

(3) 震源から敷地直下までの地震波の伝播過程の評価

断層モデルを用いた手法では、震源から解放基盤表面^{*4}までの伝播特性を評価することが必要である。伝播特性を評価するに当たっては、量子物理学、電気磁気学等の波動を扱う自然科学分野においてグリーン関数^{*5}が広く用いられている。地震動も波動であることから、地震本部や中央防災会議においても、伝播過程を評価する際にグリーン関数を採用している。強震動予測においては、グリーン関数の設定方法として、経験的グリーン関数法及び統計的グリーン関数法が広く用いられている。

経験的グリーン関数法は、伝播過程を評価するために想定する断層の震源域において、実際に発生した中小地震の敷地における観測波形を要素波（グリーン関数）として、想定する断層の破壊過程に応じて足し合わせることで、大きな地震による地震動を計算する方法である。本手法を用いるためには、あらかじめ評価地点における適切な観測記録を入手する必要がある。

統計的グリーン関数法は、多数の観測記録を統計処理した結果をもとに平均的特性を持つ波形を算出し、当該波形を要素波として、大きな地震による揺れを計算する方法である。本手法は、評価地点における観測記録をあらかじめ入手する必要はないが、評価地点固有の特性に応じた震動特性が反映されにくい

*4 解放基盤表面については、「§ 5 5-3 5-3-1」脚注 10 参照。

*5 グリーン関数とは、物理の分野において、波動による伝播過程などを表現することに用いられており、地震の分野においても、一般的に震源に単位の力が作用したときの観測点での応答としてみなすことができる。その応答には地下構造の影響がすべて含まれている。グリーン関数が事前に求められていれば、震源に作用する力さえわかれば、グリーン関数を重ね合わせて観測点での応答が計算できる。このことを図 1において説明すると、例えば「破壊範囲 A」が破壊することにより生じた地震波が地表まで伝播し（②の破壊範囲 A から地表に向かう波線）、評価地点において観測された地震波（③の「破壊範囲 A による評価地点での揺れ」）は、その発震機構や伝播経路を大きな地震に伴う中小地震の観測波形をグリーン関数とみなすことで、これを重ね合わせて地震の波形として合成した応答として扱うことができる。なお、このグリーン関数に、実際の小規模地震の観測記録を補正して用いるのが「経験的グリーン関数法」であるが、その場合、小規模地震の観測記録には既に当該地域の伝播特性等が自然に含まれているため、重ね合わせることで適切に強震動の評価ができる。他方、適切な小地震記録がない場合には、他の地点で得られた多数の強震記録を統計処理して評価した模擬地震波をグリーン関数とする「統計的グリーン関数法」が用いられる。

とされている。なお、伝播過程を評価するため、地震波が伝播していく媒介（媒質）におけるエネルギーの減衰特性を示す「Q値（Quality factor）」や速度構造を適切に設定することとなる。

(4) 震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価

内陸地殻内地震について、震源が敷地に極めて近い場合には、前記（1）～（3）に加え、より詳細な検討を行った上で基準地震動を策定することが求められている（設置許可基準規則の解釈別記2の5二⑥及び「地震動審査ガイド」）。震源が敷地に極めて近い場合において、より詳細な検討を行うよう求めているのは、地下構造の不均質性が地震波の伝播特性に対し、より大きな影響を与える可能性があり、かつ、内陸地殻内地震は再来期間が長く震源極近傍の観測記録が十分に得られていないことなどから、評価手法に不確定性が伴うからである。

このようなことから、設置許可基準規則では、震源が敷地に極めて近い場合における地震動評価については、例えば、地表に変位を伴う断層全体を考慮した上で、震源モデルの形状及び位置の妥当性、敷地及びそこに設置する施設との位置関係、並びに震源特性パラメータの設定の妥当性について詳細に検討するとともに、これらの検討結果を踏まえた評価手法の適用性に留意して評価するよう求めている。その場合、各種の不確かさが地震動評価に与える影響をより詳細に評価し、震源の極近傍での地震動の特徴に係る最新の科学的・技術的知見を踏まえ、さらに十分な余裕を考慮して基準地震動を策定することも求めている（設置許可基準規則の解釈別記2の5二⑥及び「地震動審査ガイド」）。また、地震動審査ガイドにおいても、上記規制基準の要求事項に係る具体的な確認事項が示されている（地震動審査ガイドI. 3. 3. 2 (4) ④）。

以上により、震源が敷地に極めて近い場合においても、適切な基準地震動が策定されることとなる。

なお、震源極近傍の地震動評価に関しては、地震発生層より浅部における断層のずれによる長周期地震動や地表変位の発生、震源断層の破壊伝播効果が地震動へ与える影響等について多くの研究がなされており、重要な知見については審査において活用している。

(5) 断層モデルを用いた手法による基準地震動

断層モデルを用いた手法では、アウトプットとして、時刻歴波形が計算される。具体的には、検討用地震ごとに、各種の不確かさを考慮して評価した地震動の時刻歴波形から、応答スペクトル（以下の「一つ目」）を算出する。さらに、施設に与える影響の観点から、地震動特性（周波数特性、継続時間等）を考慮して、別途評価した応答スペクトル（以下の「二つ目」）との関係を踏まえつつ複数の地震動評価結果から適切なものを基準地震動として策定する（地震動審査ガイド I. 5. 2 (2))。

なお、ここでは「応答スペクトル」という用語が2回出てくるが、両者が意味するものは異なる。一つ目は、いろいろな固有周期^{*6}を持つ構造物等に対して、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」で得られた地震波形（例えば図1の④）が生じた最大応答加速度を周期ごとに図示した応答スペクトルを意味しており、あくまで「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の結果である。二つ目は、先に5-3-4において説明した、「応答スペクトルに基づく地震動評価」により得られた応答スペクトルを意味している。このほか、耐震設計の場面でも、また異なる意味で「応答スペクトル法」という言葉が用いられていることから、各々の「応答スペクトル」の用語の意味や違いについて、後に5-3-6において詳述する。

*6 物体が自由振動するときの周期であり、物体の質量が大きく剛性が小さいほどゆっくり振動する。

3 断層モデルを用いた手法による地震動評価の特徴

(1) 経緯と概略

地震動評価手法について、従来は応答スペクトルに基づく評価が中心であったが、原子力安全委員会における平成18年の耐震設計審査指針改訂に係る調査審議において、近年技術的進歩が著しい強震動予測手法としての断層モデルを用いた手法が、並列的に採用された。

応答スペクトルに基づく地震動評価では、多くの地震観測データに基づいて策定され、数少ないパラメータで評価する一方、断層モデルを用いた手法による地震動評価では、断層面積、傾斜角等の断層形状のみならず、破壊開始点、アスペリティ等の破壊のメカニズムも考慮して評価する。具体的には、断層モデルを用いた手法による地震動評価では、断層全体の形状や規模を示す巨視的震源特性、アスペリティ等の震源断層の不均質性を示す微視的震源特性、破壊過程等のその他の震源特性を考慮した震源特性パラメータを設定することにより、詳細な地震動評価が可能である。こういった点から、改訂耐震設計審査指針では、震源が評価対象地点に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法による地震動評価を重視すべきであるとした。

(2) 断層モデルを用いた手法による地震動評価手法の検証

上記2(1)で述べたように、地震動審査ガイドでは、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う際の震源特性パラメータについては、レシピ等の最新の研究成果を考慮し設定することとしている。

レシピは、地震本部地震調査委員会において実施してきた強震動評価に関する検討結果から、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造モデル、強震動計算、予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定に当たっての考え方について、「震源断層を特定した地震を想定した場合の強

震動を高精度に予測するための、「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な方法論」を確立することを目指してとりまとめられたものである（レシピ1ページ）。

地震本部地震調査委員会は、レシピの策定に当たり実際に発生した平成12年鳥取県西部地震及び平成17年福岡県西方沖地震等の観測波形と、これらの地震の震源像を基にレシピを用いて行ったシミュレーション解析により得られる理論波形を比較検討した結果、整合的であったことが確認されている（レシピ1ページ、地震本部地震調査委員会強震動評価部会による検証結果⁷）。

これによって、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の合理性が裏付けられている。

*7 地震本部地震調査委員会強震動評価部会による検証結果は、以下のとおり。

- ①「鳥取県西部地震の観測記録を利用した強震動評価手法の検証について」（平成14年10月31日公表）
- ②「2003年十勝沖地震の観測記録を利用した強震動予測手法の検証について」（平成16年12月20日公表）
- ③「2005年福岡県西方沖の地震の観測記録に基づく強震動評価手法の検証について」（平成20年4月11日公表）

§ 5 5-3 地震

5-3-6 「応答スペクトル」という用語は、様々な場面で用いられるが、それぞれどのような意味なのか。

1 はじめに

「応答スペクトル」という用語は、前記 5-3-5 の 2 (5) のとおり、様々な場面で用いられるが、その使われ方は場面によって異なる。ただし、「応答スペクトル」の意味そのものは同じであるから、以下では、まず「応答スペクトル」とは何かについて説明する。

