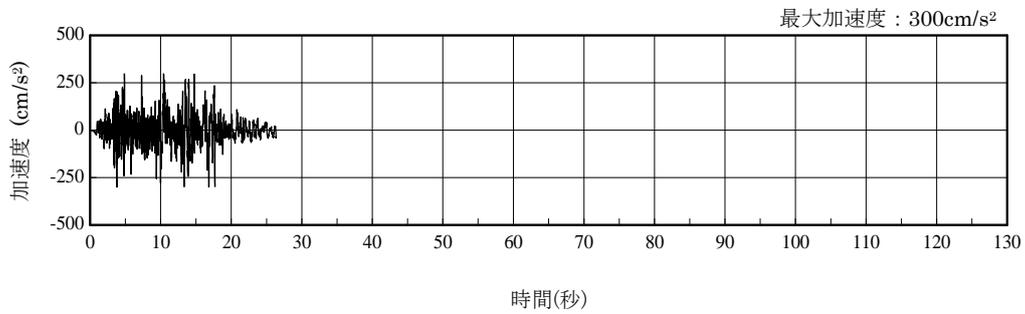


(鉛直方向： S_s-1_V)

第4-6図 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 の設計用模擬地震波

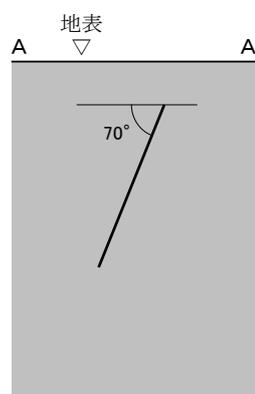
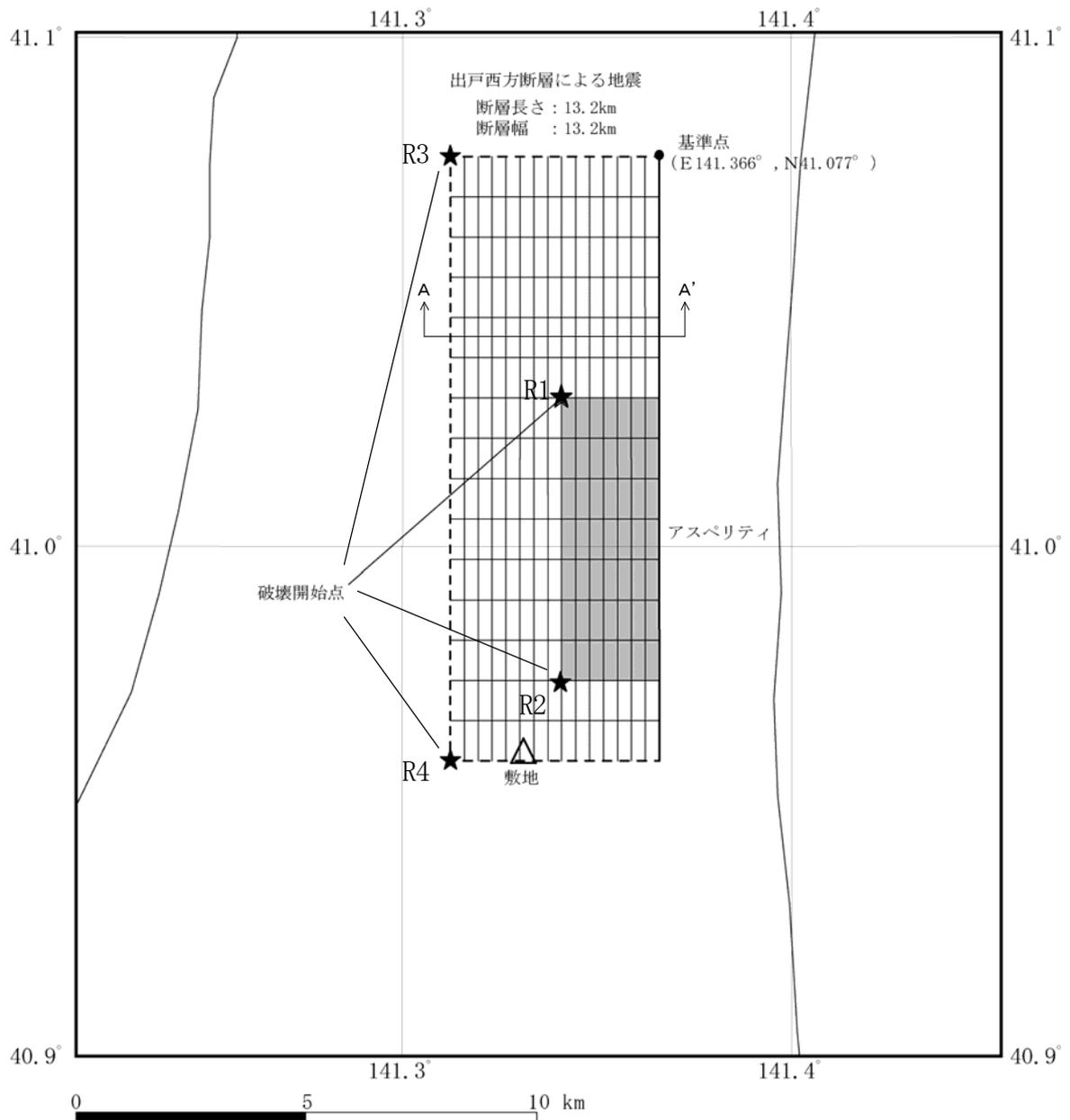


(水平方向： S_s-2_H)



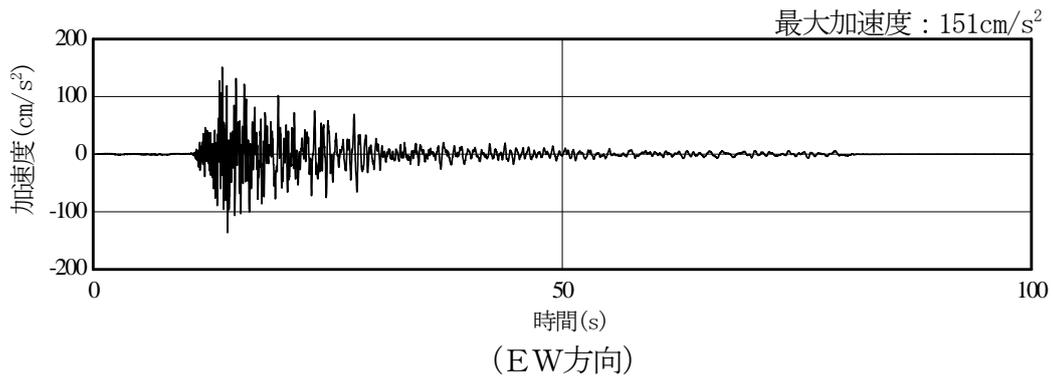
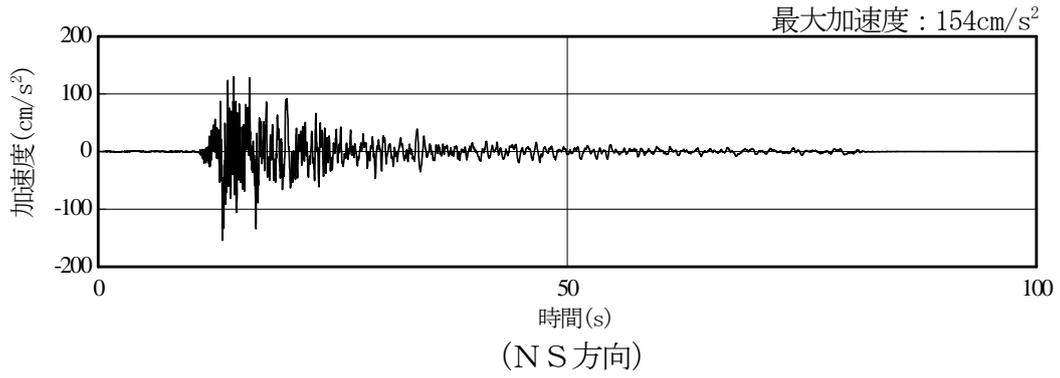
(鉛直方向： S_s-2_V)

