

○発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き

平成22年12月20日
原子力安全委員会了承

I. まえがき

発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引きは、平成18年9月19日に改訂した「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下「耐震設計審査指針」という。）の運用・解釈を明確にすることを目的としている。

本手引きは、「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き（昭和63年8月23日原子炉安全専門審査会）」を全面改訂したものであり、これまでの安全審査の経験及び最新の知見を踏まえ、敷地周辺の地質・地質構造等の調査、基準地震動の策定、建物・構築物の地盤の支持性能に関する調査と評価、地震履歴事象に対する考慮に関する調査と評価に係る事項等について、「活断層等に関する安全審査の手引き（平成20年6月20日原子力安全委員会了承）」に規定した事項も含め、取りまとめたものである。なお、耐震設計上の重要度分類、耐震設計方針及び荷重の組合せと許容限界については、耐震設計審査指針に必要な事項が規定されていることから本手引きには規定していない。

安全審査においては、これまでに蓄積された知識・技術を用いるとともに、関連する新しい知見・技術が年々蓄積・向上している状況を踏まえ、その取入れに最大限の努力を払わなければならない。また、本手引きは、今後の新しい知見・技術と経験の蓄積に応じて、適宜見直される必要がある。

II. 用語の定義

本手引きにおける用語の定義及び用法については、原則として耐震設計審査指針における用語の定義及び用法にしたがうこととし、さらに以下によるものとする。

- (1) 「地形面」とは、一般的に平坦なひとつづきの地形をいうが、本手引きでは、平坦な沖積面、段丘面のほかに、斜面、段丘崖面も含み、活断層認定の際の指標（変位基準）となる地形をいう。
なお、斜面と斜面が交わる谷線や尾根線等も活断層認定の際の指標（変位基準）となる。
- (2) 「層序区分」とは、陸域及び海域の地質を構成する岩石及び地層、あるいは地表面を構成する堆積物及び地形面を被覆する土壌や風成堆積物等を形成年代順に区分することをいう。
- (3) 「編年」とは、地形面区分された各地形面と層序区分された各地層区分ごとに、それらが形成された、あるいは堆積した時代・年代を同定すること及びその結果を得ることをいう。
- (4) 「地震基盤」とは、地殻最上部にあるS波速度3km/s程度の堅硬な岩盤をいう。

III. 敷地周辺の地質・地質構造等の調査

敷地周辺（敷地を含む。以下同じ。）の地質・地質構造等の調査は、目的に応じて適切に行う必要がある。本章では、主として「1. 敷地周辺の活断層調査」に敷地ごと震源を特定して策定する地震動を評価するための活断層調査及び津波に対する安全性を評価するための調査に関する事項を、「2. 敷地周辺の地質・地質構造の調査及び地盤調査」に基準地震動Ssの策定における地震波の伝播特性等の把握のための調査、建物・構築物の地盤の支持性能及び施設の周辺斜面の安全性を評価するための調査に関する事項を規定する。

- 1. 敷地周辺の活断層調査
 - 1. 1 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
既存文献の調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査については、次に示す各事項の内容を満足していなければならない。
 - (1) 既存文献の調査については、敷地中心から概ね100km以内を対象に、地震活動、歴史地震、測地資料、津波、活断層、変動地形、地質構造、地球物理学的調査研

究等に関する文献・地図等を、調査地域の地形・地質等の特性及び敷地からの距離に応じて収集・整理し、当該地域で発生した、あるいは発生する可能性のある地震について、活断層の性質や地震発生様式等を把握すること。なお、100km以上遠であっても遠方の長大活断層等による敷地への影響が考えられる場合には、これを含め調査すること。

(2) 敷地中心から少なくとも半径 30 km の範囲（以下、単に「半径 30km 範囲」という。）については、既存文献の調査を踏まえ、調査地域の地形・地質等の特性、敷地からの距離や敷地に与える影響に応じ、以下の調査を適切に組み合わせた十分な調査を実施すること。なお、半径 30km 以内であっても敷地への影響が大きいと考えられる活断層の存在が想定される場合には、これを含め調査すること。

① 変動地形的調査においては、地形発達過程（地形の成因を含む。以下同じ。）を重視し、耐震設計上考慮する活断層を認定するための根拠等を明らかにすること。

また、断層通過地点の変動だけでなく、段丘面等に現れている傾動等の広域的な変位・変形も検討対象とすること。

② 地表面調査においては、既存文献の調査及び変動地形的調査の結果を踏まえ、調査地域の広域的な地質・地質構造を把握するための調査を実施するとともに、断層近傍と推定される地域を精査すること。

特に断層露頭や地層が変形している露頭の発見と、その露頭観察による断層活動時期の特定が重要である。こうした露頭と変位地形との位置関係、断層や破碎帯の性状、地層・岩石の変位・変形構造を詳細に把握するとともに、地層及び地形面の詳細な精査を行うことにより断層活動の時期を検討すること。

断層活動の証拠が明確に確認されない地域においては、これをもって直ちに活断層の存在を否定するのではなく、活断層の存否及び活動性の確認について追加調査の実施等、特段の注意を払った検討を行うこと。

また、段丘面等に現れた広域的な変位・変形も調査対象として、これらの地形面の編年に関する詳細な調査を行うこと。

③ 地球物理学的調査においては、調査地域の地形・地質等の特性に応じた適切な探査手法及び解析手法を用い、地下の断層の位置や形状及び褶曲等の広域的な地下構造の解明に努めること。

(3) 調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形的調査、地表面調査、地球物理学的調査等の特性を活かし適切に組み合わせた調査計画に基づき得られた結果を総合的に評価すること。

(解説)