2 応答スペクトルの概要

地震波形には種々の周期の波が含まれており、地震工学では、地震動による構造物の応答の最大値を固有周期ごとに表す「応答スペクトル」(図 1) が用いられている。

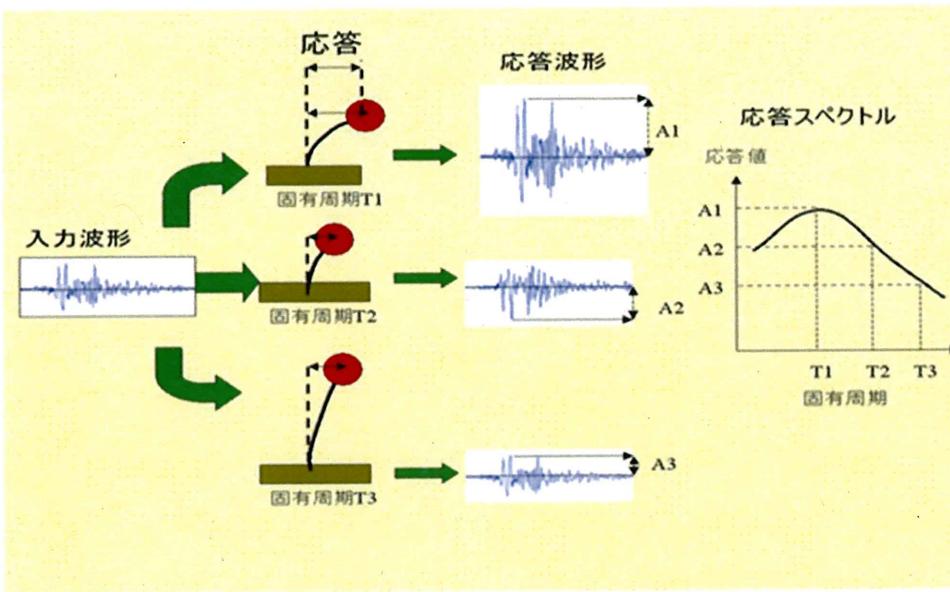


図1 応答スペクトルの概念図（出典：気象庁ホームページ）

構造物はその質量と剛性により定まる固有周期を有し、構造物に作用する地震動の周期が固有周期に近いほど、構造物の揺れ（応答）が大きくなる（所謂「共振」）特徴がある。応答スペクトルは、地震動に対してどのような固有周期を持つ構造物が揺れやすいかを表しており、減衰定数（揺れが時間とともに弱まっていく程度を示す定数）が同じ種々の固有周期を持つ振り子（1質点系）に地震波が作用したときの各振り子の最大応答値をプロットしたものである。

上記図1で説明すると、地震波（入力波形）が固有周期T1を持つ振り子に作用した際には、その揺れが応答波形として現れ、その最大の揺れ（応答）がA1となる。固有周期がT2やT3であれば、その応答もそれぞれA2、A3となる。この応答を、固有周期毎にグラフ化すると、応答スペクトルの図となるというものである。

応答スペクトルは、固有周期の異なる種々の構造物の揺れの最大値を一目で把握できるという利点がある反面、地震動の時間的変化に関する情報を示すことはできない。

「応答スペクトル」は、基準地震動^{*1}の策定や耐震設計において、以下の①～③のような使われ方をする。

① 「応答スペクトルに基づく地震動評価」

「応答スペクトルに基づく地震動評価」とは、前記 5-3-4 のとおり、過去の地震の地震規模（マグニチュード）及び震源から観測点までの距離（震源距離）と地震による構造物の揺れの大きさ（応答スペクトル）の関係などから導かれた回帰式（距離減衰式）により応答スペクトルを作成する方法である。

この方法は、図 1 の右に示したような応答スペクトル（設計用応答スペクトル）を、過去の地震による観測波形から計算した応答スペクトルの統計解析に基づいて、地震動の時刻歴波形を介すことなく直接求めるものである。このように応答スペクトルを直接的に求める手法であることから、「応答スペクトルに基づく地震動評価」と呼ぶが、「距離減衰式に基づく地震動評価」とも呼ばれる。そして、基準地震動の策定においては、応答スペクトルから模擬地震波（時刻歴波形）を作成することになる（図 2 (a) 参照）。

② 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」とは、前記 5-3-5 のとおり、設定した断層モデルを用いて数値解析を行い、合成地震波（時刻歴波形）を求める手法である（5-3-5 図 1 参照）。この合成地震波（時刻歴波形）について、図 1 の矢印に沿う過程（左から右）で周期ごとの最大応答値をスペクトルで示したものが、応答スペクトルである（図 2 (b) 参照）。

このように、「応答スペクトルに基づく地震動評価」においては、まず応

*1 基準地震動については「§ 5 5-3 5-3-2」参照。

答スペクトルを求めた上で、これに基づき模擬地震波（時刻歴波形）を作成するのに対し、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」においては、数値解析により求めた時刻歴波形の作用による構造物の揺れの最大値を応答スペクトルで示すことになる（図2）。この双方の応答スペクトルを比較・検討し、基準地震動を策定することになる（地震動審査ガイドI.5.2(2)）。

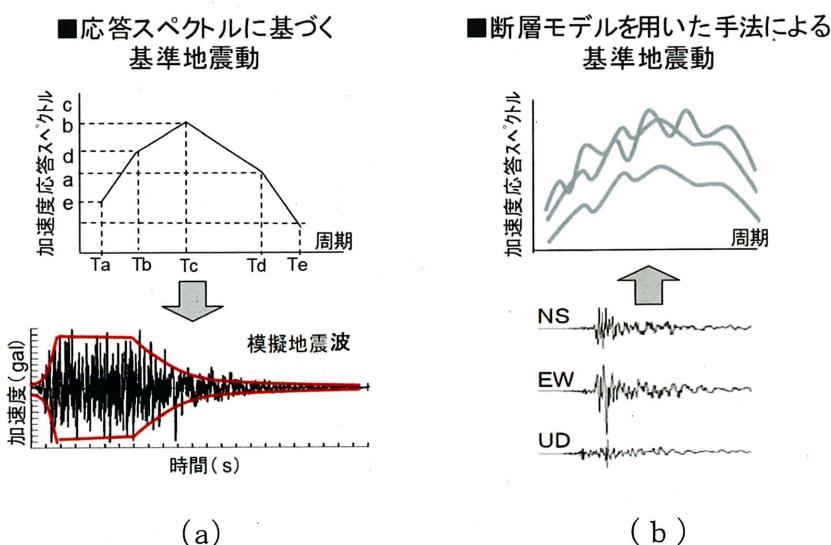


図2 「応答スペクトルに基づく地震動評価」から時刻歴波の作成及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」から応答スペクトルの作成

③ 「応答スペクトル法」

上記①及び②は、基準地震動策定において、「応答スペクトル」という用語が用いられる場面だが、耐震設計においても「応答スペクトル法」との用語が用いられる。

「応答スペクトル法」とは、1質点系のモデル（図3左のような質量を示す点が1つのモデル）の応答スペクトルを用いて多質点系（図3右のような質量を示す点が複数のモデル）のモデルの地震時の応答を推定する方法である。地震力の算定に応答スペクトルを用いることから、「応答スペクトル法」と呼ばれている。具体的には、応答スペクトルとは、図1のように1質点で

表される単純な構造物の最大応答値を示しているにすぎないが、実際の構造物では多質点系で近似される場合もあるので、応答スペクトルを使って、多質点系の最大応答を推定するという方法である。

なお、応答スペクトル法による構造物の応答値は、時刻歴解析法に比べて計算効率が良く、大きな応答値を与えることが知られている。

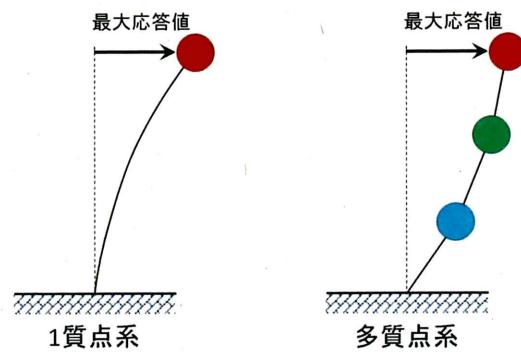


図3 1質点系と多質点系のイメージ

§ 5 5-3 地震

5-3-7 震源を特定せず策定する地震動とは、具体的にどのようなものなのか。

1 基準地震動の策定に当たっての考慮

基準地震動は「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」について策定することを求めている（設置許可基準規則の解釈別記2の5一）。

「震源を特定して策定する地震動」の震源としての活断層について評価を行うにあたっては、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、地質調査及び地球物理学的調査を適切に組み合わせて十分な調査が実施されていることを確認することとしている。これは、震源が敷地に近いほど、影響が大きくなる可能性が大きいことによる。

より敷地に与える影響が大きい敷地近傍においては、精度の高い詳細な調査を実施した上で、それでもなお、敷地近傍の断層への考慮に万全を期すとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」によって相補的に考慮されている。

2 震源を特定せず策定する地震動を設定することを要求事項に組み込んだ経緯

(1) 昭和56年耐震設計審査指針

「基準地震動 S_2 には直下地震によるものもこれに含む」と規定されており、その直下地震の規模 ($M = 6.5$) が規定されていた。その背景には、以下のような事情があった。

- ① $M = 6.5$ 以下の地震は、活断層等の地震による特有の地形が地表で認められない場合が多い。
- ② もし仮に敷地近傍で、ある程度の規模の地震があったとしても安全性が

保てるよう、念のためM=6.5の（仮想）地震を設定（工学的判断）。

（2）改訂耐震設計審査指針

平成18年の改訂耐震設計審査指針においては、以下の点が踏まえられ、「直下地震」の規定が、「震源を特定せず策定する地震動」に置き換えられた。

- ① 活断層の評価技術の発展による詳細な活断層評価を前提とし、その詳細な調査によっても震源を事前に特定できないと判断した地震により観測された硬質岩盤上の観測記録が蓄積された。
- ② 地震規模ではなく地震動を規定することや、地震動強さの設定に際し、観測記録の選定の考え方を規定することにより、要求事項のより一層の明確化を図る。
- ③ 申請時点における最新の知見に照らし個別に確認するべしとし、最新知見の適切な取り入れをあらかじめ要求している。