第4-7図 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 S_s の設計用模擬地震波

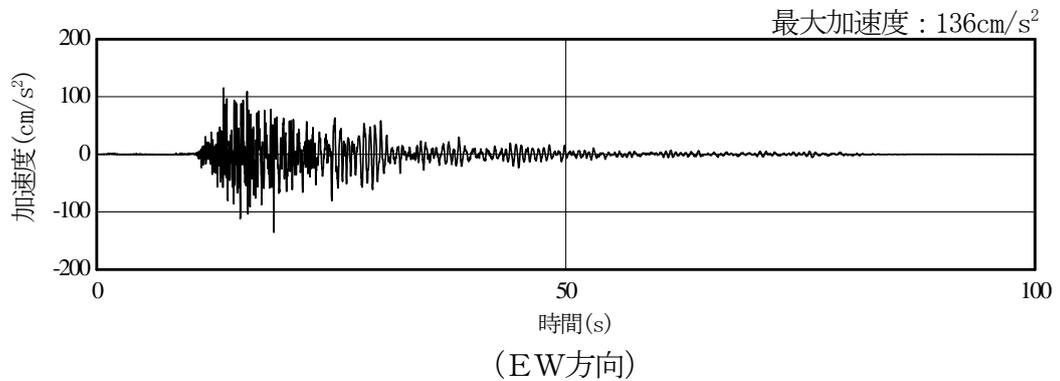
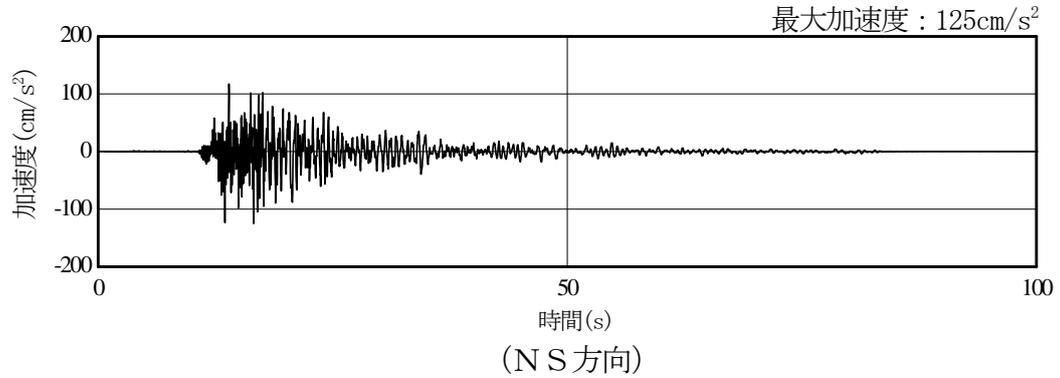


(A-A' 断面図)

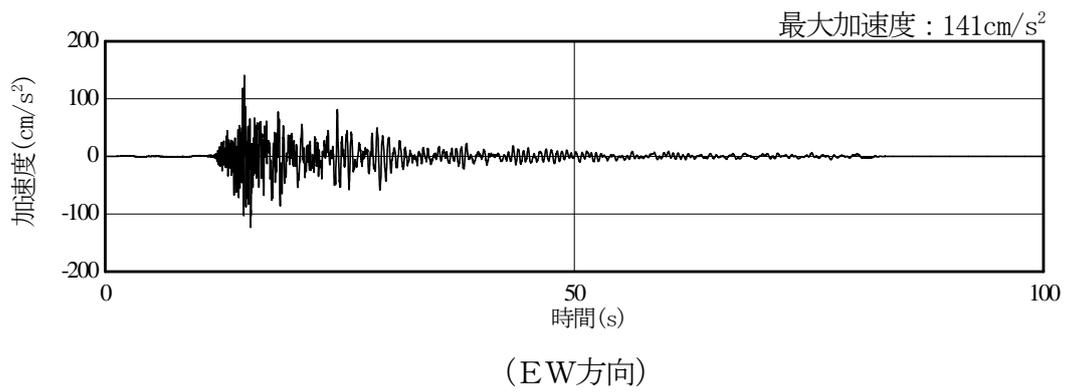
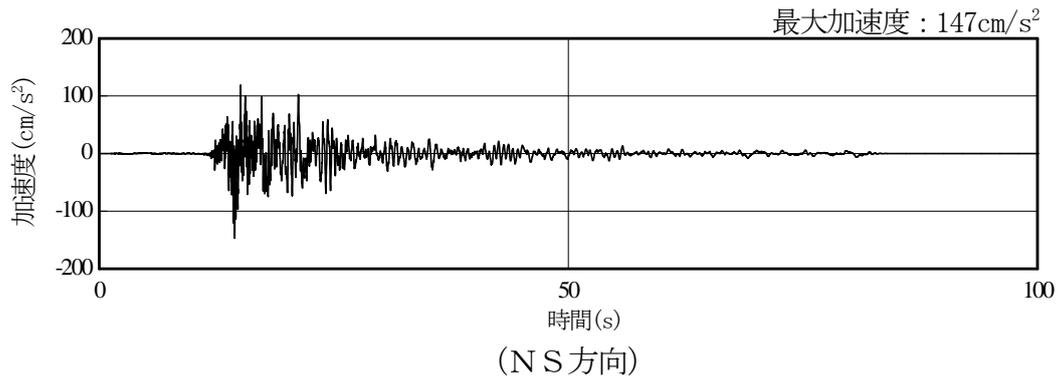
第4-8図 破壊開始点の位置図



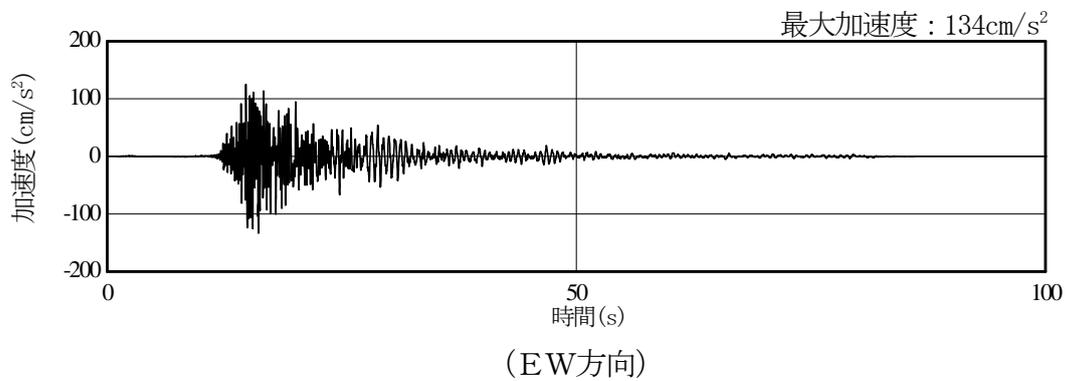
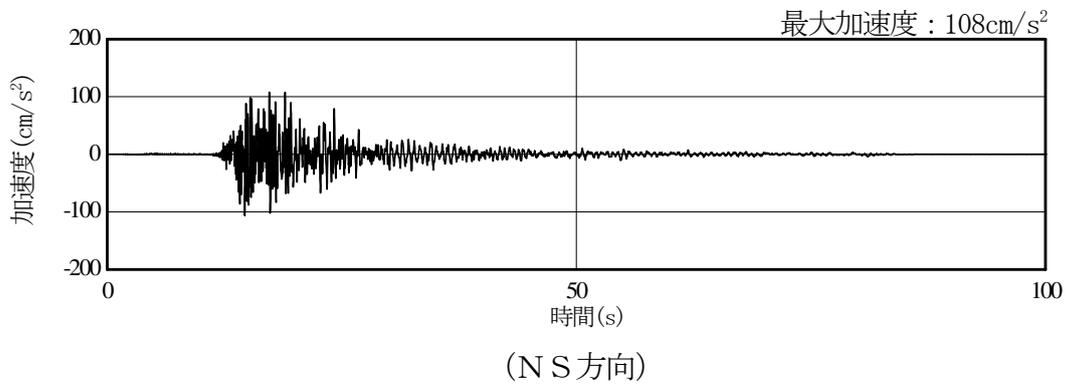
第4-9図 (1) 評価結果 (破壊開始点 R1 加速度波形)



第4-9図 (2) 評価結果 (破壊開始点 R2 加速度波形)