1. 1 既存文献の調査、変動地形的調査、地表面調査、地球物理学的調査

(1) 既存文献の調査においては、調査地域の地震活動やテクトニクスの背景について正確に把握することがまず必要である。調査計画立案に当たっては、当該地域の地質の性質及び地形・地質等の特性を把握し、各調査手法の有効性を検討した上で、適切な調査仕様を決めることが必要である。既存の調査研究成果は、必要に応じて関連する地図、写真等を添付し適切な解説を行い、当該地域の地質の性質を把握する必要がある。

(2) 変動地形的調査においては、リニアメントの明瞭度は活断層の確実度の指標にはならず、地形発達の特徴から地形の成因を考察し、活断層の存在する可能性を検討することが必要である。

広域的な変位・変形とは、沖積面や段丘面、斜面等の地形面の変形（撓曲、傾動、渡状変形）、段丘面から復元される過去の河床線断面の変形、海成段丘面・旧汀線の局所的な高度変化及び堆積物に現れている撓曲構造等の数十メートル～数十キロメートルにわたる変位・変形をいう。

変位・変形の有無の基準となる地形の発達が明瞭でない地域や最近の堆積速度が大きい沖積低地等の地域のように、活断層の認定が容易ではない地域については、特段の注意を払う必要がある。

(3) 地表面調査においては、地表踏査により確認できる範囲が限定的であることを踏まえ、トレンチ調査、ボーリング調査等を適切に組み合わせ、断層の存否及び活動性の解明に努める必要がある。また、信頼性の高い地層の層序区分・編年を行うことが重要である。

長期的・広域的な応力場やテクトニクスにより、多くの活断層は中期更新世以前から活動してきた可能性が高いことから、鮮新世以降に形成された構造を広域的に明らかにすることがよって、後期更新世以降に活動している活断層をより精度良く認定することが望ましい。

また、最新活動時期は、断層変位を受けた地形面・地層と断層変位を受けていない地形面・地層との年代関係から推定できる。

(4) 地球物理学的調査のうち、弾性波探査（反射法弾性波探査、音波探査等を含む。以下同じ。）については、平野等の新しい堆積物の変形を明らかにし、活断層の存否を確認するための透視構造探査と、深部の断層形状や褶曲構造の解明を対象とした深部構造探査があり、探査対象を明確にして、仕様を決めることが重要である。

海域では、地形・地質情報を取得するため、音響測深や弾性波探査等、地球物理学的調査を実施する必要がある。これらの調査によって、地下深部の震源断層の位置や形状に関する情報も得られる可能性がある。

1. 2 陸域・海域の特性を踏まえた調査

(1) 内陸地殻内地震に係る調査

内陸地殻内地震に係る調査については、次に示す各事項の内容を満足していなければならぬ。

① 半径 30km 範囲の陸域の調査

i) 空中写真判読から、活断層、活褶曲、活拗曲、広域的な地形面の変位・変形を認識する場合には、地形発達過程を考慮し、その認識の根拠を明らかにすること。

ii) 広域的な地形面の変位・変形から、地下に伏在する活断層や褶曲の存在が想定される場合には、変動地形的調査・地表地質調査・地球物理学的調査によって、その位置・形状を推定し、その根拠を明らかにすること。

iii) 陸域で活断層の存在が推定された場合、その存在及び形状を確認するため、トレンチ調査、ボーリング調査等の地表地質調査を実施すること。また、必要に応じて深部ボーリングを実施すること。当該活断層から発生する地震の規模を推定するため、活断層の活動区間や変位量を適切に評価すること。

iv) トレンチ調査等は、後期更新世以降の断層活動を認識する最も信頼できる手法のひとつであり、適切な掘削場所の選定が重要である。このため、トレンチ調査により活断層を確認できない場合には、その位置選定が適切であったかを検討し、検討結果を明らかにすること。

v) 段丘面等の高度分布から、後期更新世以降の累積的な変動が明らかでない地域においては、累積的な変動の様式や広がりをもとに沿岸域に活断層が推定される場合がある。このような場合には、適切な調査技術を組み合わせた十分な調査を実施し、地下深部に至る活断層の形状を推定すること。

② 半径 30km 範囲の海域の調査

i) 海域においては、適切な各種の調査技術を組み合わせた十分な調査を実施し、広域的な海底地形と海底地質構造から深部の活断層を含め活断層の位置・形状を推定し、その根拠を明らかにすること。

ii) 海域は基本的には堆積場である場合が多く、海底地形及び地層の変形を広域的に明らかにすること。

iii) 海底下の地層の年代を十分な信頼性をもって決定すること。

(2) プレート間地震に係る調査

プレート間地震に係る調査については、次に示す各事項の内容を満足していなければならぬ。

① プレート間地震は、活動間隔が数百年以内のものも多く、歴史記録から地震規模や震源領域を推定することが可能である場合が多いため、歴史記録等を検討すること。

また、歴史記録が存在しない場合でも、古地質学的調査や考古学的調査等の資料等を検討すること。

② プレート間地震では海底に分岐断層が露出する場合が知られていることから、震源領域や津波の波源域を把握するため、既存の海底地形図及び弾性波探査記録を用いて、分岐断層の分布と形状を検討すること。

③ プレート間地震の起こり方については、海溝に沿う破壊が比較的狭い震源領域で止まる場合と、隣接する震源領域が連動して破壊が広範囲に及び場合があるため、敷地に大きな影響を与える歴史記録のない巨大地震発生の可能性を検討する観点から、敷地周辺における海成段丘面の高度分布や津波堆積物等に関する調査・研究結果を慎重に検討すること。

(解説)