「震源を特定せず策定する地震動」は、敷地周辺の状況等を十分に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の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果に関わらず、全ての申請において共通的に考慮すべき地震動との位置づけで規定したものである。

（3）新規制基準

新規制基準においては、上記の改訂耐震設計審査指針で規定されていた考え方を踏襲し、策定方針を明確化した。具体的には、

- ① 解放基盤表面^{*1}までの地震波の伝播特性を必要に応じて応答スペクトルの設定に反映するとともに、設定された応答スペクトルに対して、地震動

*1 解放基盤表面については、「§5 5-3 5-3-1」脚注10参照。

の継続時間及び振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性を適切に考慮すること

② 「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動の妥当性については、申請時における最新の科学的・技術的知見を踏まえて個別に確認すること。その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率論的な評価等、各種の不確かさを考慮した評価を参考とすること

といった方針により策定することを要求している（設置許可基準規則の解釈別記2の5三）。

3 「震源を特定せず策定する地震動」の策定方法

「震源を特定せず策定する地震動」は、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の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、これらを基に敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定される（地震動審査ガイドI. 4. 1 (1)）。

この収集した観測記録から、検討対象地震として、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」^{*2}を適切に選定するほか、必要に応じて「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」^{*3}についても選定する。地震動審査ガイドにおいては、これらの地震と考えられるものを例示している。これは、平成7年兵庫県南部地震以降、地震・地震動観測やネットワーク技術が進歩し、国内の観測点が大幅に増加しており、

*2 断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震をいう（地震動審査ガイドI. 4. 2. 1 [解説] (1)）。

*3 震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない地震であり、孤立した長さの短い活断層による地震が相当する（地震動審査ガイドI. 4. 2. 1 [解説] (2)）。

震源近傍の地震動や観測点周辺の地盤等の状況・性状も分かりつつある状況を踏まえ、震源近傍で強震動の記録がとれていて、規模が大きい検討対象となる、又はなることが想定される内陸地殻内の地震をリストアップしている。

表1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

これらの地震の観測記録は、防災科学技術研究所が全国に設置するK-NET及びKiK-netをはじめとして各種機関が設置する強震計により観測されたものであるが、そのデータは地上で取られたもの、地中で取られたものが混在している。そこで、当該地震動を観測した強震計の位置（観測サイト）における地盤の增幅特性について、解放基盤面相当深さまでの速度構造をボーリング調査等によって把握して、観測サイトにおける解放基盤面において当該地震動（解放基盤波）を評価することが必要である。

そのようにして算定された解放基盤波を原子力発電所の解放基盤面での地盤物

性を必要に応じて考慮し、応答スペクトルが設定される。

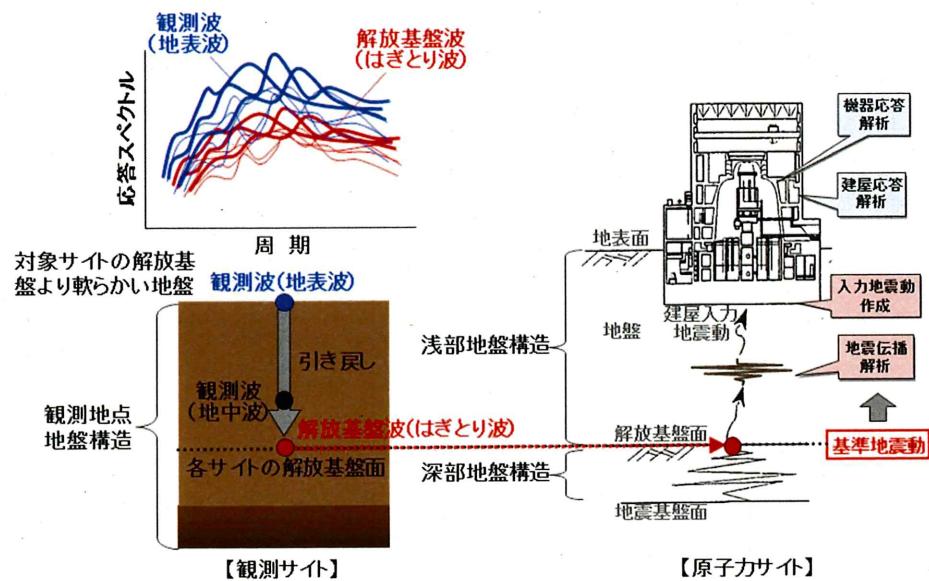


図1 震源を特定せず策定する地震動 概念図

§ 5・5-3 地震

5-3-8 耐震設計とは何か。（基準地震動についての解説含む。）

1 はじめに

地震とは、地下の岩盤が周囲からの外力によってある面を境としてずれる現象のことをいう。この岩盤のずれが起きると地震波が周囲に伝わり、やがて地面に達すると地面が「揺れ」る。この地震によって発生する地面の揺れを地震動といい、主として水平方向に揺れる「水平動」と鉛直方向に揺れる「鉛直（上下）動」に分けることができる。

構築物に水平動が加わると、柱、壁等に対して横から地震力が加わることによって、また、鉛直動が加わると、屋根、床等に対して鉛直方向に地震力が加わることによって、それぞれ各部材に応力が生じる（図1）。

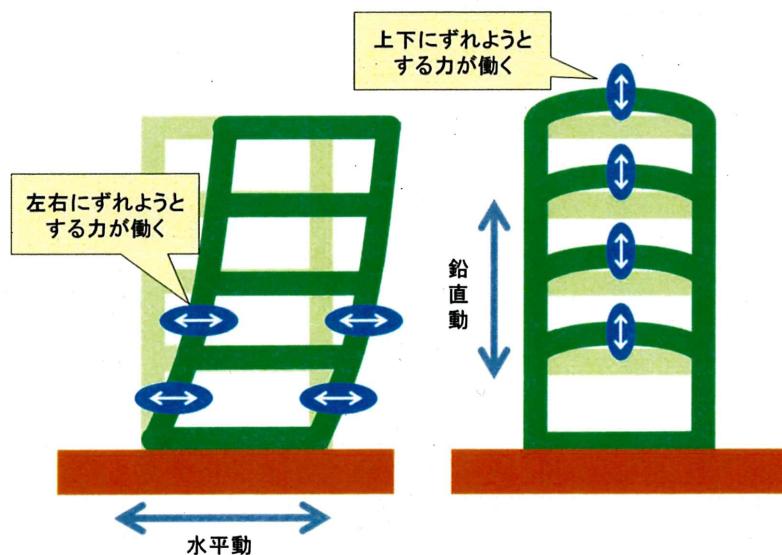


図1 地震動と曲げ応力のイメージ

すなわち、地震動により柱等の部材に力が加わると、当該部材内面には、元の形状や寸法を保とうとする抵抗力が生じる。このような抵抗力のことを、「応力」といい、特に、当該部材を曲げた際に生じる応力を、「曲げ応力」という。例えば、下記図2に示すように孔の空いたスponジを上から押し曲げてみると、上部では孔がつぶれ、下部では孔が広がることが分かる。このとき、部材（スponジ）断面の中立面を境に、上部に圧縮応力、下部に引張応力が生じる。これらは、中立面から離れるほどに応力は大きくなり、上端、下端での応力が最大になる。

耐震設計とは、地震力が加わることによって部材に生じる応力が許容値を超えないように設計することである。

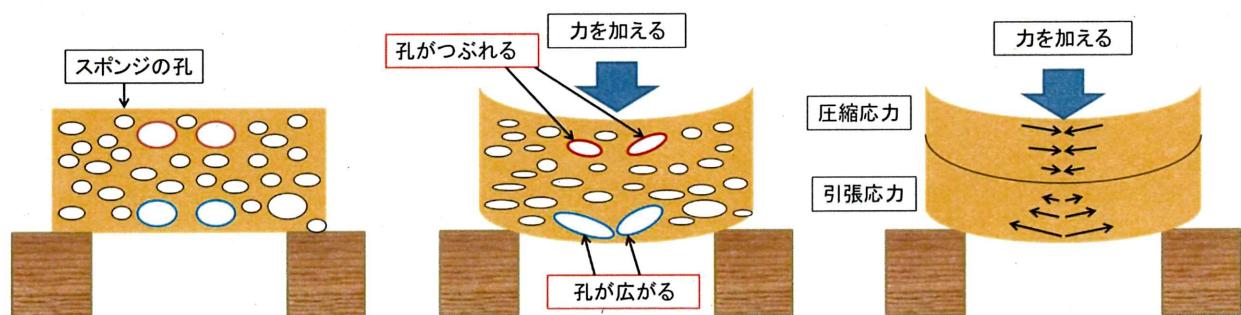


図2 部材断面に生じる曲げ応力度

2 耐震設計の考え方

より具体的には、構築物に加わる応力によって当該構築物を構成する構造材に生じる変形が、おおむねその弾性範囲に留まるよう設計することで、当該構築物を損傷させないようにしている。例えば、構造材の一つである鉄筋を両側から引っ張った時、①ある程度の応力までは変形せず弾性域に留まるが、②さらに応力がかかり降伏点を超えると弾性範囲に留まらず塑性域に入る。そして、③さらに大きい応力が加われば徐々に変形が進み、④最終的に破断する（以上①から④について図3）。建物・構築物は、地震時にも機器・配管を支える役割（支持機能）を担っており、弾性設計に用いる地震力に対し鉄筋又は鉄骨が①の弾性範囲に留