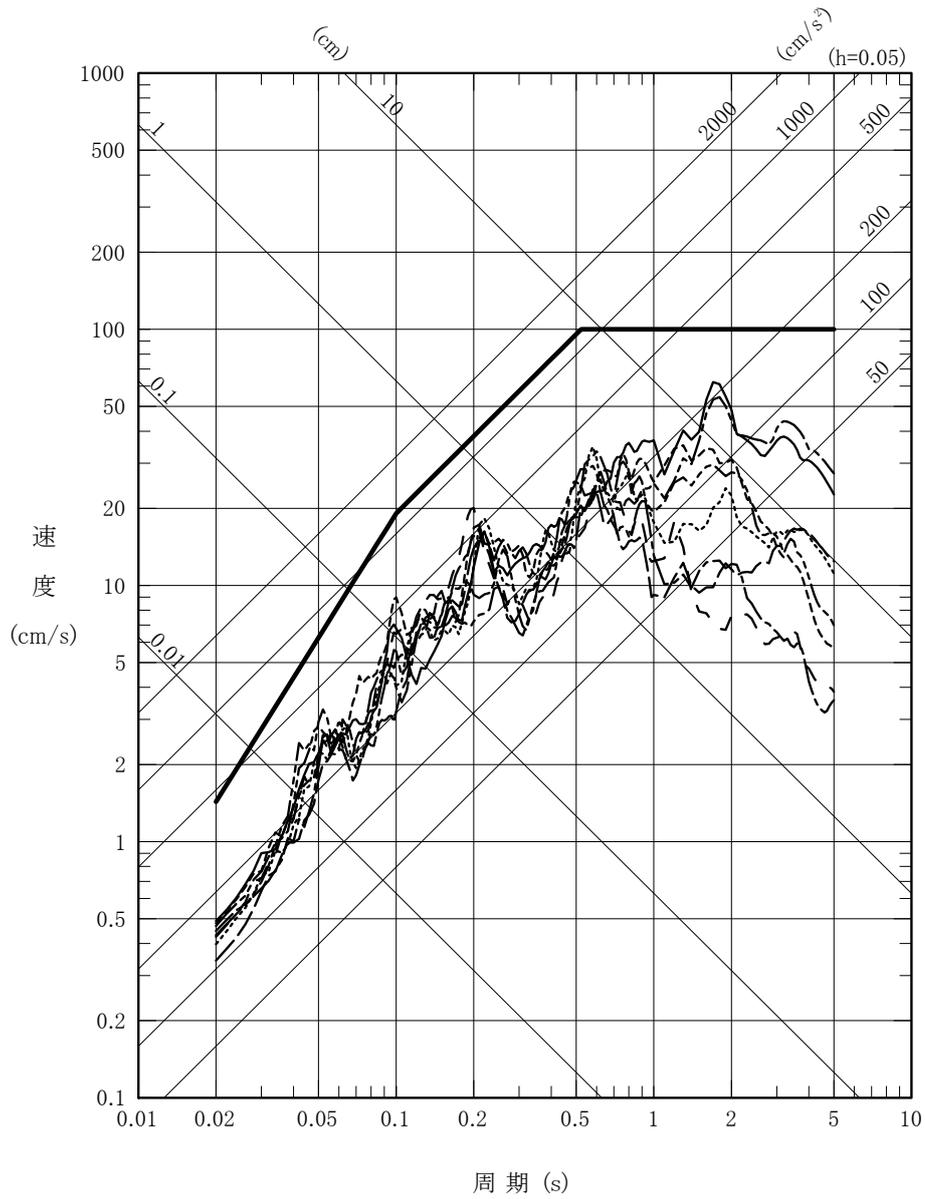


第4-9図(3) 評価結果(破壊開始点R3 加速度波形)

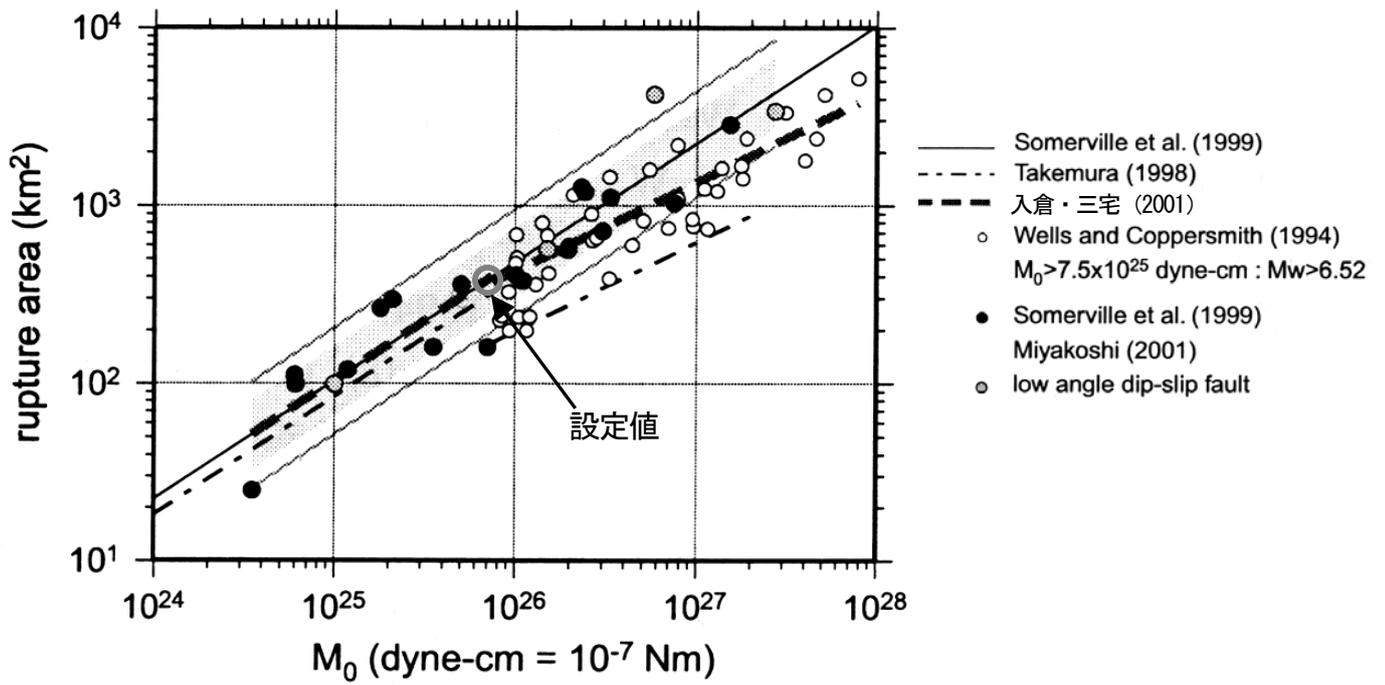


第4-9図(4) 評価結果(破壊開始点R4 加速度波形)

- $S_s - 1_H$
- 破壊開始点 R1 NS
- - - 破壊開始点 R1 EW
- ⋯ 破壊開始点 R2 NS
- · - 破壊開始点 R2 EW
- · - 破壊開始点 R3 NS
- · - 破壊開始点 R3 EW
- · - 破壊開始点 R4 NS
- · - 破壊開始点 R4 EW



第4-9図 (5) 評価結果 (応答スペクトル)

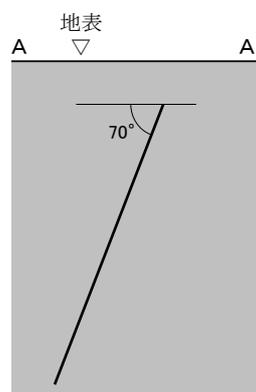
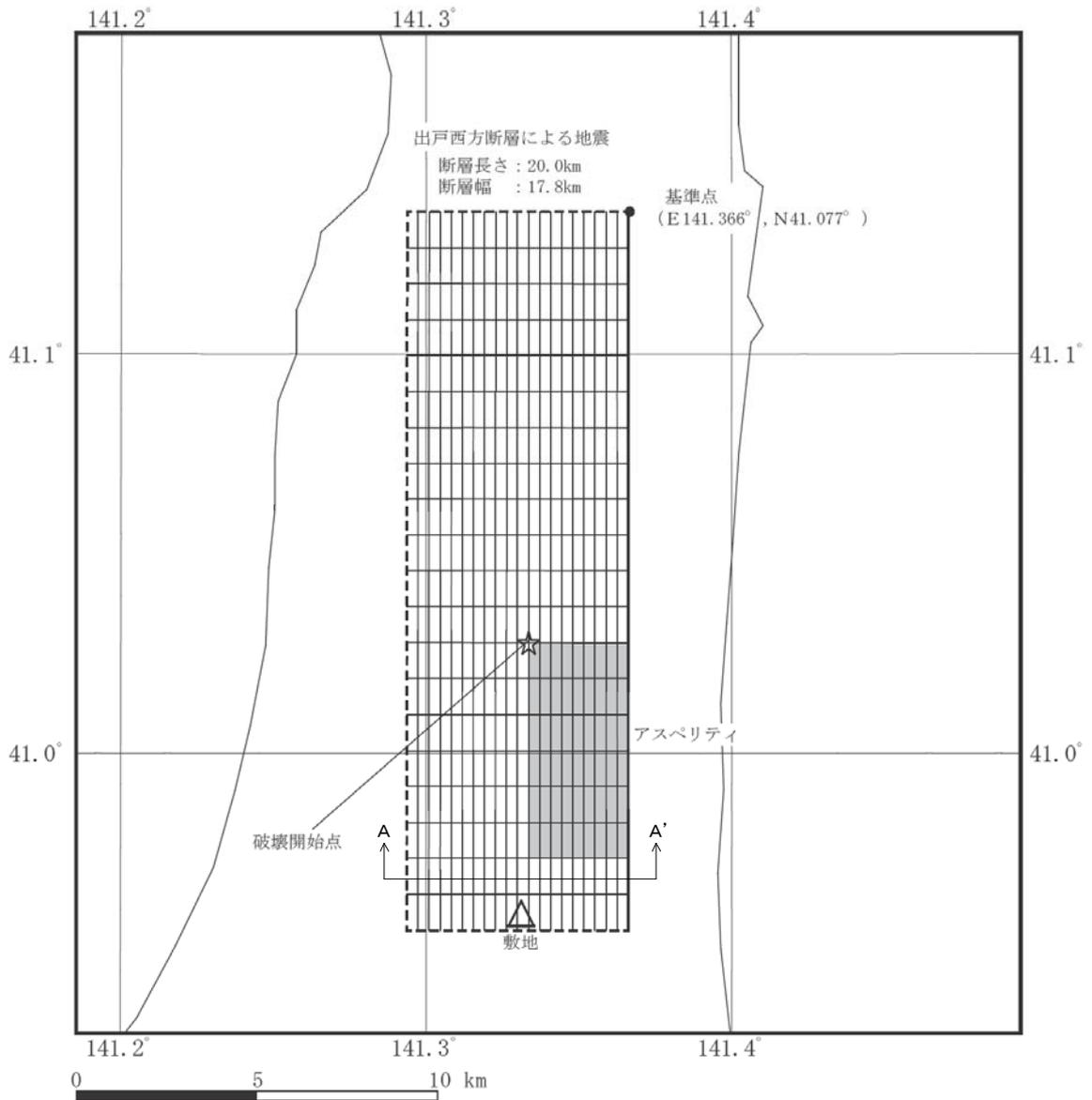