1. 2 陸域・海域の特性を踏まえた調査

(1) 内陸地殻内地震に係る調査

① 半径 30km 範囲の陸域の調査

i) 活断層の存在が推定される場所に連続する自然露頭がある場合を除き、自然露頭調査のみによって活断層の存在を否定することはできない。このため、活断層が推定される場所においてトレンチ調査を行うことが重要である。それが困難な場合には、十分な数量の群列ボーリングやその他の地層確認調査を実施し、活断層や地層の変形帯の全体像を把握することが望ましい。

ii) 鮮新世・更新世の累積的な褶曲運動が推定される地域では、地質構造の詳細な調査を行い、その性状に応じ地下の活断層の推定に努める必要がある。

iii) トレンチ調査においては、活断層が新期堆積物で覆われていることもあるので、適切な掘削深度をとり、堆積物の変形に注意すること。

iv) 活断層の活動性を評価する場合には、調査地点の代表性に注意すること。

② 半径 30km 範囲の海域の調査

i) 調査地域の特性に応じ十分な精度を有する測深調査により、詳細な海底地形図を作成し、変動地形学的な検討を行うことが必要である。また、測深調査では判別が困難な海底面の微細変動地形については、これを把握するための適切な手法での調査を実施することが望ましい。

ii) 海底下の浅部構造が明瞭に把握できる探査法を使用することを基本とする。さらに、必要に応じて深部構造を明瞭に把握できる適切な探査法を使用することが望ましい。

後期更新世以降の地層の変形を確実にとらえるため、調査地域の特性に応じた、十分な精度を有し、明瞭な反射面が得られる探査法を採用することが望ましい。

iii) 反射断層の層序区分は断面の交点全てで矛盾なく行う必要がある。

iv) 海域の活断層の活動性を確認する必要がある場合には、海底ボーリング等により海底地質試料を採取し、堆積層の年代を特定することが必要である。この場合、同等の詳細さを持つ既存文献（海水準変動曲線等）との合理的な対比を用いることもできる。

v) 海底及び沿岸域における地すべりは津波の発生に寄与していることから、地すべりの分布やその規模等に関するデータを取得することが望ましい。

vi) 陸域と海域の境界部においては、適切な調査により、陸域と海域を連続させた地形及び地下構造を把握することが望ましい。これが行えない場合には、境界部の連続地下構造評価の妥当性とその根拠を明示する必要がある。

③ 耐震設計上考慮する活断層の認定やそれ以降の地震動評価において、活断層の性状をできるだけ正確に把握することが必要であり、調査段階において次の点を踏まえつつデータを整備することが望ましい。

i) 活断層の三次元構造を把握することが重要であり、必要に応じて三次元弾性波探査等適切な探査法を使用すること。

ii) 露頭において観察される断層面の傾斜は、必ずしも地下深部の断層面の傾斜と同一ではないこと。

iii) 弾性波探査により得られた反射面の解釈では、物質境界（異なる地層同士が接している境界）が、現在の力学境界（両側の相対的なずれ・変位によって歪みを解消している境界）とは必ずしも一致しない場合があること。

iv) 断層モデルに係る地震動評価に資する観点から、

- ・ アスペリティの位置の推定には、活断層に沿った変位量（平均変位速度）の変化に関する情報が有効であること。

- ・ 破壊開始点の推定には、活断層の分岐形状等の地表形態に注目すること。

(2) プレート間地震に係る調査

地震性地殻変動の累積によって形成された海成段丘面の高度分布や歴史記録等を詳細に検討し、震源領域の推定のため、次の点に留意することが望ましい。

- ・ 沖積平野の干潟や湿地が発達する場所において、湿地堆積物中に砂層が含まれる場合には、その砂が海岸から運搬されたものかどうかを確認するとともに、堆積構造や水平的な広がりがかりから、津波堆積物かどうかを判断すること。

- ・ 巨大地震や津波の規模の評価において、津波堆積物の時代を特定し、津波遡上高（海岸から内陸へ津波がかけ上がる高さ）とその空間的分布を活用すること。

- ・ 津波遡上の位置等に関する情報が含まれていないか、海底地形図と弾性波探査記録を検討すること。

1. 3 耐震設計上考慮する活断層の認定

耐震設計上考慮する活断層の認定については、次に示す各事項の内容を満足していなければならぬ。

(1) 耐震設計上考慮する活断層の認定については、調査結果の精度や信頼性を考慮した安全側の判断を行うこと。その根拠となる地形面の変位・変形は変動地形学的調査により、その根拠となる地層の変位・変形は地表地質調査及び地球物理学的調査により、それぞれ認定すること。

いずれかの調査手法によって、耐震設計上考慮する活断層が存在する可能性が推定される場合は、他の手法の調査結果も考慮し、安全側の判断を行うこと。

(2) 後期更新世以降の累積的な地殻変動が否定できず、適切な地殻変動モデルによっても、断層運動が原因であることが否定できない場合には、これらの原因となる耐震設計上考慮する活断層を適切に想定すること。

(3) 地球物理学的調査によって得られる地下の断層の位置や形状は、変動地形学的調査、地表地質調査によって想定される地表の活断層や広域的な変位・変形の特徵と相互に矛盾のない合理的な説明ができること。

(4) 耐震設計上考慮する活断層の認定においては、一貫した認定の考え方により、適切な判断を行うこと。

(5) 耐震設計上考慮する活断層の認定においては、認定の考え方、認定した根拠及び認定根拠の情報の信頼性等を示すこと。

(解説)

1. 3 耐震設計上考慮する活断層の認定

(1) 半径 30km 範囲の耐震設計上考慮する活断層の認定に当たっては、すべての調査方法で活断層の存在が必ず確認されるとは限らないので、いずれかの調査手法で相当程度の確からしさをもって認定できる場合は、その認定根拠の本質に立ち返って総合的に検討する必要がある。

(2) 基岩からなる山地内の河谷屈曲等が発達する場所、海食台等浸食作用が卓越する場所等については、堆積物の年代により断層運動の時代を特定できない場合でも活断層の存在する可能性を総合的に検討する必要がある。