まるのように設計することで、より大きい地震力に対しても構築物に求められる支
持機能が維持される。

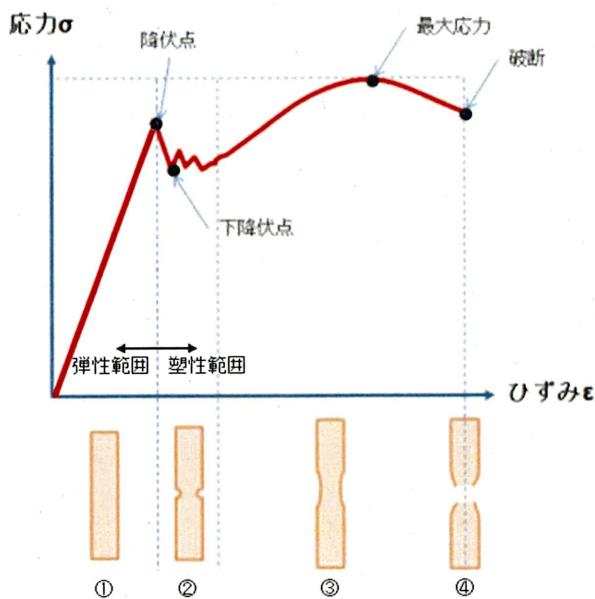


図3 部材加わる力と変形の関係

原子力発電所においては、放射性物質を内包しているリスクを踏まえ、地震に
より発生する可能性のある放射線による環境への影響の観点から耐震重要度を分
類し、耐震重要度の高い施設に対してより大きい地震力を設定した耐震設計を求
めている。

3 原子力発電所における耐震設計

原子力発電所の耐震設計は、基準地震動に基づいて行われる。

基準地震動^{*1}とは、設置許可基準規則4条3項の「その供用中に当該耐震重要施
設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震」による地震動（同規則の解釈別記2
の4一）をいい、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・

*1 基準地震動については「§ 5 5-3 5-3-2」も参照。

地質構造、地盤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想定することが適切なもの（同規則の解釈別記2の5柱書）である。そして、基準地震動は、解放基盤表面^{*2}における水平方向及び鉛直方向の地震動として策定される（同規則の解釈別記2の4一）。

なお、基準地震動について、「基準地震動○Gal」等と表現されることがあるが、これは、基準地震動の加速度時刻歴波形における最大加速度の値（絶対値）を示している^{*3}（図4）。地震波形^{*4}は、様々な周期の波が重なり合ってできており（前記5-3-6参照）、かつ、多くの場合、数十秒間続いてその間に強くなったり弱くなったりする。一方、構築物は、それ自身の質量と剛性により定まる固有周期を有しており、その固有周期に等しい周期の波が入力された場合には揺れが大きくなる。したがって、地震動に対する構築物の健全性を評価するにあたっては、地震動の最大加速度だけではなく、地震動が有する周期成分の大きさと構築物の固有周期との関係が特に重要となる。耐震設計においては、基準地震動及びそれを基に策定された入力地震動の時刻歴波形全体を踏まえ各種応答解析がなされ、地震に対する安全が確保されることになる（後記5-3-10の2参照）。

*2 解放基盤表面については「§ 5 5-3 5-3-1」脚注10参照。

*3 「基準地震動○Gal」との表現は、地震動の強さを便宜的に表すため、基準地震動の時刻歴波形について、原子力発電所の場合は、短周期（50Hz程度）の加速度波形に着目し、その最大加速度値を示したものである。なお、「Gal」とは「cm/s²」のことである。

*4 例えば前記5-3-5の図1の④参照。

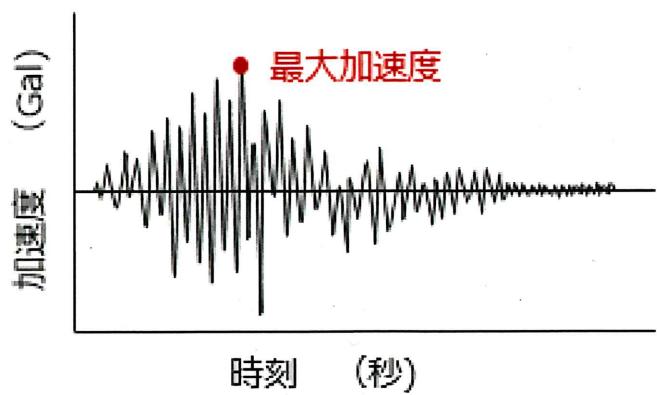


図4 基準地震動の概要

§ 5 5-3 地震

5-3-9 新規制基準の策定の際、耐震重要度分類の考え方のうち、見直したところはどこか。

1 耐震重要度分類の役割

原子力発電所の自然現象に対する安全設計は、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（平成2年原子力安全委員会決定。以下「安全設計審査指針」という。）において、指針2「自然現象に対する設計上の考慮」に定められていた。

そして、我が国においては、自然現象に対する安全設計のうち地震については、安全設計審査指針の指針2において他の自然現象とは別に規定されており、従前から、別途、耐震設計審査指針が定められ、特段の考慮がなされてきた。

耐震設計の基本的な考え方は、平成18年の耐震設計審査指針改訂以降も継承されており、新規制基準においては、施設が有する安全機能の重要度に応じて適切な地震力を定め、その地震力に対し十分耐えるよう設計すること、また、「止める」「冷やす」「閉じ込める」に必須となる最も重要度の高いSクラスに相当する耐震重要施設については、基準地震動^{*1}による地震力に対し安全機能を保持することであり、より重要度の高い施設について、より大きい地震力を設定して、弾性設計又は機能維持設計をすることを求めている。

2 耐震重要度分類の見直しについて

耐震重要度は、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた新規制基準の検

*1 基準地震動については「§ 5 5-3 5-3-2」も参照。

討において、想定すべき基準地震動そのものをより安全側に策定されるよう規制要求を見直すとともに、津波対策に係る規制要求も強化された。これらの津波対策に係る施設・設備については、後述の理由から耐震安全性の観点からSクラスとして位置付けることとした。

3 津波対策に係る施設・設備の耐震重要度

基準津波^{*2}による津波を敷地に遡上又は流入させないドライサイトを基本としており、これを達成させるためには、発電所ごとの立地条件にもよるが、例えば防潮堤といった津波防護施設等の設置が考えられる。これらの施設の機能が地震により損なわれた場合、地震に随伴して発生する津波が襲来し、又は、その状態が長期間継続している間に津波が襲来し重要な安全機能に影響を与える可能性がある。したがって、これらの津波防護施設等の耐震重要度をSクラスとすることで、地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止することとした。（設置許可基準規則の解釈別記2の2一）。

- ① 津波防護機能を有する設備（津波防護施設）、浸水防止機能を有する設備（浸水防止設備）
- ② 敷地における津波監視機能を有する施設（津波監視設備）

*2 基準津波については「§ 5 5-4 5-4-3」参照。

§ 5 5-3 地震

5-3-10 基準地震動を超える地震が発生した場合、即座に耐震重要施設の安全機能が喪失してしまうのか。

1 はじめに

「5-3-1」～「5-3-7」で述べたとおり、基準地震動^{*1}の策定に当たっては、①各種地質調査を行い断層の位置、長さ等を決定し、②応答スペクトルに基づく地震動評価、③断層モデルを用いた手法による地震動評価の双方を行って敷地ごとに震源を特定して策定する地震動を策定する。また、別途、④震源を特定せず策定する地震動も策定する。これらの過程一つ一つにおいて、それぞれ不確かさを考慮したパラメータ設定をするなどして保守的評価を行うことを求めているため、策定される基準地震動は必然的に、保守的なものとなる。

これらに加え、実際に地震動が建物・構築物や機器・配管等に伝わった際に、それらの構造物がどの程度地震応答するかを解析し（応答解析）、その解析結果に耐えられるようにそれらの物を設計する段階、すなわち耐震設計の段階においても、保守的で余裕を持つことを求めている。そのため、基準地震動を超えるような地震が発生した場合であっても、即座に耐震重要施設の安全機能が喪失するということはない。

以下、耐震設計の概略及び耐震設計上の余裕の具体例について述べる。

2 耐震設計の概略

原子力発電所における基本的な耐震設計の概略の流れを図1に示す。まず、基

*1 基準地震動については「§ 5 5-3 5-3-2」も参照。

準地震動は、「5-3-2」で述べたとおり、解放基盤表面^{*2}における地震動として策定されたものであるので、解放基盤表面より上の地盤における増幅特性等を反映する必要がある。そのため、まず、①地盤伝播解析を行い、建屋設置位置での地震応答を求め、これを建屋・地盤系モデルへの入力地震動として決定する。次に、建屋及び建屋周辺の地盤についてモデル化し（図2）、②そのモデルを用いて入力地震動による建屋応答解析を行い、建屋の地震応答を求める。また、格納容器、圧力容器等の大型機器については、上述の建屋・地盤系モデルに連成させてモデル化し、同様に入力地震動による応答解析を行い、大型機器の地震応答を求める。建屋及び大型機器についてはこうした解析によって求められた地震応答の最大値（部分的に、周期帯によっては数千 Gal に達する）に耐えられるよう設計する。さらに、③個別の機器・配管の地震応答の最大値を求めるため、上述の建屋・地盤系の応答解析から得られた建屋の各床での応答（揺れ）に基づき、機器・配管そのものの応答増幅特性等を加味してそれぞれの機器・配管の地震応答の最大値を決定する（機器・配管地震応答解析）。機器・配管についてはこうした解析によって求められた地震応答の最大値（部分的に、周期帯によっては数千 Gal に達する）に耐えられるよう設計する。このように、建物・構築物や機器・配管の耐震設計は、基準地震動を用いた地震応答解析によって求められた各々の部位における最大応答値（基準地震動よりも増幅する場合が多い）に対して行われる。