(入倉・三宅 (2001) に設定値の○を加筆)

第4-10図 断層面積と地震モーメント M_0 の関係

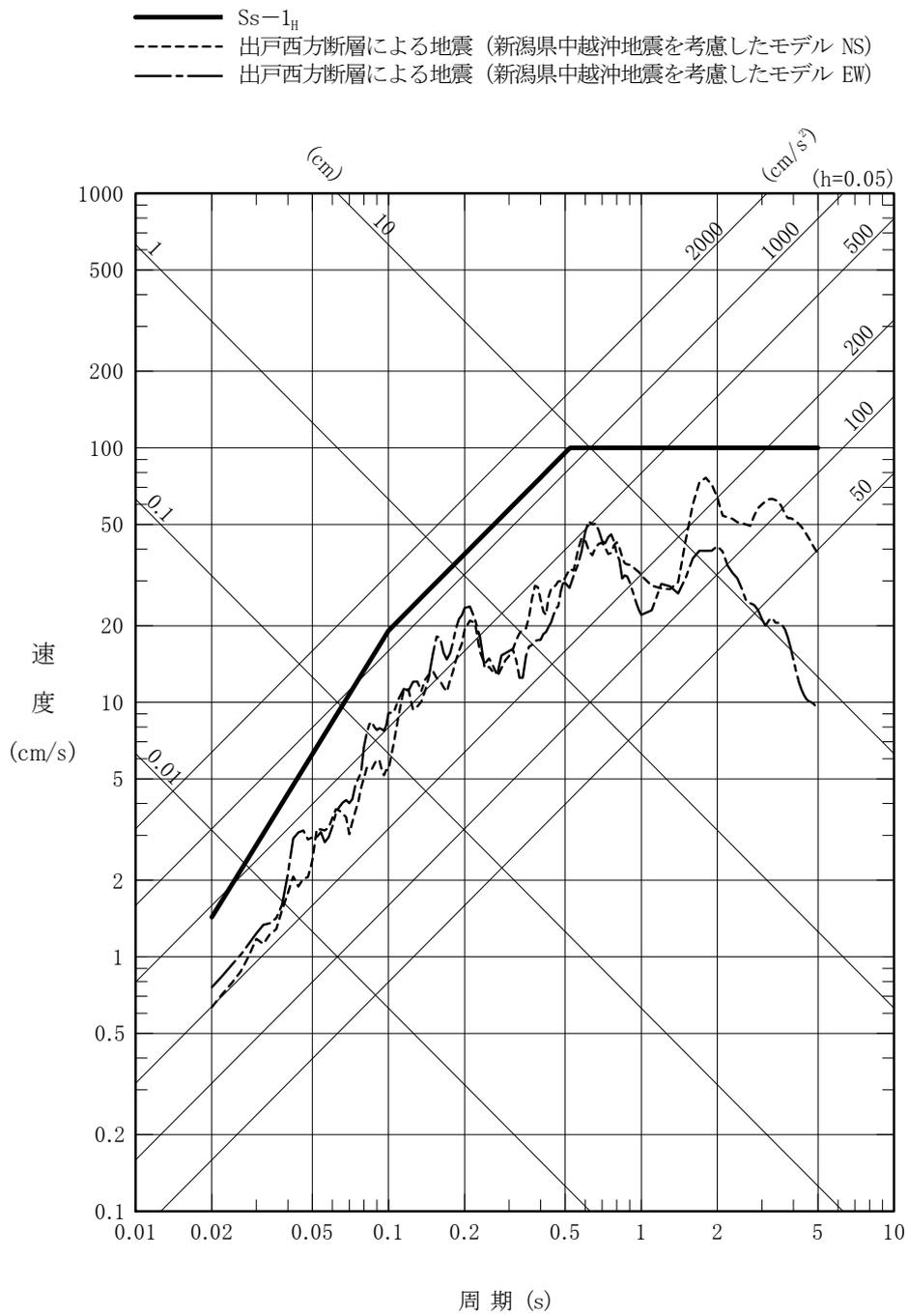
第4-2表 断層パラメータ

項 目		新潟県中越沖地震を 考慮したモデル
巨視的断層面	基準点	第4-11図による
	断層長さ (km)	20.0
	断層幅 (km)	17.8
	上端深さ (km)	2.6
	走向 (°)	180
	傾斜角 (°)	70
	破壊開始点	第4-11図による
	破壊伝播形式	放射状
	S波速度 (km/s)	3.3
	破壊伝播速度 (km/s)	2.4
	剛性率 (N/m ²)	2.94×10^{10}
	断層面積 (km ²)	356.7
	地震モーメント (N・m)	7.08×10^{18}
	モーメントマグニチュード	6.5
	気象庁マグニチュード	6.9
	平均すべり量 (cm)	67.5
応力降下量 (MPa)	2.56	
短周期レベル (Nm/s ²)	1.02×10^{19}	
アスペリティ	面積 (km ²)	48
	地震モーメント (N・m)	1.91×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	135.6
	静的応力降下量 (MPa)	19.0
背景領域	面積 (km ²)	308.7
	地震モーメント (N・m)	5.16×10^{18}
	平均すべり量 (cm)	56.9
	実効応力 (MPa)	3.81

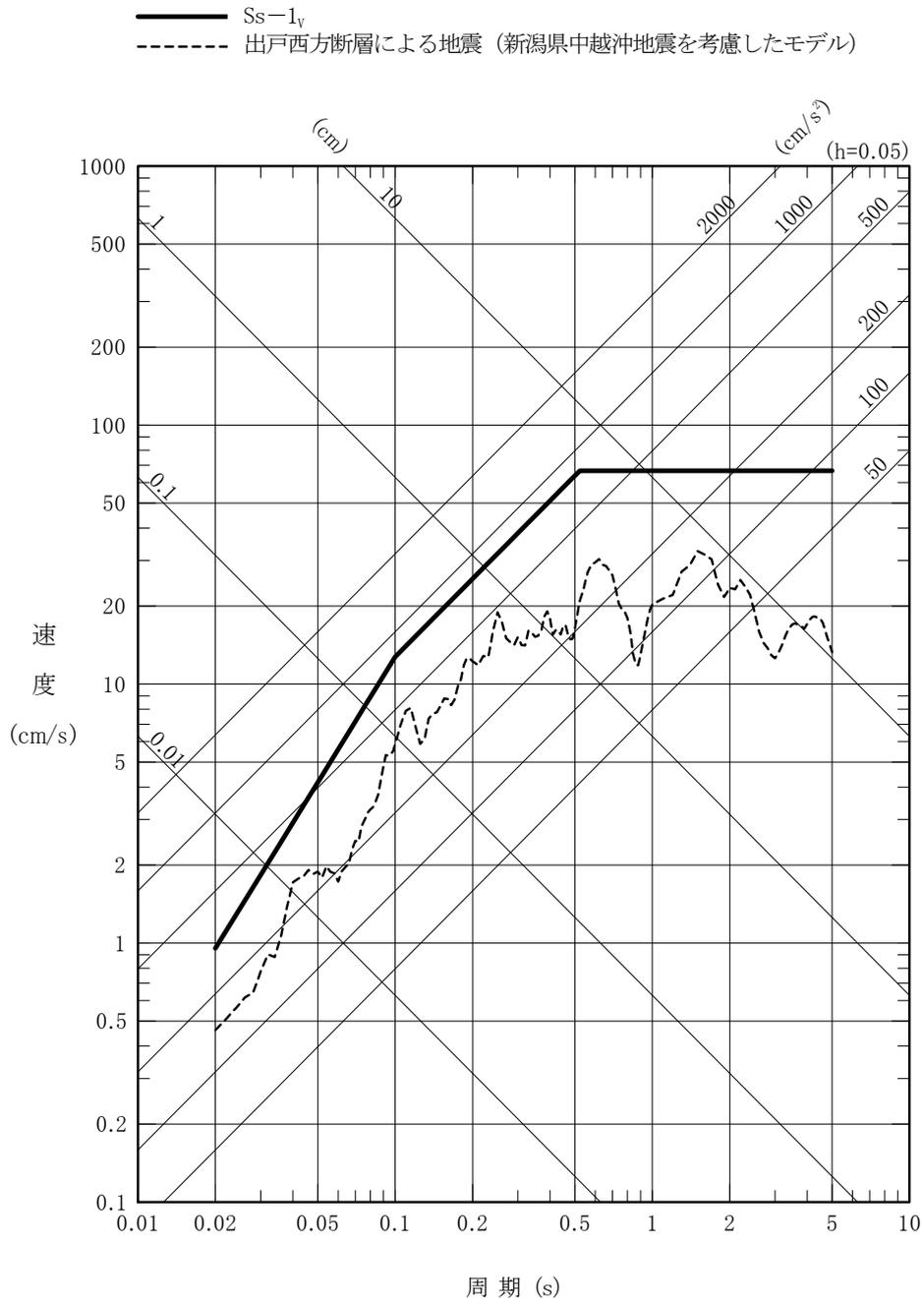


(A-A' 断面図)