(3) 顕著な断層隆起によって累積的な変位が認められる地域では、弾性波探査によ

って断層が確認されない場合でも、これを合理的に説明する適切な地形発達過程を検討する必要がある。

また、海底に顕著な変動地形が認められる場合にも、それを合理的に説明できる活断層を想定する必要がある。

(4) 後期更新世以降の地層が局所的に急傾斜している場所については、その地下の比較的浅いところに活断層の存在する可能性を検討する必要がある。

また、広域的な隆起等の変動についての要因を活断層によらないものと判断する際には、その理由を明確にする必要がある。

(5) 後期更新世の地形面や地層が分布しない場合には、さらに古い年代の地形及び地質、地質構造、応力場等を総合的に検討し、耐震設計上考慮する活断層の認定を行う必要がある。

(6) 厚い沖積層が分布する地域や、個々の変動地形が短いか又は不明瞭な地域等のように、活断層を見つけ出すことが困難な特性を持つ地域においては、そのことを念頭において慎重な検討を行うことが望ましい。

2. 敷地周辺の地質・地質構造の調査及び地盤調査

敷地周辺の地質・地質構造、地下構造及び地盤物性等を把握するため、敷地周辺の地質・地質構造の調査及び地盤調査については、次に示す各事項の内容を満足していなければならぬ。

(1) 敷地周辺の調査

敷地周辺の調査は、地域特性や敷地からの距離に応じて、既存文献の調査、既存の坑井子データの収集・分析、地震観測記録の分析、地表地質調査、ボーリング調査、二次元あるいは三次元の物理探査（弾性波探査、電気探査、核層、微動探査、重力探査等）、トレンチ調査等を適切な手順と組合せで実施すること。

(2) 施設の位置における調査

施設の位置における調査は、施設の耐震設計上の重要度に応じて、試験坑調査、ボーリング調査、二次元あるいは三次元の物理探査（弾性波探査、電気探査、核層等）、地盤材料試験（岩石試験、土質試験）、原位置試験（サウンディング、原位置岩盤試験）、トレンチ調査等を適切な手順と組合せで実施すること。また、地下水の状況を明らかにする必要がある場合には、必要な範囲の地形や地下水流

動場を想定して地下水調査を行うこと。

(解説)

2. 敷地周辺の地質・地質構造の調査及び地盤調査

(1) 調査計画立案に当たっては、当該地域の地震の性質及び地形・地質等の特性を把握し、適切な調査範囲、各調査手法の有効性等を検討し、適切な調査仕様を定める必要がある。

(2) 基準地震動 S_s の策定及び入力地震動の評価を適切に行うためには、地震波の伝播特性(増幅特性を含む。以下同じ。)に影響を与える地下構造(地殻・上部マントル構造、地震基盤から地表までの深部・浅部地盤構造)を把握する必要がある。そのため、敷地周辺における地層の傾斜、断層、褶曲構造等の地質構造を把握するとともに、地震基盤の位置や形状、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を把握する必要がある。特に、不整形な地下構造が存在する場合には三次元的な地下構造を把握することが望ましい。浅部地盤では必要に応じて、地盤の非線形応答に関係する地盤の動的変形特性を把握すること。

なお、入力地震動とは、基準地震動 S_s による地震力に対して施設の安全機能が保持できること、建物・構築物が設置される地盤が十分な支持性能を持つこと(以下「建物・構築物の地盤の支持性能」という。)及び施設の周辺斜面で地震時に想定しうる崩壊等によっても施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと(以下「施設の周辺斜面の安全性」という。)を評価する際に用いる地震動であって、基準地震動 S_s に基づくものをいう。

(3) 建物・構築物の地盤の支持性能及び施設の周辺斜面の安全性を評価するに当たっては、適切な解析モデルの作成のため、地質・地質構造や地盤の物理・力学特性等を把握する必要がある。

(4) 建物・構築物の地盤の支持性能の評価に必要な調査について

① 敷地の地質調査においては、断層及び地すべり面の存否確認とその分布・形状、活動性、性状等を調査する必要がある。また、施設に影響を及ぼすおそれのある変動地形や地すべり地形が認められる場合には、詳細に調査を行う必要がある。

② 敷地の地盤については、その後の詳細な調査・試験に利用する基本的な分類を行うために、原則として地質要素に工学的な判断を加えた地盤等級区分を行う必

要がある。

③ 敷地周辺に大規模な断層や褶曲構造等が存在し、地盤内応力がその影響を受けていることが想定される場合には、地盤の初期応力を測定することが望ましい。

④ 建物・構築物が設置される地盤の支持性能に影響を及ぼすと考えられる断層域・碎帯等の弱層は、その形態や性状及び物理・力学特性を詳細に調査する必要がある。

⑤ 建物・構築物の地盤の支持性能の評価に当たっては、必要な範囲の地質・地質構造及び地盤物性を詳細に把握するため、施設の耐震設計上の重要度に応じて、適切な掘削深度のボーリング調査、試験坑調査、地盤材料試験(岩石試験、土質試験)、原位置試験(サウンディング、原位置岩盤試験)等を以下により実施する必要がある。

i) ボーリング調査は、建物・構築物の基礎底面を含む必要な範囲について、適切な深度と本数で実施する必要がある。

ii) 試験坑は、原則として建物・構築物の基礎底面以浅で互いに直交する横坑とし、基礎幅以上の適切な長さとする必要がある。

iii) 原位置試験(サウンディング、原位置岩盤試験)は、地質や地盤の性状を考慮し、試験坑等の適切な位置で行う必要がある。

iv) 室内及び原位置で行う調査や試験は、最新の知見に基づいて実施する必要がある。特に、試験条件は、対象とする地盤の特性を考慮して設定する必要がある。

v) 必要に応じ、最新の手法を用いた高解像度物理探査を実施し、試験坑調査及びボーリング調査等により得られた情報と統合し、敷地内の地盤構造を三次元的に把握することが望ましい。