そして、以上の各段階において、独立して保守性を保つように設計がなされる。例えば、①地盤伝播解析では保守的な減衰定数、②建屋応答解析では保守的な荷重の組合せや非線形特性、③機器応答解析では保守的な減衰定数の採用や周期方向に拡幅した設計用床応答スペクトルをそれぞれ採用している。

このような各段階での保守性（余裕）が集積され、結果、建物・構築物や機器・配管の地震応答の最大値が保守的なものになる。したがって、基準地震動クラス

*2 解放基盤表面については、「§ 5 5-3 5-3-1」脚注 10 参照。

の地震による建物・構造物や機器・配管の地震応答に対して、大きく余裕を持った設計がなされており、基準地震動を仮に超えるような地震が発生したとしても、即座に耐震重要施設の安全機能が喪失するということはない。

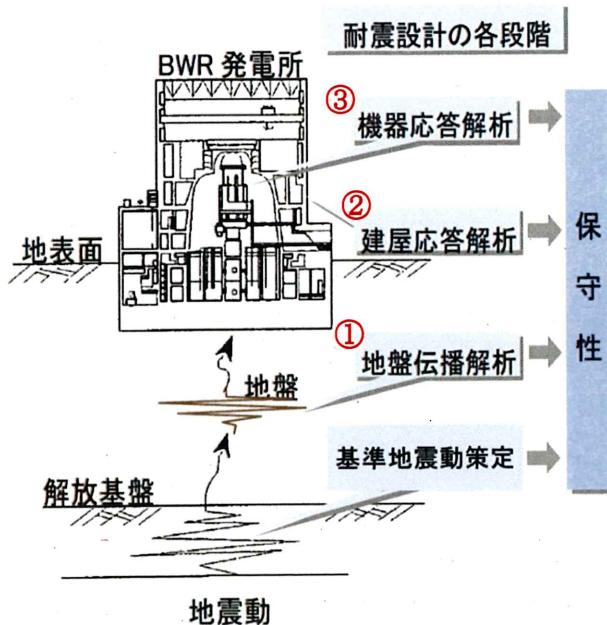


図 1 原子力発電所における基本的な耐震設計の流れ

(出典:日本機械学会、中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所への影響評価研究分科会活動報告書に一部加筆、2008 年)

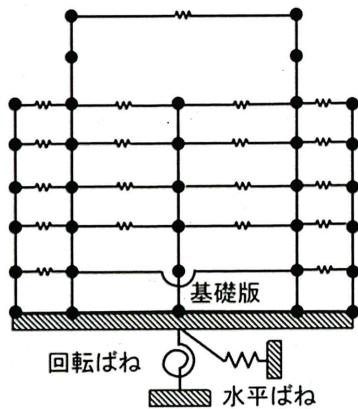


図 2 原子炉建屋の応答解析モデルの例

3 耐震設計上の余裕の具体例

このうち、例として建物・構築物の耐震設計上の余裕について詳述する。

(1) 骨格曲線とは

図3は、建物・構築物の構造部材（鉄筋コンクリート造耐震壁）の骨格曲線の一例である。

ここで、骨格曲線とは、構造物に荷重を加えた際のせん断ひずみ (γ) とせん断力 (Q) との関係（横軸に γ 、縦軸に Q）を示したものである^{*3}。左端の弾性域ではせん断ひずみの増大とともに直線的にせん断力も増大していくが、ひび割れなどが生じはじめると徐々に水平に近づいていき、終局耐力（構造物に対する荷重を漸次増大した際、構造物のひずみが著しく増加する状態）に至るということを示している。すなわち、骨格曲線を読むことで、縦軸にとった荷重を徐々に大きくしていった場合に、建物・構築物の損傷状態やひずみの大きさがどのようになるかを把握することができる。

具体的には、a) ある程度の荷重までは直線的に右上に骨格曲線が伸びていく。この段階は弾性域と呼ばれ、建物・構築物に損傷が起こらず、荷重を取り除いた場合にはひずみも解消される。b) さらに荷重をかけた場合、骨格曲線は a) の段階よりも徐々に水平に近づくようになる。この段階は塑性域と呼ばれ、建物・構築物の構造部材内にひび割れが生じ始めるため、荷重を取り除いてもひずみが残ることがある^{*4}。c) さらに荷重をかけた場合、骨格曲線はほぼ水平になり、建物・構築物は損壊してしまう。この、b) と c) の境目である、ひずみが急増する直前の荷重のことを終局耐力という。すなわち、ある建物・構築物に加えら

*3 地震動の場合は一定方向に力が加わり続けるのではなく、正負の方向に繰り返し荷重がかかるため、せん断ひずみとせん断力が描く履歴はループ曲線になるが、ここでは分かりやすく、その包絡線とほぼ一致する骨格曲線を用いている。

*4 鉄筋コンクリート造耐震壁は、その内部に鉄筋が配置されている。そのため、荷重作用によりコンクリートにひび割れが発生しても、鉄筋が健全な間は、荷重を取り除くと鉄筋の効果でひび割れが閉じる。

れる荷重に対して生ずるひずみを終局耐力以下に抑えるよう設計すれば、そのような力によって当該建物・構築物が損壊することはない。

(2) 建物・構築物の耐震設計に係る規制上の要求

設置許可基準規則4条3項では、「耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならぬ。」とされ、「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならぬ」ことを満たすために、基準地震動に対する設計基準対象施設の設計に当たって、「建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること」を求めている（設置許可基準規則の解釈別記2の6一）。具体的には、例えば「鉄筋コンクリート造耐震壁」の終局耐力とされるせん断ひずみ 4.0×10^{-3} に対して余裕を持たせた、 2.0×10^{-3} を許容値とし（耐力としては2分の1）、地震時でもこれを下回るよう設計することを求めており、これが下記「(3)①規制上の余裕」となる。

(3) 余裕の考え方

余裕については、まず、前述の基本設計方針として求められる規制上のもの（下記①）のほか、主なものとして下記の②③がある（図3参照）。

① 規制上の余裕

規制に用いる許容値を設計段階の限界値（終局耐力）に対して十分余裕を持たせて規定（設置許可基準規則の解釈別記2の6一）している。具体的には、前記のとおり、例えば「鉄筋コンクリート造耐震壁」の終局耐力とされ

るせん断ひずみ 4.0×10^{-3} に対して余裕を持たせた、 2.0×10^{-3} を許容値とし、地震時でもこれを下回るよう設計されることを規制上求めている。

② 設計上の余裕

設計時に基準地震動による建屋の変形が許容値を十分満足するよう余裕を持たせる。つまり、基準地震動に対して耐震重要施設に該当する建物・構築物が起こす変形が、許容値（上記のとおり終局耐力とされるせん断ひずみの2分の1）を満足するように当該建物・構築物を設計するが、これも許容値ぎりぎりになるよう設計するのではなく、通常、許容値に対して余裕を持ち、許容値を十分満足するよう設計を行う。

③ 施工上確保される余裕

コンクリートの強度などの設計強度を十分満足するよう、さらに大きな強度で施工管理を行う。①及び②のとおり設計時に確保される余裕に加えて、実際に当該建物・構築物を施工する際には、コンクリートの強度等の設計強度を十分満足するように、余裕を持った強度を有する材料を用いることが通常であり、実際に施工した建物・構築物は、設計時に想定した強度よりも裕度を有することになる。

この①ないし③の余裕が集積されるため、基準地震動によって建物・構築物に生じるひずみは終局耐力時のひずみをはるかに下回ることとなり、仮に基準地震動を超過するような場合であっても、即座に耐震重要施設が損傷するようなことはない。

以上より、基準地震動を超える地震が発生した場合であっても、即座に「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」という基本的安全機能が喪失するようなことはないものとして評価される。