第4-11 図 断層モデルの位置図



第4-12図 (1) 評価結果 (水平方向)



第4-12図(2) 評価結果(鉛直方向)

5. 基礎地盤の安定性評価

5. 1 評価方針

基礎地盤の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s に対する耐震安全上重要な施設の安全機能を保持する観点から実施する。

耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析を実施し、基礎地盤のすべり、相対変位及び傾斜について行う。

なお、すべりの検討にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮した評価も行う。

5. 2 評価方法

評価対象施設及び断面は、廃棄物管理事業許可申請における静的なすべり（建屋底面すべり、断層を通るすべり）及び沈下についての解析結果から、最も評価の厳しいと想定される施設及び断面を選定する。

耐震安全性評価は、動的 FEM 解析により行い、その手法として、等価線形化法により動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を考慮した周波数応答解析手法を用いる。

解析用物性値は、基礎地盤全体を対象として、岩石・岩盤・土質試験結果を用いて設定し、解析モデルは、地盤と建屋から構成される二次元 FEM モデルを用いる。

地震力は、基準地震動 S_s を一次元応答解析により入力基盤面（標高 -150 m）まで引き戻した地震動を水平、鉛直同時に入力する。

解析用モデル図を第 5-1 図に示す。

5. 3 評価内容

すべりに対する検討については、ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟基礎底面沿いの想定すべり線及び f-2 断層を通る想定すべり線の安全率について、評価基準値（1.5）以上であることを確認する。

相対変位及び傾斜に対する検討については、ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟基礎底面両端の相対変位及び傾斜について評価する。

5. 4 評価結果

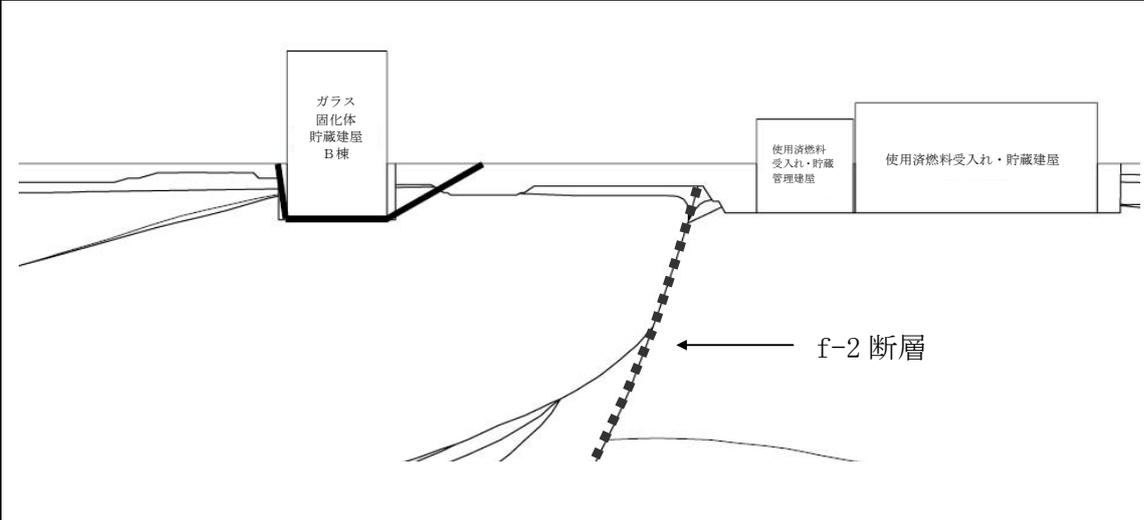
すべりに対する安全性については、第 5-1 表に示すように、動的 FEM 解析による地震時のガラス固化体貯蔵建屋 B 棟基礎地盤のすべり安全率は 6.4 以上であり、評価基準値（1.5）を上回ることから、十分な安全性を有していることを確認した。なお、強度のばらつきを考慮した場合についても、地震時のすべり安全率は 4.4 以上であり、評価基準値（1.5）を上回ることもか

ら、十分な安全性を有していることを確認した。

相対変位及び傾斜に対する安全性については、第5-2表に示すように、動的FEM解析による地震時のガラス固化体貯蔵建屋B棟基礎底面の相対変位は0.89cm以下、傾斜は約1/3800以下であり、安全上重要な機器・配管の機能に支障を与えるものでないと判断されることから、十分な安全性を有していることを確認した。

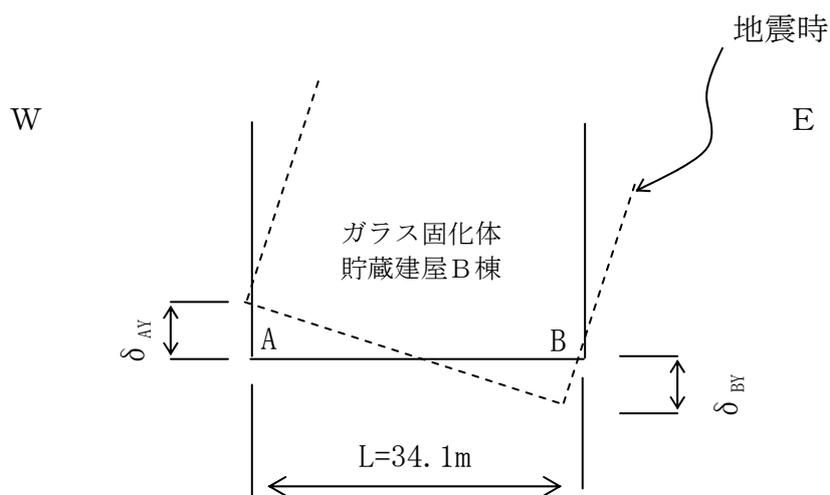
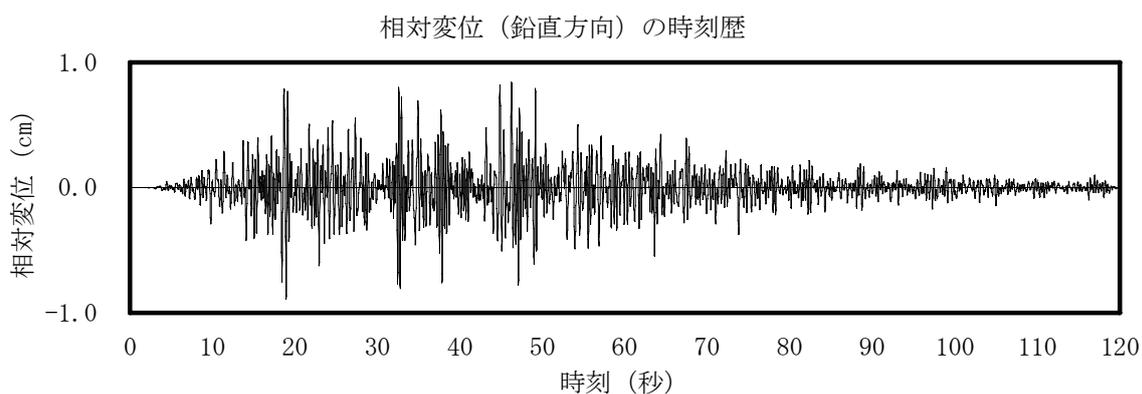
以上の結果より、基礎地盤が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な支持性能を有していることを確認した。

第5-1表 動的FEM解析によるすべりに対する安全性の評価結果 (Ss-1)

すべり安全率が最小となるすべり線形状	最小すべり 安全率	
 <p>The diagram illustrates a cross-section of a site with several buildings. From left to right, they are: 'ガラス 固化体 貯蔵建屋 B棟' (Glass solidified body storage building B), '使用済燃料 受入れ・貯蔵 管理建屋' (Used fuel reception and storage management building), and another '使用済燃料受入れ・貯蔵建屋' (Used fuel reception and storage building). A dashed line represents the failure line, starting from the ground level near the first building, dipping down, and then rising to cross the ground level between the second and third buildings. An arrow points to this dashed line with the label 'f-2 断層'.</p>	Ss-1	6.4