IV. 基準地震動の策定

1. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

1. 1 検討用地震の選定

(1) 震源として想定する断層の形状等の評価

震源として想定する断層の形状等の評価においては、次に示す各事項の内容を満足していなければならない。

① 内陸地殻内地震においては、複数の連続する活断層や近接して分岐、並走する複数の活断層が運動してより規模の大きな地震を引き起こすことも考慮して、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質学的調査の結果に基づき起震断層を設定すること。

また、長大な活断層（群）において、破壊の開始点とアスペリティとの位置関係等によって、一括放出型地震（起震断層全体の活動による地震）よりも分割放出型地震（起震断層を構成する一部の活断層の活動による地震）の方が数地に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、分割放出型地震に対応する活断層（群）から構成される活動区間を設定すること。

② プレート間地震においては、隣り合う震源領域が運動して、より規模の大きな地震を引き起こすことがあるため、震源領域の最大規模の運動を適切に考慮すること。

また、破壊の開始点とアスペリティとの位置関係等によって、震源領域の最大規模の運動よりも震源領域の単独活動や隣接する一部の震源領域の運動の方が数地に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、震源領域の単独活動や一部の運動を考慮すること。

③ 海洋プレート内地震においては、地震の発生様式が地域によって異なることに留意して、震源領域を設定すること。

(2) 震源特性パラメータの設定

震源特性パラメータの設定に当たっては、最新の知見を十分に考慮・反映するとともに、次に示す各事項の内容を満足していなければならない。

① 内陸地殻内地震の起震断層、活動区間及びプレート間地震の震源領域に対応する震源特性パラメータは、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質学的調査、地球物理学的調査の結果を踏まえ適切に設定すること。

② 震源断層モデルの長さ又は面積、あるいは単位変位量（1回の活動による変位量）と地震規模を関連づける経験式を用いて地震規模を設定する場合には、経験式の適用範囲を十分に検討して行うこと。

③ プレート間地震及び海洋プレート内地震の規模の設定においては、数地周辺に

おいて過去に発生した地震の規模、すべり量、震源領域の広がり等に関する地形・地質学的、地震学的及び測地学的な直接・間接的な情報を可能な限り活用すること。

④ 長大な活断層による地震や孤立した短い活断層による地震の規模は、最新の知見を十分に考慮して設定すること。

(解説)

1. 1 検討用地震の選定

(1) 震源として想定する断層の形状等の評価

① 内陸地殻内地震における起震断層及び活動区間は、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質学的調査、地球物理学的調査の結果の信頼度（確かさ）や精度等を考慮し、地形発達過程、地質構造、断層の活動履歴や単位変位量分布・平均変位速度分布、過去及び現在の地震活動の特徴等を総合して設定する必要がある。また、不連続部の形態、断層の三次元形状や三次元的な断層相互の位置関係、並びに重力異常・地震波速度構造・地殻変動（測地・測量データ）等の地球物理学的データを考慮して設定する必要がある。

② プレート間地震における震源領域は、分岐断層を含む断層の三次元形状、海底地質構造並びに海底の変動地形学的証拠、海岸の隆起・沈降等の変動地形学的証拠、重力異常・地震波速度構造・微小地震分布・発震機構分布・地震時及び地震間の地殻変動等の地球物理学的データを十分に考慮して設定する必要がある。また、震源領域の最大規模の運動は、地震や津波の観測記録及び歴史記録、津波堆積物等の地質学的証拠等に基づいて設定する必要がある。

③ 海洋プレート内地震については、地震の発生様式が太平洋プレート内とフィリピン海プレート内で異なること等を踏まえ、過去に発生した海洋プレート内地震の地域特性を考慮して、震源領域を設定する必要がある。

④ 起震断層、活動区間や震源領域の運動の評価においては、活断層やプレート間地震及び海洋プレート内地震の震源領域に関する調査研究に加え、断層の三次元形状や断層間相互作用に関する最新の知見の収集に努め、評価手法の高度化を図ることが望ましい。

⑤ 起震断層、活動区間や震源領域の活動性は、既存文献の調査、変動地形学的調

査、地殻地質調査、地球物理学的調査の結果に基づく平均変位速度、単位変位量及び活動間隔により推定する必要がある。

(2) 震源特性パラメータの設定

① 既存文献の調査、変動地形学的調査、地殻地質調査、地球物理学的調査によって得られた個々のデータや結果については、信頼度、精度、空間代表性等を評価し、震源特性パラメータの設定に反映させる必要がある。空間代表性は、震源特性パラメータの設定に大きな影響を与えることから、個々のデータについて慎重に検討して評価する必要がある。

② 最大の活断層の地震規模の設定においては、世界の最大の活断層帯や海溝周辺で発生した地震のデータを含む経験式や、断層の運動時の地震規模推定に関する様々なモデルと、既存文献の調査、変動地形学的調査、地殻地質調査、地球物理学的調査の結果を比較し、検討対象の震源断層に最も適切と判断される経験式やモデルを適用する必要がある。

③ 孤立した短い活断層については、地表で認められる活断層の長さが必要しも震源断層の長さを示さない可能性があることから、対象地域での地震発生層の厚さ、地震発生機構、応力場等に関する最新の知見を十分に考慮して、その地域において発生する地震の規模を設定する必要がある。

1. 2 地震動評価

地震動評価においては、次に示す各事項の内容を満足していなければならない。

(1) 応答スペクトルに基づく地震動評価

① 応答スペクトルに基づく地震動評価は、用いられている地震記録の地震規模、震源距離等から、適用条件、適用範囲について検討した上で、参照する経験式を選定して適切に行うこと。

② 水平及び鉛直地震動の応答スペクトルは、参照する経験式の特徴を踏まえ、敷地周辺の地下構造に基づく地震波の伝播特性の影響を考慮して評価すること。

③ 応答スペクトルから時刻歴波形を作成する場合は継続時間や振幅包絡線の経時変化については、地震の規模及び震源と敷地との距離等を考慮して設定すること。

(2) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

① 観測記録がある場合には、記録の精度や想定する震源断層の特徴を踏まえ、要素地震としての適切性について慎重に検討した上で、経験的グリーン関数法による地震動評価を行うこと。