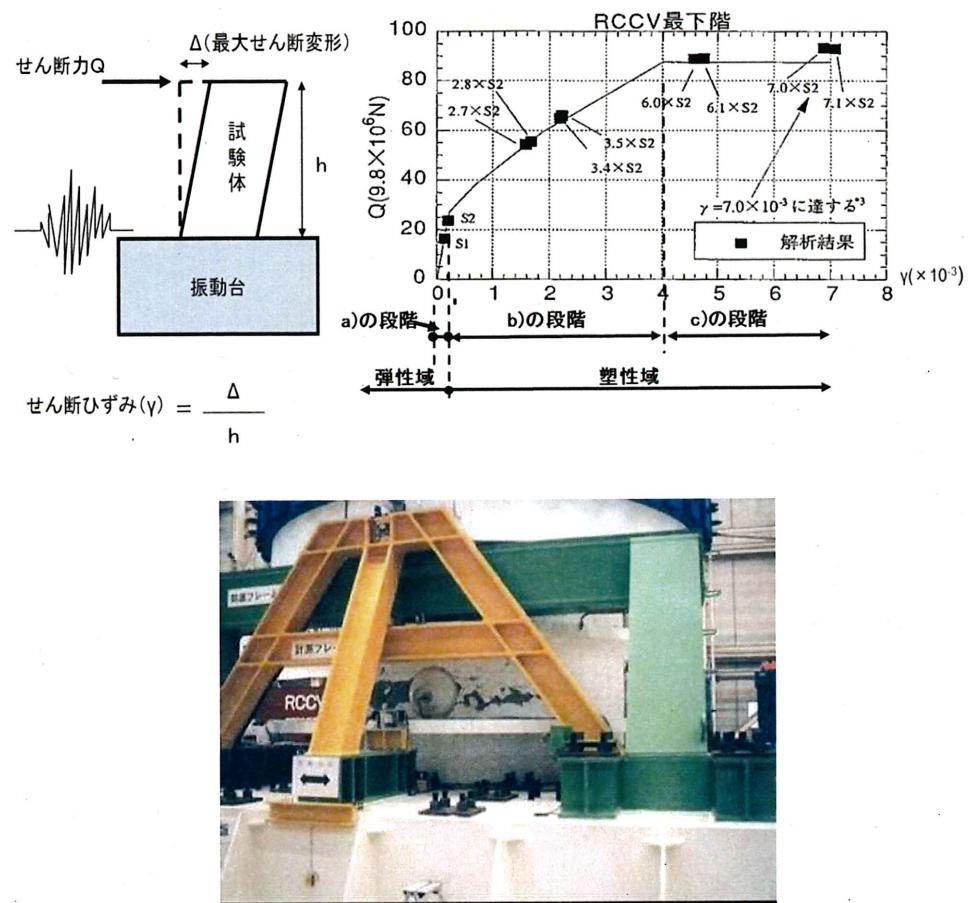


図3 大型振動台のコンクリート製格納容器（RCCV）の試験体の耐震限界試験の例

§ 5 5-3 地震

5-3-11 地震動審査ガイドにおいて、地震動の超過確率を求める趣旨は何か。

1 はじめに

設置許可基準規則の解釈では、基準地震動^{*1}を策定するに当たって、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は、それが対応する超過確率を参照し、それぞれ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、把握することが要求されている（同規則の解釈別記2の5四）。同規則の解釈の記載内容を踏まえて、地震動審査ガイドでは、上記の超過確率を参照し、基準地震動の応答スペクトルと地震ハザード解析による一様ハザードスペクトル^{*2}とを比較するとともに、当該結果の妥当性を確認するなどとした方針（同ガイド「6. 1 評価方針」）や、基準地震動の超過確率を適切に参考するための確認事項（同ガイド「6. 2 基準地震動の超過確率」）が記載されている。

*1 基準地震動については「§ 5 5-3 5-3-2」参照。

*2 「一様ハザードスペクトル」とは、任意の年超過確率（千年に1回の確率（ 10^{-3} ）や1万年に1回の確率（ 10^{-4} ）等）に対する応答スペクトルを応答スペクトル図に記入したものという。これと基準地震動の応答スペクトル（図1の「S s-1」）を比較することで、年超過確率を参照することができる。

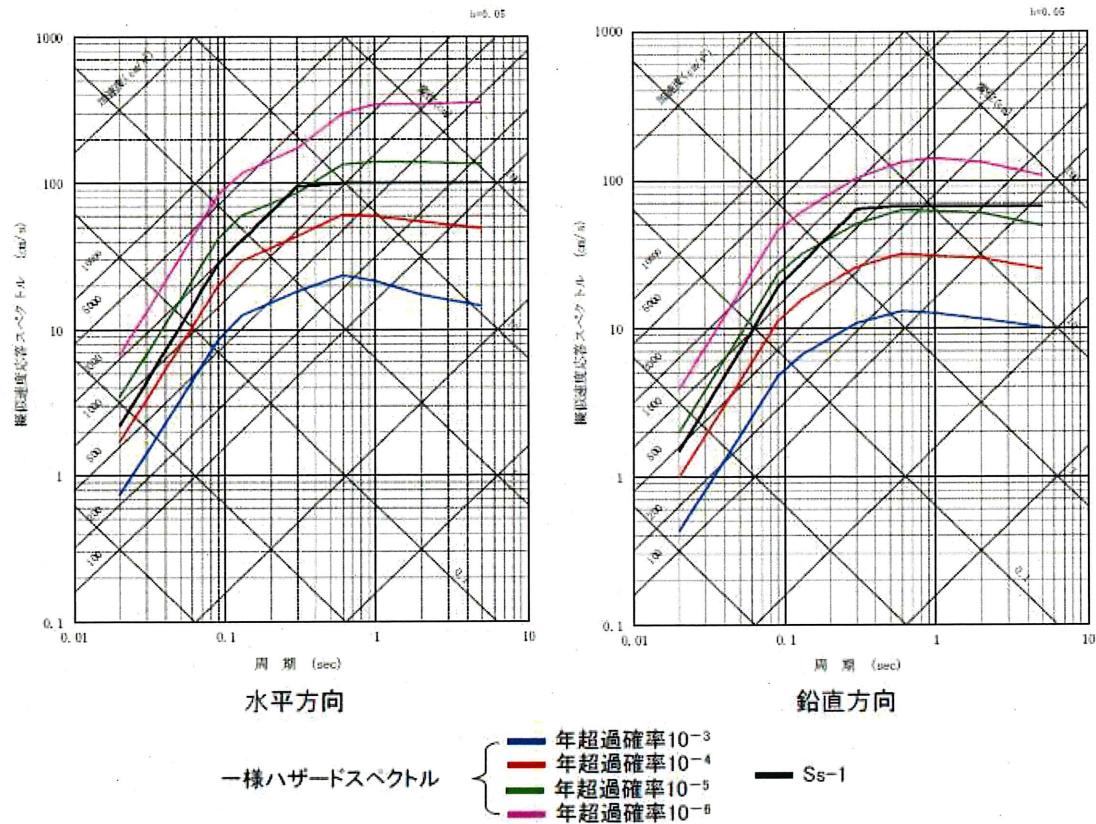


図1 一様ハザードスペクトルと基準地震動 S_{s-1} の比較の例（出典：第332回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合・資料1-3「大飯発電所地震動評価について」・161ページ）

2 地震動の超過確率

地震動の超過確率^{*3}とは、ある地点において、その地点に影響を与える様々な地震について、それらの地震によって発生する地震動の強さが、将来の一定の期間に少なくとも1回、ある強さを超える確率を数値で表したものであり、地震の発生確率に条件付超過確率を乗じて算出される（地震動の超過確率＝地震の発生確

*3 超過確率に関する詳細な解説については、国立研究開発法人防災科学技術研究所が運営するホームページ「J-SHIS 地震ハザードステーション」に掲載されている「地震の発生確率と地震動の超過確率」を参照。

率^{*4}×条件付超過確率^{*5}）。

3 地震動の超過確率を求める趣旨

例えば、内陸地殻内地震で考えた場合、詳細な調査を尽くしても、震源断層の長さや断層傾斜角度等の評価は、専門家の間で分かれることもあり、また、震源断層の位置・形状や破壊過程等の全てを事前に予測することは不可能であるので、調査結果の信頼性及び精度を確保したとしても、基準地震動を上回る強さの地震動が発生することを事前に完全に否定し尽くすことはできないし、そのようなことは基準地震動策定において求められているものではない。このため、設置許可基準規則は、事業者に対し、上記で述べた地震動の超過確率を適切に参考するよう求めている。そして、原子力規制委員会の審査官は、事業者が、基準地震動を策定する過程で、「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、それぞれ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のか、一様ハザードスペクトルを使って、適切に把握しているのか否か、また、基準地震動の超過確率の計算過程等に問題がないかどうか、確認を行っている。

なお、原子力規制委員会としては、発電用原子炉を設置する事業者は、地震動の超過確率を参考することで、基準地震動を上回る強さの地震動が発生する可能性を常に認識した上で、施設の設計に当たって適切な配慮を払うことで、継続して、いわゆる「残余のリスク」^{*6}（基準地震動を上回る強さの地震動が発生するこ

*4 「地震の発生確率」とは、将来の一定の期間において、ある断層がずれ動いて地震が起きる可能性を数字で表したものという。

*5 「条件付超過確率」とは、ある断層がずれ動いて地震が起きた場合、ある地点の地震動の強さが、想定する地震動の強さを超える確率のことという。

*6 設置許可基準規則の解釈及び地震動審査ガイドでは、「残余のリスク」との用語は使われていないが、旧原子力安全委員会が定義した「残余のリスク」の概念（参照：発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（平成18年9月19日原子力安全委員会決定））を継承している（参照：発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関する新安全設計基準に関する検討チーム

とで耐震重要施設の安全機能が損なわれるリスク）を低減していく努力を継続することが重要であると考えている^{*7}。

（以下「地震等基準検討チーム」という。）・第4回会合（平成24年12月17日開催）配布資料震基4-2・7ページ）。

*7 「残余のリスク」を低減していく努力を継続することの重要性の背景として、ゼロリスクは存在しないこと、すなわち、調査や対策等を尽くしたとしても、必ず「残余のリスク」が残るという考え方を挙げることができる（地震等基準検討チーム・第4回会合（平成24年12月17日開催）議事録・9ページ、第9回会合（平成25年3月13日開催）議事録・29～33ページ、36～39ページ）。

§ 5 5-3 地震

5-3-12 地震動審査ガイド I. 3. 2. 3 (2) の「その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある。」との規定の意味とは何か。

1 はじめに

地震動審査ガイドは、審査官が、設置許可基準規則等の趣旨を十分に踏まえ、基準地震動^{*1}の妥当性を厳格に確認する際に、参考とするものである。

地震動審査ガイドでは、「I. 基準地震動」、「3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」、「3. 2 検討用地震の選定^{*2}」、「3. 2. 3 震源特性パラメータの設定」との項目が順次記載された後、同項目内の「(2)」として、経験式が有するばらつきに対する考慮について、①「震源モデルの長さ又は面積、あるいは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、経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する。」また、②「その際、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、経験式が有するばらつきも考慮されている必要がある。」と規定している。