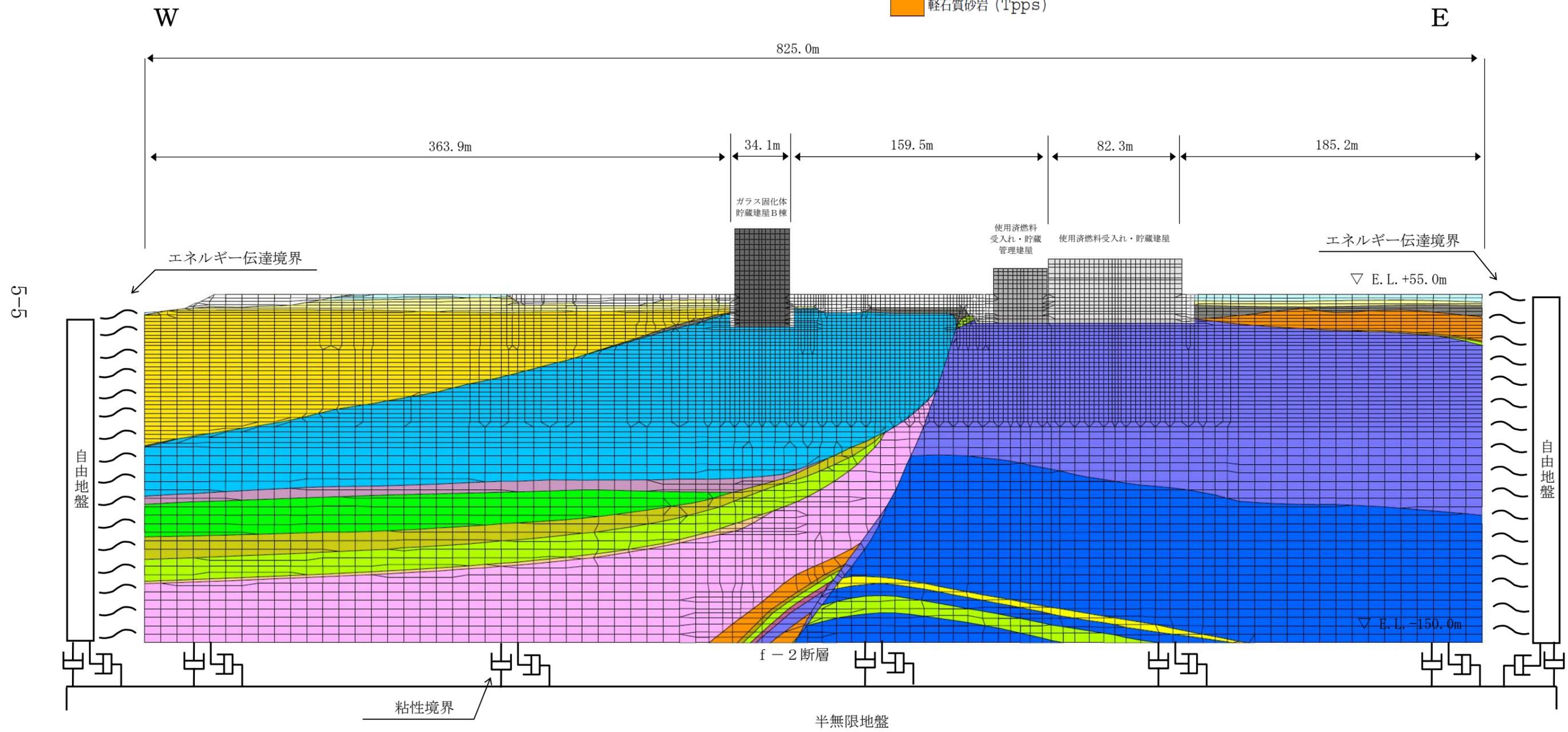
第5-2表 動的FEM解析による相対変位及び傾斜に対する安全性の評価結果 (Ss-1)

時刻 (秒)	最大相対変位 (鉛直方向)	最大傾斜
	鉛直方向 (cm) $ \delta_{AY} - \delta_{BY} $	$\frac{ \delta_{AY} - \delta_{BY} }{L}$
18.92	0.89	1/3800



相対変位及び傾斜の模式図

- | | |
|------------------------|------------------|
| 第四系中部更新統～完新統 (PH) | 粗粒砂岩 (Tcs) |
| 新第三系鮮新統～第四系下部更新統 (PP2) | 砂岩 凝灰岩互層 (Talst) |
| 新第三系鮮新統 (PP1) | 凝灰質砂岩 (Tts) |
| 凝灰岩 (Ttf) | 軽石混り砂岩 (Tps) |
| 軽石凝灰岩 (Tpt) | 礫混り砂岩 (Tss) |
| 砂質軽石凝灰岩 (Tspt) | 礫岩 (Tcg) |
| 泥岩 (軟質部) (Tmss) | 風化岩 |
| 泥岩 (Tms) | 盛土 (f1) |
| 細粒砂岩 (Tfs) | |
| 軽石質砂岩 (Tpps) | |



第5-1図 解析用モデル図

6. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

6. 1 評価方針

建物・構築物の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s に対する耐震安全上重要な施設の安全機能を維持する観点から実施する。

6. 2 評価対象施設

評価対象とする建物・構築物は、Sクラスの施設を対象とするとともに、Sクラス以外の施設で、基準地震動 S_s に対する間接支持構造物としての機能を有する施設は支持機能の維持の観点より、また、その破損がSクラスの施設に影響を与えるおそれのある施設は波及的影響の防止の観点より、それぞれ評価の対象とする。上記の方針に基づき、選定した評価対象施設を第6-1表に、配置図を第6-1図にそれぞれ示す。また、評価対象施設の構造概要を第6-2表にそれぞれ示す。

6. 3 耐震安全性評価

6. 3. 1 ガラス固化体受入れ建屋

(1) 評価方法

ガラス固化体受入れ建屋の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によって行う。

水平方向の地震応答解析は、建物-地盤の相互作用を考慮した多質点系並列地盤モデルである格子型モデルを用いる。水平方向の入力地震動は、下部モデル境界と解放基盤表面が同一である為、基準地震動 S_s を多質点系並列地盤モデルへの入力地震動とする。

鉛直方向の地震応答解析は、建物基礎底面下の地盤を等価な鉛直ばねに置換し、建物は床レベルに質量を集中させ、その間を軸要素で連結した質点系モデルとする。鉛直方向の入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により評価したものを用いる。

また、局所的な応答による安全性への影響評価は、鉛直地震動による影響の大きい部位である屋根トラスについて評価を行うこととし、評価に当たっては、水平地震動と鉛直地震動によるそれぞれの応答結果を、組合せ係数法により適切に組合せて評価することとする。

(2) 評価基準

耐震安全性評価は、基準地震動 S_s による各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大応答せん断ひずみが評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。局所的な応答による安全性への影響評価は、屋根トラスについて各部材の発生

応力度が評価基準値（許容応力度）以下であることを確認する。

6. 3. 2 ガラス固化体貯蔵建屋

(1) 評価方法

ガラス固化体貯蔵建屋の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によって行う。

ガラス固化体貯蔵建屋は、配置図に示すようにガラス固化体受入れ建屋及びガラス固化体貯蔵建屋B棟に隣接しており、格子型モデルの採用に当たっては建物の地下部分が3面以上周辺地盤と接している必要があるため、本建屋の地震応答解析モデルは建屋を質点系、地盤を等価なばねで評価した地盤-建物連成モデルを、水平方向、鉛直方向にそれぞれ設定し実施する。地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により評価したものをを用いる。

また、局所的な応答による安全性への影響評価は、鉛直地震動による影響の大きい部位である屋根トラスについて評価を行うこととし、評価に当たっては、水平地震動と鉛直地震動によるそれぞれの応答結果を、組合せ係数法により適切に組合せて評価することとする。

(2) 評価基準

耐震安全性評価は、基準地震動 S_s による各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大応答せん断ひずみが評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。局所的な応答による安全性への影響評価は、屋根トラスについて各部材の発生応力度が評価基準値（許容応力度）以下であることを確認する。

6. 3. 3 ガラス固化体貯蔵建屋B棟

(1) 評価方法

ガラス固化体貯蔵建屋B棟の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析をガラス固化体受入れ建屋と同様に行うこととする。

(2) 評価基準

耐震安全性評価は、基準地震動 S_s による各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大応答せん断ひずみが評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないこと及び鉄骨造である冷却空気出口シャフトの各部材の発生応力度が評価基準値（許容応力度）以下であることを確認する。局所的な応答による安全性への影響評価は、屋根トラスについて各部材の発生応力度が評価基準値（許容応力度）以下であることを確認する。

6. 4 評価結果

評価対象施設について、基準地震動 S_s に基づく地震応答解析を実施し、耐震安全性を確認した。

その結果、各層の鉄筋コンクリート耐震壁の最大応答せん断ひずみが、評価基準値 (2.0×10^{-3}) を超えないこと及びガラス固化体貯蔵建屋B棟の冷却空気出口シャフトにおける各部材の発生応力度が評価基準値（許容応力度）以下であることを確認した。また、局所的な応答による安全性への影響評価として、屋根トラスの各部材における発生応力度が評価基準値（許容応力度）以下であることを確認した。