② 統計的グリーン関数法及びハイブリッド法（理論的手法と統計的あるいは経験的グリーン関数法を組み合わせたものをいう。以下同じ。）による地震動評価においては、地質・地質構造等の調査結果に基づき、各々の手法に応じて地震波の伝播特性を適切に評価すること。

(3) 不確かさ（ばらつき）の考慮
不確かさ（ばらつき）を考慮した地震動評価においては、震源断層モデルの不確かさ（ばらつき）を考慮したパラメータについて、その設定の考え方を明確にする。

(解説)

1. 2 地震動評価

(1) 応答スペクトルに基づく地震動評価

① 応答スペクトルに基づく地震動評価においては、参照する経験式に応じて、適切なパラメータを設定する必要がある。

また、震源断層の不均質性、断層破壊の伝播や震源メカニズムの影響を適切に考慮することが望ましい。

② 敷地における地震観測記録が存在する場合には、それらを収集・整理・解析し、地震の発生様式や地域性を考慮して地震波の伝播特性の影響を評価し、応答スペクトルに反映させることが望ましい。

(2) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

① 地下構造モデルを作成する際には、震源領域から解放基盤表面までの地震波の伝播特性に影響を与える地殻・上部マントル構造、地震基盤から解放基盤表面までの深部地盤構造を考慮して、地震波速度及び減衰定数等を設定する必要がある。特に、検討用地震としてプレート間地震及び海洋プレート内地震が選定された場合には、そのプレート構造を考慮する必要がある。

② 経験的グリーン関数法を適用する場合には、観測記録の得られた地点と解放基盤表面との相違を適切に評価する必要がある。

③ 経験的グリーン関数法に用いる要素地震については、地震の規模、震源位置、震源深さ、メカニズム等を考慮し、それらの各種パラメータの妥当性を確認する必要がある。

④ 統計的グリーン関数法を用いる場合には、対象とする地震の震源特性や伝播特性等を考慮して、要素地震の位相特性、経時特性、振幅特性を適切に設定する必要がある。

⑤ ハイブリッド法を用いる場合の長周期側と短周期側の接続周期は、それぞれの手法の精度や用いた地下構造モデルを考慮して適切に設定する必要がある。また、地下構造モデルは、地震観測記録等によってその妥当性を確認することが望ましい。

⑥ 経験的グリーン関数法、統計的グリーン関数法、ハイブリッド法以外の手法を用いる場合には、その手法の妥当性を、研究事例等により示すことが必要である。

(3) 不確かさ (ばらつき) の考慮

震源断層モデルの不確かさ (ばらつき) を考慮する場合には、敷地における地震動評価に大きな影響を与えられ、支配的なパラメータについて分析し、その結果を地震動評価に反映させることが必要である。特に、断層モデルを用いた手法による地震動評価では、アスペリティの位置・応力降下量や破壊開始点の設定等が重要であることに留意すること。

2. 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の観測記録を基に策定する必要がある。しかし、現時点では利用できる観測記録が少ないことから、最新の知見に照らして個別にその妥当性を確認しなければならぬ。

(解説)

2. 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は、最近の観測記録等を踏まえ、その妥当性が検証されていることが望ましい。しかし、十分な観測記録が得られない場合には、最新の知見に基づき検討により妥当性が確認されている必要がある。例えば、地震調査研究

推進本部による「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大規模等を参考に、当該地域の地震発生様式から設定した地震規模の震源断層を想定し、震源近傍の面的な地震動評価を行い、その地震動レベルから妥当性を確認すること等が参考例として挙げられる。

3. 基準地震動の評価

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の評価結果を踏まえて適切に策定されていること。

(解説)

3. 基準地震動の評価

(1) 応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地震動 S_s は、検討用地震ごとに評価した応答スペクトルを下回らないように設計用応答スペクトルを設定し、継続時間、振幅包絡線の経時的変化を考慮して策定する必要がある。

(2) 断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果が、応答スペクトルに基づく地震動評価の結果と比較して全周期帯にわたって小さい場合には、応答スペクトルに基づく地震動評価により策定した基準地震動 S_s で代替させることができる。

4. 入力地震動

基準地震動 S_s に基づき入力地震動を評価するに当たっては、解放基盤表面からの地震波の伝播特性を適切に考慮すること。

(解説)

4. 入力地震動

(1) 入力地震動の評価に当たって地震波の伝播特性を考慮する際には、敷地周辺の地質・地質構造の調査及び地盤調査の結果に基づき、地盤の物理・力学特性等を適切に設定する必要がある。

(2) 入力地震動については、その妥当性を敷地における観測記録や最新の知見に基づいて確認することが望ましい。

(3) 入力地震動がどのような地震動レベル、特性等であるかを把握することは施設耐震安全性の確保の観点から重要であることから、入力地震動が原子炉の設置許可申請段階で評価されていることが望ましい。

V. 建物・構築物の地盤の支持性能の評価

建物・構築物が設置される地盤は、想定される地震力及び地震発生に伴う断層変位に対して十分な支持性能をもつ必要がある。

建物・構築物の地盤の支持性能の評価においては、次に示す各事項の内容を満足していなければならない。ただし、耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認された場合、その直上に耐震設計上の重要度分類Sクラスの建物・構築物を設置することは想定していないことから、本章に規定する事項については適用しない。

(解説)

上記ただし書については、耐震設計上の重要度分類Sクラスの建物・構築物の真下に耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認される場合、その活断層の将来の活動によって地盤の支持性能に重大な影響を与えるような断層変位が地表にも生じる可能性を否定できないことから、そのような場所における当該建物・構築物の設置は想定していないという趣旨である。なお、地震を発生させる断層（主断層）と構造的に關係する副断層についても、上記ただし書を適用する。