*1 基準地震動については「§ 5 5-3 5-3-2」参照。

*2 検討用地震とは、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震のうち、敷地に大きな影響を与えると予想される地震のことである（設置許可基準規則の解釈別記2の5二）。そして、検討用地震の選定とは、「5-3-2」で述べたとおり、敷地周辺では内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震が想定されるところ、それらの地震の中から、敷地に対して相対的に大きな影響を与える地震を複数抽出する過程をいう。具体的には、地震規模と敷地からの距離との関係等から、敷地におけるおおよその地震動レベルを求めるなどして、敷地に大きな影響を与えると予想される地震を、「○○断層による地震」などとして選定するものであり、実質的な地震動評価を行う段階の前段階に位置づけられるものである。

2 地震動審査ガイド I. 3. 2. 3(2)の意味

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における基準地震動の策定は、「検討用地震の選定」と「地震動評価」の二段階で行っているところ、本件規定は、「3. 3 地震動評価」の項内ではなく、「3. 2 検討用地震の選定」の項内に位置付けられている。

検討用地震の選定過程でも地震動評価過程でも、震源モデルの長さ又は面積、あるいは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ある数値（パラメータ）を求めることがあるが、一定の観測記録のデータを分析した上で導き出されたものであるから、経験式の適用範囲は、当該経験式を導く前提となつた一定の観測記録のデータの範囲内に限られることになる。そのため、経験式を用いてある数値（パラメータ）を求める際には、経験式の適用範囲が十分に検討されていることが必要である。

上記①の規定は、検討用地震の選定過程において、経験式を用いて地震規模を設定する場合が記載されているが、これが、地震動審査ガイドの経験式の適用に係る規定としては初出となることから、確認的に、経験式の適用範囲が十分に検討されていることが必要であることを「経験式の適用範囲が十分に検討されていることを確認する」として記載したものである。

そして、上記②の規定は、経験式を用いて地震規模を設定する場合の当該経験式の適用範囲を確認する際の留意点として、経験式は平均値としての地震規模を与えるものであることから、当該経験式の適用範囲を単に確認するのみではなく、より慎重に、当該経験式の前提とされた観測データとの間の乖離の度合いまでを踏まえる必要があることを意味しているものである。つまり、上記②の規定の「経験式が有するばらつき」とは、当該経験式とその前提とされた観測データとの間の乖離の度合いのことである。

上記②の規定も、地震動審査ガイドの経験式の適用に係る規定としては初出となることから、確認的に、当該経験式の適用範囲を確認する際の留意点を記載し

たものである。

なお、検討用地震の選定後の地震動評価の段階でも、経験式を用いてある数値（パラメータ）を求めることがあるが、いずれの場合でも、当該経験式の適用範囲に留意することが必要である。

§ 5 5-3 地震

5-3-13 地震動審査ガイドにおいて、震源断層のパラメータの設定につき、レシピが、最新の研究成果として例示されているのはなぜか。

1 レシピが、地震動審査ガイドで、震源断層のパラメータの設定につき、最新の研究成果として例示されている理由について

レシピは、震源断層を特定した地震を想定した場合の強震動を高精度に予測するための「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な方法論」を確立することを目指し、地震調査研究推進本部（以下「地震本部」という。）地震調査委員会^{*1}において実施してきた強震動評価に関する検討結果から、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造モデル、強震動計算、予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定に当たっての考え方について取りまとめたものである（レシピ1ページ参照）。

原子力規制委員会は、地震動審査ガイドの策定に当たり、断層モデルを用いた手法による地震動評価に関する学識経験者を含めた発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新規制基準に関する検討チーム（以下「地震等基準検討チーム」という。）を設置し、同チームにおいて、基準地震動^{*2}の策定等に係る審査ガイドの内容も検討したが（これが後に原子力規制委員会において地震動審査ガイドと

*1 地震本部は、平成7年1月に発生した兵庫県南部地震を契機に明らかになった我が国の地震防災対策に関する課題を踏まえ、同年7月に全国にわたる総合的な地震防災対策を実施するために制定された地震防災対策特別措置法（平成7年法律第111号）7条の規定に基づき総理府（当時）に設置されたものであり、現在は、文部科学省に設置されている。地震本部の下部組織として、同法10条の規定に基づき、地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等を収集し、整理し、及び分析し、並びにこれに基づき総合的な評価を行うため、学識経験者等から構成される地震調査委員会が設置されている。

*2 基準地震動については「§ 5 5-3 5-3-2」参照。

して策定された。前記「§ 2 2-1 2-2-1」参照）、その検討において、地震等基準検討チームは、断層モデルを用いた手法による地震動評価の内容を適切に審査するため、震源モデルの設定の妥当性について検討した。その結果、震源モデルを構築する際に必要な震源断層のパラメータの設定に当たり、レシピが、強震動評価における最新の知見を適切に反映している合理的なものであると認めた上で、国や地方自治体等で強震動予測手法として広く使われており、原子力施設においてもレシピに基づき断層モデルを用いた手法により地震動評価を行っている例が多く、その確認方法の代表的な手法であると認めた。さらに、地質審査ガイドでも、地震本部地震調査委員会の下部組織である長期評価部会が強震動予測への貢献を目的の一つとして取りまとめた「『活断層の長期評価手法』報告書（暫定版）」（平成22年11月）を参考として記載したこととの調和を図ることから、レシピを地震動審査ガイドに例示することとした。

2 レシピ改訂に対する留意事項

レシピは、地震学における最新の知見に基づき、個々の断層で発生する地震によってもたらされる強震動を詳細に評価する手法であるが、今後も強震動評価における検討により、修正を加え、改訂されていくことを前提としている（レシピ1ページ参照）。したがって、地震調査委員会におけるレシピ改訂の動向を踏まえ、原子力施設の基準地震動策定に適切に反映していく必要がある。

なお、レシピは、震源断層パラメータの設定に当たり、確認することとされている最新の研究結果の例示として掲げられたものであるが、レシピ以外の最新の研究結果が存在する場合に、それに科学的合理性が認められるのであれば、それを利用することを否定するものではない。

§ 5 5-4 津波

5-4-1 設置許可基準規則における津波対策に係る規制上の要求事項は何か。

1 津波対策の規制の経緯

(1) 平成18年耐震設計審査指針改訂時

昭和53年に策定された「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^{*1}」という。）においては、津波を含む地震随伴事象について明確に規定していなかったが、実際の安全審査においては、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（平成2年8月30日 原子力安全委員会決定）に基づき津波に対する安全性について評価されてきた。

平成18年の耐震設計審査指針改訂の検討に際しては、発電用原子炉施設の基本設計ないし基本的設計方針の妥当性に係わる安全審査において、設置許可申請対象となる固有の原子炉施設の耐震設計についての妥当性を審査すべき事項として、適切かつ不可欠であるかどうかという視点、及び現行の他の関連する指針類で対応しきれているかどうかの視点から議論を行い、最終的には、耐震設計審査指針に地震随伴事象の一つとしての津波が考慮されるべき事項として追加（以下「改訂耐震設計審査指針」という。）された。

(2) 平成23年東北地方太平洋沖地震後の変遷

平成23年3月に発生した東北地方太平洋沖地震及びそれに付隨して発生した津波に関する検証を通じて得られた教訓等を踏まえて、設置許可基準規則5条及び同規則の解釈別記3が制定された。

*1 建築基準法の改正（昭和55年）を反映して昭和56年に改訂されている。

2 津波対策に係る設置許可基準規則の内容

(1) 設置許可基準規則における事故防止対策

設置許可基準規則は、発電用原子炉施設が、津波に対する安全性を確保し得るものであるためには、事故防止対策として、「設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」ことを求めている（同規則5条）。

同条は、発電用原子炉施設の供用中に、発電用原子炉施設に大きな影響を与えるおそれがあると考えられる津波を適切に策定し、この津波を前提とした耐津波設計を行うことにより、設計基準対象施設の安全機能の喪失を防止し、周辺の公衆に対し、津波に起因する著しい放射線被ばくの危険を与えないようとするとの基本的考え方に基づくものである。

ア 耐津波設計に用いられる基準津波の策定の妥当性

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想定することが適切なものとし、不確かさを考慮して数値解析を実施し、策定することが求められる（設置許可基準規則の解釈別記3の1）。

具体的には、主に以下の要素を考慮するとともに、数値解析を実施し、基準津波を策定する。

1) 津波の発生要因

津波の発生要因としては、地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因、及びこれらの組合せによるものを複数選定することが求められている（設置許可基準規則の解釈別記3の1）。

2) 津波波源

津波波源としては、プレート形状、すべり欠損分布^{*2}、断層形状、地形・地質及び火山の位置等から考えられる適切な規模のものを考慮し、当該考慮ないし遠地津波の考慮に当たっては、国内のみならず世界での津波事例を踏まえ、津波の発生機構及びテクトニクス^{*3}的背景の類似性を考慮した上で検討することが求められている（設置許可基準規則の解釈別記3の2二）。

3) 地質学的記録及び歴史記録等から推定される津波高及び浸水域の考慮

基準津波による遡上^{*4}津波が、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠及び歴史記録等から推定される津波高及び浸水域を上回っていることが求められている。また、行政機関により敷地又はその周辺の津波が評価されている場合には、波源設定の考え方及び解析条件等の相違点に着目して内容を精査した上で、安全側の評価を実施するとの観点から必要な科学的・技術的知見を基準津波の策定に反映することが求められている。（設置許可基準規則の解釈別記3の2五）。