耐震安全性の評価結果を第6-3表に示す。

第6-1表 評価対象施設

建物・構築物名 (略記名称)
<ul style="list-style-type: none"> ・ガラス固化体受入れ建屋 (E A建屋) ・ガラス固化体貯蔵建屋 (E B建屋) ・ガラス固化体貯蔵建屋B棟 (E B 2建屋)

第6-2表 評価対象施設の構造概要

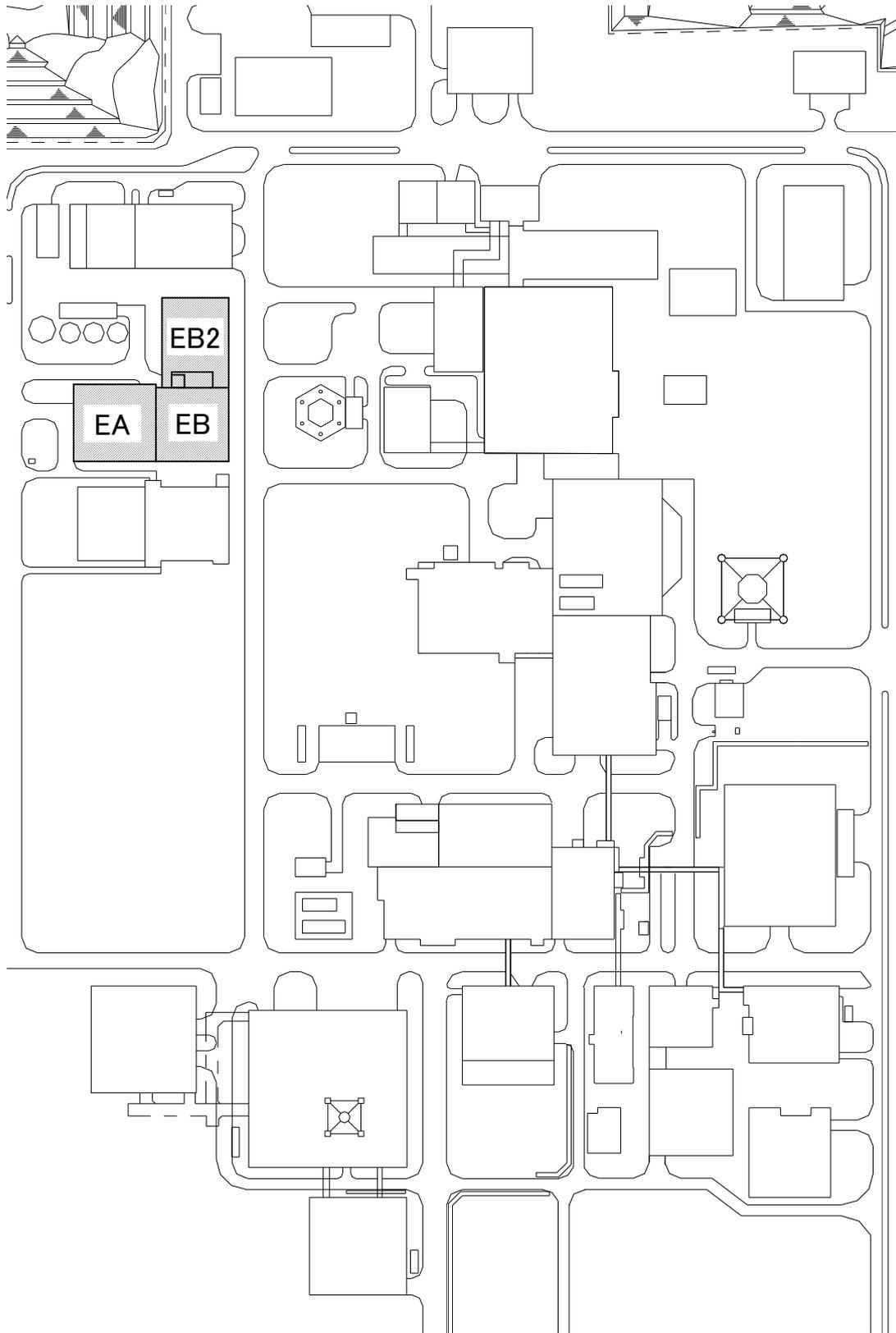
略記名称	構造 ^{※1}	階数		平面 (m)		高さ (m)	
		地上	地下	N S	E W	基礎底面からの高さ	地上高さ
E A建屋	R C造 (一部S R C造及びS造)	3	2	47.0	52.0	42.0	22.7
E B建屋	R C造 (一部S R C造及びS造)	2	2	47.0	46.0	33.2	13.9
E B 2建屋	R C造 (一部S R C造及びS造)	2	2	47.0	34.1	33.2	13.9

※1 S R C造：鉄骨鉄筋コンクリート造
R C造：鉄筋コンクリート造
S造：鉄骨造

第6-3表 耐震安全性評価結果

略記名称	評価対象	発生値	評価基準	位置
E A建屋	耐震壁 せん断ひずみ	最大応答値 0.23×10^{-3}	2.0×10^{-3}	地下2階壁
	屋根トラス 応力度(N/mm ²)	発生応力度 178.9	許容応力度 ^{※1} 213.8	斜材
E B建屋	耐震壁 せん断ひずみ	最大応答値 1.02×10^{-3}	2.0×10^{-3}	地上2階壁
	耐震壁(冷却空気出口シャフト) せん断ひずみ	最大応答値 0.99×10^{-3}	2.0×10^{-3}	T.P. 81.3 ～ T.P. 75.1
	屋根トラス 応力度(N/mm ²)	発生応力度 185.1	許容応力度 ^{※1} 199.2	斜材
E B 2建屋	耐震壁 せん断ひずみ	最大応答値 0.16×10^{-3}	2.0×10^{-3}	地下2階壁
	冷却空気出口シャフト 応力度(N/mm ²)	発生応力度 207.0	許容応力度 ^{※1} 348.8	柱
	屋根トラス 応力度(N/mm ²)	発生応力度 280.2	許容応力度 ^{※1} 357.5	斜材

※1 建築基準法に基づく鋼材の材料強度(F値の1.1倍)による許容応力度



※：ハッチング部は評価対象施設を示す。

第6-1図 評価対象施設の配置図

7. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

7. 1 評価方針

評価対象となる機器・配管系の選定に当たっては、「異常の発生を防止」「仮に異常が発生したとしてもその波及・拡大を抑制」「異常が拡大すると仮定してもその影響を緩和」等の安全機能の観点から、Sクラスの機器・配管系を対象とし、Bクラス及びCクラス等の施設で、その破損が、Sクラスの施設に影響を与えるおそれのある施設については、波及的影響評価を実施する。

なお、配管系のように類似設備が多数存在する場合は、安全機能を維持する観点から仕様、使用条件等で適切にグループ化し、その代表設備について評価を行う。

また、(社)日本電気協会で現在改訂作業中の「原子力発電所耐震設計技術指針の改訂案」も考慮する。

7. 2 評価方法

7. 2. 1 地震応答解析

(1) 地震応答解析モデル

機器・配管系の動的解析のモデルは、その振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、応答評価等に用いる地震荷重を適切に算定できるものを使用する。また、解析モデルは既往評価で用いられたものの他、有限要素法等実績がある手法によるモデル、設計余裕を除いた実機形状に合わせたモデル、大型機器と建屋との連成モデルを使用する。

モデル化に当たって使用する物性値等については、既往評価で用いられたものの他、施設運用上の管理値や実測値等を考慮して設定する。

(2) 床応答スペクトル

床応答スペクトルは、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の地震応答解析で得られた床応答時刻歴を用いて水平方向及び鉛直方向について算定する。

床応答スペクトルの算定に当たっては、地盤や建屋の物性等ばらつきが床応答に与える影響を考慮し、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等を参考に周期軸方向に±10%拡幅した設計用床応答スペクトルを算定する。

(3) 減衰定数

減衰定数は、原則として「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」に規定された値とし、試験等で妥当性が確認された値も評価に用いる。

7. 2. 2 構造強度の評価方法

構造強度に関する評価は、以下に示す簡易評価（応答倍率法による評価）、又は、詳細評価（スペクトルモーダル解析法等による評価）により実施する。

構造強度の評価に当たって、水平方向応答結果と鉛直方向応答結果との組み合わせは、二乗和平方根（SRSS）法等によることを基本とする。

構造強度の評価手順を第7-1図に示す。

（1）簡易評価（応答倍率法による評価）

剛構造の機器については、基準地震動 S_s による床の最大応答加速度と設計時における床の最大応答加速度の比、剛構造ではない機器については、基準地震動 S_s による設計用床応答スペクトルと設計時の設計用床応答スペクトルの比を求め、設計時の発生応力に乗じることにより、発生値を算定し評価基準値と比較する。