1. 建物・構築物の地盤の支持性能の評価の考え方

- (1) 建物・構築物の地盤の支持性能は、施設の耐震設計上の重要度に応じて地盤モデル、地盤パラメータ、地震力及び地震発生に伴う断層変位を適切に設定し、解析により評価すること。
- (2) 建物・構築物が設置される地盤が第四紀層等の砂地盤又は砂礫地盤で地下水位が高い場合には、液状化の可能性を考慮した検討を行うこと。

(解説)

1. 建物・構築物の地盤の支持性能の評価の考え方

(1) 地震力に対する評価は、地震時の動的な地震動効果を静的な地震力として作用させる静的な解析（以下単に「静的な解析」という。）と動的な地震動効果を直接作用させる動的な解析によって総合的に行う必要がある。

(2) 地震力は、以下により設定して用いる必要がある。

- ① 入力地震動は、水平及び上下方向の基準地震動 S_s を基に設定し、それらを同時に解析モデルに作用させる。
- ② 静的な解析においては、基準地震動 S_s を基に地盤の振動応答性状を考慮できる適切な方法により水平及び上下方向の地震力を各々算出し、境界条件を考慮して水平・上下別々に作用させる。

(3) 地震発生に伴う断層変位に対する評価において、地震を発生させる断層（主断層）と構造的に關係する副断層についても、その変位に關しては、主断層と同様の取扱いを必要とする必要がある。

(4) 地震発生に伴う断層変位に対する評価に当たっては、その断層変位により建物・構築物が設置される地盤に生じる変位・変形を数値計算等によって評価する必要がある。その際、過去に生じた地形面や地層の変位・変形に関するデータを活用することにより、数値計算等の妥当性が確認されていることが望ましい。

なお、調査・試験によって適切なデータが得られていない場合には、不確かさ（ばらつき）を考慮してパラメータが設定されていること及びその設定の考え方を明確にすることが必要である。

2. 建物・構築物が設置される地盤のモデル化

- (1) 建物・構築物が設置される地盤については、地盤等級区分、各種の調査や試験の結果に基づいて、地盤の構造、境界条件、境界条件・力学特性（動的及び静的）等を適切にモデル化すること。
- (2) 建物・構築物が設置される地盤の力学的な構成關係及びそれに含まれる地盤パラメータは、調査・試験の結果に基づいて適切に定めること。

(解説)

2. 建物・構築物が設置される地盤のモデル化

- (1) 敷地の調査に基づいて地盤の力学特性をモデル化するには、最新の知見に基づいて行う必要がある。
- (2) 試験結果における試料や試験地盤の乱れの影響、岩盤の力学特性における異方性、不連続面、不均質性の影響等を考慮して力学的な地盤パラメータを設定する必要がある。
- (3) 建物・構築物の地盤の支持性能の評価に際しては、調査・試験結果の不確かさ(ばらつき)を適切に考慮し、地盤のモデル化に反映する必要がある。また、建物・構築物の地盤の支持性能に影響を及ぼすと考えられる断層破砕帯等の弱層については、特に力学特性の不均質性を考慮して評価する必要がある。
- (4) 複数の調査や試験の結果によって同一の力学特性が評価される場合には、最新の知見に基づいて、これらの結果を可能な限り合理的に説明することが望ましい。

3. 建物・構築物の地盤の支持性能の評価の方法

建物・構築物の地盤の支持性能の評価に当たっては、地盤の変位・変形、地盤要素の応力やひずみの状態等を考慮して、地盤の支持力、地盤内のすべり、建物・構築物基礎の沈下及び傾斜等について、解析の結果に基づき評価すること。

(解説)

3. 建物・構築物の地盤の支持性能の評価の方法

- (1) 建物・構築物が設置される地盤の支持力に対する評価は、原則として、解析の結果に基づき、地盤の接地圧及び不安定領域の分布・性状を考慮して行う必要がある。
- (2) 建物・構築物が設置される地盤内のすべりに対する評価は、解析の結果に基づき、地盤のすべり安全率により行う必要がある。
- (3) 建物・構築物基礎の沈下及び傾斜に対する評価では、解析の結果に基づき、施設の安全機能に重大な影響を及ぼすような建物・構築物基礎の沈下及び傾斜が生じないことを確認する必要がある。

(4) 地震発生に伴う断層変位に対する建物・構築物の地盤の支持性能の評価において

ては、地盤の鉛直断面内の変位が施設に及ぼす影響のほか、断層変位に横ずれ成分がある場合には、水平面内の変形が施設に及ぼす影響も評価する必要がある。

- (5) 建物・構築物が設置される地盤の支持性能の評価を原位置試験(サウンディング、原位置岩盤試験)の結果に基づいて行う場合には、寸法効果の影響を考慮する必要がある。

VI. 地震随伴事象に対する考慮

地震随伴事象については、次に示す各事項の内容を満足していなければならない。

1. 施設の周辺斜面の安全性の評価

施設の周辺斜面の安全性に関しては、解析結果に基づき、地質・地盤の構造、地盤等級区分、液状化の可能性等を考慮して、すべり安全率等により評価すること。この際、評価に用いる地盤モデル、地盤パラメータや地震力の設定等は、「V. 建物・構築物の地盤の支持性能の評価」に準じて行うこと。

(解説)

1. 施設の周辺斜面の安全性の評価

- (1) 評価の対象は、斜面の法戻と施設との離間距離が、約50m以内あるいは斜面の高さの約1.4倍以内にある斜面とする。
- (2) 施設の周辺斜面の安全性の評価に当たっては、地下水調査及び降雨の計測を行い、周辺の地下水流動場及び発生する可能性が高い降雨強度等を適切に考慮して地下水位を想定する必要がある。