剛構造とは、機器の1次固有振動数が20Hz以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有するものをいう。

（2）詳細評価（スペクトルモーダル解析法等による評価）

応答倍率法による評価の結果、詳細評価が必要と判断された設備については、設計時の評価法を参考に以下の a 又は b に示す解析法から選択し、原則として弾性解析を行い、発生値を算定し、評価基準値と比較する。

- a. スペクトルモーダル解析法
- b. 時刻歴応答解析法

上記 a, b に挙げた手法以外で適切な手法がある場合は、その手法を用いる。

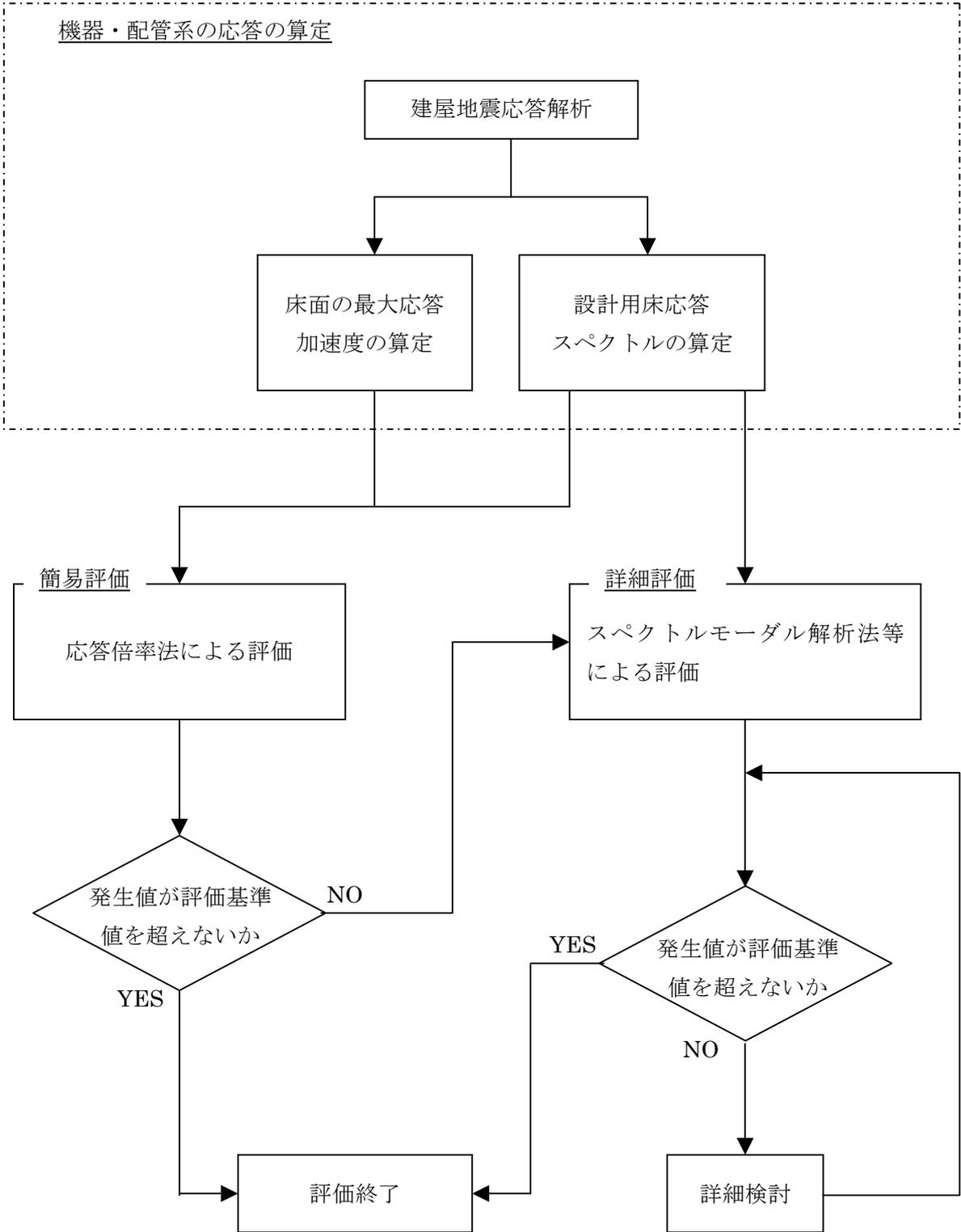
（3）構造強度の評価基準

評価基準値は、原則としてその設備の機能に影響を及ぼすことがない値とし、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-補・1984, JEAG4601-1987, JEAG4601-1991 追補版」及び「発電用原子力設備規格設計・建設規格 JSME S NC1-2005」に準拠するとともに、他の規格基準で規定されている値及び実験等で妥当性が確認されている値等も用いるものとし、解析結果が評価基準値を超えないことにより、耐震安全性を確認する。

7. 3 評価結果

評価対象設備について各機器・配管系の発生値は、いずれも評価基準値以下であることを確認した。また、Bクラス及びCクラス等の波及的影響評価対象設備についても、その破損がSクラスの施設に波及的破損を生じさせないことを確認した。評価対象設備の耐震安全性の評価結果を第7-1表に示す。

なお、第7-1表中の耐震クラスについては、設計及び工事の方法の認可申請書における耐震クラスを記載している。



第7-1図 構造強度の評価手順

第7-1表 耐震安全性の評価結果

建屋名称	評価対象設備	耐震クラス	評価部位	応力分類	発生値 ^{※1} (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	応力比 ^{※5}	判定	評価 ^{※2} 方法
ガラス固化体貯蔵建屋	通風管	A	本体	組合せ	0.06 ^{※4}	≤1 ^{※4}	0.06	○	a2
			中段端ばり	組合せ	0.24 ^{※4}	≤1 ^{※4}	0.24	○	a2
	収納管	A	中段支持部	組合せ	0.18 ^{※4}	≤1 ^{※4}	0.18	○	a2
	貯蔵建屋床面走行クレーン	B ^{※3}	しゃへい容器シートの溶接部	せん断	101	124	0.82	○	b
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	通風管	A	本体	引張と曲げ又は圧縮と曲げの組合せ	0.12 ^{※4}	≤1 ^{※4}	0.12	○	a2
			中段端ばり	組合せ	65	280	0.24	○	a2
	収納管	A	中段支持部	組合せ	22	189	0.12	○	a2
	貯蔵建屋床面走行クレーン	B ^{※3}	クレーン西側カマ	曲げ	204	398	0.52	○	b
	冷却空気出口迷路板	-(S1)	架構1最大応力点	発生応力	27	101	0.27	○	a1
	冷却空気出口ルーバ	-(S1)	中央の上固定部	せん断	28	101	0.28	○	a1
	冷却空気入口整流板	C(S1)	整流板2最大応力点	発生応力	24	101	0.24	○	a1
	冷却空気出口整流板	C(S1)	整流板最大応力点	発生応力	34	101	0.34	○	a1

※1 各設備において、評価基準値に対する発生値の割合が最大となるものを記載。

※2 「評価方法」の欄に記載されている a1, a2, b の凡例は、以下のとおり。

a1: 簡易評価1 (応答倍率法において、剛構造の機器については基準地震動 Ss による床の最大床応答加速度と設計時の床の最大床応答加速度の比をそれぞれ読み取り、最も厳しい値を用いた評価方法)

a2: 簡易評価2 (応答倍率法において、剛構造ではない機器については各固有モードの周期における応答加速度をそれぞれ読み取り、その比のうち最も厳しい値を用いた評価方法)

b: 詳細評価 (スペクトルモーダル解析法等による評価)

※3 貯蔵建屋床面走行クレーンはBクラスであるが、Aクラスのしゃへい容器と一体構造のため、Aクラス施設に適用される地震力に対し、耐えるように設計する。

※4 発生値は、評価基準値に対する発生値の比の値を示す。また、評価基準値は無次元の値を示す。

※5 応力比は、発生値/評価基準値を示す。

8. 地震随件事象に対する考慮

(1) 周辺斜面の安定性

耐震安全上重要な構築物又は機器・配管系を内包する建物・構築物に重大な影響を与えるおそれのある斜面は、敷地内に存在しない。よって、周辺斜面の安定性は施設の耐震安全性評価の対象とはならない。

(2) 津波に対する安全性

敷地は造成高が標高約 55m で海岸からの距離も 5km と遠く、海岸は地形的にも津波の被害が発生しにくい単調な砂浜海岸であることから、耐震安全上重要な施設が津波による被害を被ることはない。よって、津波は施設の耐震安全性評価の対象とはならない。

9. まとめ

各種調査の結果を踏まえ、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」を考慮した基準地震動 S_s を策定した。

この基準地震動 S_s を用いて評価した結果、基礎地盤が十分な支持性能を有していることおよび安全上重要な施設の耐震安全性が確保されていることを確認した。

また、地震随件事象については施設の安全性評価対象とはならないことを確認した。

以上