2. 津波に対する安全性の評価

施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性がある想定すること、適切な津波(以下「想定津波」という。)による水位変動及び砂移動等について、妥当性を確認した数値計算等を用いて適切に評価し、施設の安全機能が重大な影響を

受けるおそれがないことを確認すること。

(解説)

2. 津波に対する安全性の評価

- (1) 数値計算等の妥当性の検討においては、敷地周辺に到達したと考えられる既往津波の再現性を確認する必要がある。
- (2) 津波波源を規定する各パラメータは、想定津波において種々の不確かさ（ばらつき）が存在することから、合理的な範囲で幅を持たせる必要がある。
- (3) 既往津波の調査、想定津波の設定、数値計算法、パラメータスタディ、津波波源の不均一性、数値津波水位及び砂移動の評価等については、最新の知見を十分に反映させる必要がある。

Ⅷ. 調査に関する信頼性等

調査に関する信頼性等については、次に示す各事項の内容を満足していただけない。

1. 調査に関する信頼性

- (1) 調査手法については、技術進歩を踏まえつつ新しい手法の適用の妥当性を検討した上で、適用条件及び手法の精度等を考慮し、適切なものが選択されていること。
- (2) 空中写真、断層露頭やトレンチ壁面等の写真やスケッチ、弾性波探査記録、試掘坑調査のスケッチ、地盤材料試験（岩石試験、土質試験）・原位試験（サウンディング、原位置岩盤試験）の結果、ボーリング柱状図等の調査原資料は、調査目的に応じた十分な精度と信頼性を有していること。

(解説)

1. 調査に関する信頼性

- (1) 調査結果については、各種資料が十分な精度と信頼性を有していることを示す

必要がある。

- (2) 安全審査に当たっては、できる限り原資料を確認することが望ましい。

2. 調査結果の表示

- (1) 敷地周辺の地質・地質構造の調査及び地盤調査の結果により作成された地質平面図、地質断面図及び速度構造図等は、それらの調査において実施した各種調査や試験の結果等に基づき適切に表示されていること。
- (2) 建物・構築物が設置される地盤の詳細な地質・地質構造を把握するための調査が複数の手法によって実施される場合には、それぞれの調査及び試験の結果が適切に反映された地質平面図、地質断面図、地盤等級区分断面図が表示されていること。

(解説)

2. 調査結果の表示

- (1) 活断層、活褶曲、活褶曲、広域的な地形面等の変位・変形を総合的に把握できるように、これらに関する調査結果等を適切に取りまとめた図を整理して作成する必要がある。
また、活断層は、中期更新世以前に活動した断層や褶曲と関連する場合もあるため、これらの情報を明記した図を作成することが望ましい。
- (2) 評価の際に用いる資料の縮尺等については、以下を原則とする。
 - ① 半径 30km 範囲に関する調査結果をまとめた図は、原縮尺 20 万分の 1 以上で作成する。
 - ② 活断層等に関する調査結果をまとめた図は、調査地域ごとに原縮尺 2 万 5 千分の 1 以上で作成する。
 - ③ 断層露頭及びトレンチ壁面のスケッチや写真は、原縮尺 20 分の 1 以上で作成する。
- (3) 陸域・海域の弾性波探査記録の断面図は、地質構造を解釈する上で適切な縮尺や縦横比で作成することが必要である。その際、多重反射やノイズの除去処理等のデータ処理を必要に応じて適切に行うこと。
- (4) 炉心予定位置より少なくとも半径 1km の範囲については、原縮尺 5 千分の 1

以上で作成された地質平面図及び鉛直地質断面図(少なくとも直交2方向又はこれに準ずる2方向)として表示することが必要である。

(5) 建物・構築物が設置される地盤については、原則として施設の基礎底面レベルにおける原縮尺千分の1以上で作成された水平地質断面図・水平断面地盤等級区分図(それぞれ少なくとも1つずつ)及び炉心予定位置を通り互いに直交する同縮尺の鉛直地質断面図・鉛直断面地盤等級区分図(それぞれ2つ以上)を表示する必要がある。

(6) 試験坑での調査結果について、岩石等の種類、地質境界、断層・破砕帯等の分布・規模・性状・連続性、風化や変質の状況、地盤等級区分等が表示された原縮尺百分の1程度の試験坑展開図を示す必要がある。

(7) ボーリング調査結果として、岩石等の種類、風化や変質の状況、破砕帯・節理等の分布・規模・性状・連続性、地盤等級区分、コアの採取状況、地下水理特性等が表示されたボーリング柱状図を示す必要がある。

(8) 地盤材料試験(岩石試験、土質試験)及び原位置試験(サウンディング、原位置岩盤試験)の結果は、適切な図表等で示す必要がある。なお、断層破砕帯等の弱層については、試料を採取した地盤や試験地盤の性状等を示すこと。

(9) 建物・構築物が設置される地盤については、地盤等級区分に応じた地盤の物理・力学特性を適切な図表等で表示する必要がある。

Ⅳ. 「残余のリスク」について

「残余のリスク」の存在を客観的に認識し、合理的に実行可能な方策により耐震安全性向上を目指す観点から、「残余のリスク」に対する定量的な評価の試行的実施を進めつつ、知見の取得に努め、設計体系の高度化や設計段階以降における活用を図ることが有効である。また、「残余のリスク」について定量的な評価を実施することは、将来の確率論的安全評価の安全規制への本格的導入の検討に活用する観点からも意義がある。

(解説)

Ⅳ. 「残余のリスク」について

耐震設計審査指針では、策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを把握しておくことが望ましいとの観点から、超過確率を安全審査において参照することとしている。これについては、最新の知見に基づき確率論的地震ハザード解析による超過確率別スペクトルが参考情報となり得る。

なお、「参照」とは、基準地震動 S_s の策定に関して、その超過確率を原子炉の設置許可申請書に明記し、安全審査の参考情報として活用することである。