なお、ここでいう歴史記録等とは、存在が確認されたもの全てではなく、客観的に信頼性が確認されているものである。そして、上記の信頼性については、具体的には、当該歴史記録等の性質に応じて、公的な記録あるいは作者や作成年代などが分かる日記等、信頼性が一定程度確保されたものであるか否か、同時代の他の信頼性のあるものにも同様の事実が記載されているか否か、複数の専門家による学術的文献等（考古学の論文等）における評価はいかなるものかなどといった点を踏まえて判断されることにな

*2 プレート境界面の摩擦の存在により、潜り込む海側のプレートの進行に伴い、陸側のプレートがひきずられる度合いを推定した分布をいう。

*3 地球は内部のエネルギーを開放しながらさまざまな造構運動を続けており、テクトニクスとは、このような地球の変動や歴史を研究する学問分野のことをいう。

*4 海岸に到達した津波は、その波高が海岸地形よりも高い場合には陸上に這い上がっていく。これを遡上といい、津波が這い上がった地点の地盤高を遡上高という。

る。また、実際に津波堆積物の調査を行い、歴史記録等において確認された津波による堆積物が地質調査等において実際に認められるか否かも、判断の重要な要素となる。

4) 基準津波の策定の過程における不確かさの考慮

耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、基準津波の策定の過程に伴う不確かさの考慮に当たっては、断層の位置、長さ、幅、走向、すべり量、すべり角、すべり分布、破壊開始点及び破壊伝播速度等基準津波の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる波源特性の不確かさの要因及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさを十分踏まえた上で、適切な手法を用いることが求められている（設置許可基準規則の解釈別記3の2六）。

イ 耐津波設計方針の妥当性

基準津波に対して「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」とした設置許可基準規則5条に関し、同規則の解釈別記3では、設計基準対象施設は、以下の設計方針によることとされている。

1) 遷上波に対する防護措置

設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類上、Sクラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）の設置された敷地においては、基準津波による遷上波を地上部から到達又は流入させず、かつ、取水路及び排水路等の経路から流入させないことが求められる。これらを確保するための方針として、例えば、Sクラスに属する設備（浸水防止設備及び津波監視設備を除く。以下1)ないし3)において同じ。）を内包する建屋及び屋外に設置されるSクラスに属する設備については、基準津波による遷上波が到達しない十分高い場所への設置、又は防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置することが求められる（設置許可基

準規則の解釈別記 3 の 3 一)。

2) 取水・放水施設等からの漏水による浸水に対する防護措置

設計基準対象施設について、取水・放水施設等からの漏水の可能性と漏水が継続することによる浸水範囲を想定し、浸水対策を施すことによる浸水範囲の限定化が求められ、長時間の冠水が想定される場合には、それに対する備えとして排水設備の設置が求められる。浸水想定範囲の周辺に S クラスに属する設備がある場合には、防水区画化するとともに、必要に応じて浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認することが求められる（設置許可基準規則の解釈別記 3 の 3 二）。

3) 津波による溢水に起因する浸水に対する防護措置

上記 1) 及び 2) のほか、S クラスに属する施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）について、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離することを求めている。具体的には、S クラスに属する設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、同範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、浸水対策を実施することを求めている（設置許可基準規則の解釈別記 3 の 3 三）。

4) 水位変動による取水性低下の防止措置

基準津波による水位変動に伴う海水の取水性低下による炉心冷却機能等の重要な安全機能への影響を防止するために、非常用海水冷却系については、同変動による水位低下に対して海水ポンプが機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計であることが求められる（設置許可基準規則の解釈別記 3 の 3 四）。

また、水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して、取水口及び

取水路の通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であることが求められる（設置許可基準規則の解釈別記 3 の 3 四）。

5) 入力津波に対する津波防護機能等の保持

S クラスに分類される設計基準対象施設のうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備については、これらの施設等の耐津波設計について、基準津波の波源からの数値計算により、同施設等の設置位置において算定される入力津波をそれぞれ設定し、この入力津波に対して津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能が十分に保持できるよう設計することが求められる（設置許可基準規則の解釈別記 3 の 3 五）。

（2）設置許可基準規則における重大事故等対策

設置許可基準規則は、重大事故等対処施設について、前記（1）の方針に基づき策定された基準津波に対して、重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない設計によるものでなければならないことを求めている（設置許可基準規則 40 条）。

また、重大事故等対処等施設のうち、特定重大事故等対処施設^{*5}の場合は、基準津波に対する設計基準上の許容限界は設計基準と同じものを適用するが、例えば、措置の多様性の観点から、水密性が保証された建屋又は高台に設置された建屋等に収納する等、設計基準における防護措置とは性質の異なる対策を講じること等により、基準津波を一定程度超える津波に対して頑健性を高めることを求めている（設置許可基準規則 40 条の解釈）。

*5 重大事故等対処施設のうち、故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムにより炉心の著しい損傷が発生するおそれがある場合又は炉心の著しい損傷が発生した場合において、原子炉格納容器の破損による工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を抑制するためのものをいう（設置許可基準規則 2 条 2 項 12 号）。

§ 5 5-4 津波

5-4-2 津波対策とはどのようなものか。

1 平成23年東北地方太平洋沖地震以前の津波対策

原子力発電所では、原子炉で熱せられた蒸気を用いてタービンを回して発電している。タービンを回し終えた蒸気は、再度原子炉へ再循環させるために冷やして復水させている。冷やすためには大量の冷却媒体が必要であり、我が国の原子力発電所では、冷却媒体として海水を選択し、海岸沿いに設置されている。そのため、原子力発電所を設置する敷地に大きな影響を与えるおそれがある津波に対して、重要な安全機能が損なうことがないように対策を講じる必要がある。

平成23年東北地方太平洋沖地震以前における安全審査では、改訂耐震設計審査指針に基づき、地震随伴事象として考慮すべき事象として、「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と想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがない」よう講ずるべき対策を求めていた。

2 新規制基準（設置許可基準規則）における津波対策

平成23年東北地方太平洋沖地震に伴って発生した津波が、東京電力株式会社福島第一原子力発電所に襲来したことに伴い、非常用ディーゼル発電機等の電気設備の多くが機能喪失したことによって、1～3号機においては冷却機能を失い、炉心溶融に至った。

平成23年東北地方太平洋沖地震後に旧原子力安全委員会に設置された地震・津波関連指針等検討小委員会において、福島第一原子力発電所における事故等の教訓を踏まえ、改訂耐震設計指針等に反映させるべき事項について検討が行われ

た。

検討に当たって、最新の科学的知見を基に設定したとしても、それを超える津波が襲来する可能性は否定できず、その場合のリスクを最小限にするために如何なる対策を講ずるべきかという視点で議論が進められた。

その結果、平成24年3月14日に改訂耐震設計審査指針に反映させるべき事項が以下のように取りまとめられた。

- ① 想定すべき津波を地震の随伴事象に限らず、世界の津波事例や津波の発生機構等から考えると、プレート境界で大きなすべりにより強い揺れと大きな津波を生成する地震や海溝近傍で発生し強い揺れを伴わないが大きな津波を生成する津波地震、海域の地殻内地震に加えて、火山の山体崩壊、地すべり等が大きな津波の発生要因になっていることから、国内及び世界の津波事例を踏まえ、その発生機構やテクトニクス的背景の類似性を考慮した上で検討を行うことを基本とした。
- ② また、津波に対する安全性評価としては、津波に対する防御施設の設置等により安全上重要な施設の設置位置（敷地高さ）に津波を浸入させないことを基本とすることとした。
- ③ しかし、最新の知見に基づいた科学的合理性を持って策定された基準津波であっても、それを超えた津波が原子力発電所に来襲する可能性は否定できないことを踏まえ、遡上してしまったとしても、重要な安全機能を有する施設の機能が維持されるよう浸水防止対策を講ずることを求めることとした（発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針及び関連の指針類に反映させるべき事項について（とりまとめ）4ないし6ページ）。

新規制基準策定に当たって、津波対策については、これらの考え方を参考に検討が進められた。

この結果、設置許可基準規則では、多層的な津波対策を講じることを求め、基準津波による津波を敷地に遡上又は流入させないドライサイトを基本としつつ、

設計を超える事象（津波が防潮堤を越え敷地に流入する事象等）に対しても一定の耐性を付与するよう求めている（設置許可基準規則5条及び40条）。

具体的には、以下に示すような対策を求めている。

① 外郭防護1

新規制基準において基準津波は、Sクラスに属する施設の設置された敷地に遡上波が地上部から到達又は流入させない、取水炉及び排水路等の経路から流入させない、取水路又は放水路等の経路から津波が流入する可能性が考えられる場合には、浸水防止対策を講ずる。

② 外郭防護2

取水・放水施設及び地下部等において、漏水の可能性がある場合、漏水が継続することによる浸水範囲を限定して浸水対策を講ずる、浸水想定範囲の周辺にSクラスに属する設備がある場合は、防水区画化するとともに、必要に応じて浸水量評価を実施し、安全機能への影響を評価し、浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は排水設備を設置する。

③ 内郭防護

更にSクラスに属する設備を内包する建物及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化し、当該範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し、それらに対して浸水対策を講ずる。

§ 5 5-4 津波

5-4-3 基準津波とは何か。

1 津波対策の必要性

事故防止対策に係る規制として、安全確保の見地から、自然現象又は外部からの人為事象といった外部事象と、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故とを区別し、外部事象に対する設計上の考慮の妥当性は、それ自体が事故の誘因となるないよう、発電用原子炉施設の基本設計ないし基本的設計方針に係る事項として審査される仕組みとされている。

我が国は、プレート境界に極めて近い位置に存し（図1、2）、地震の発生確率が大きいことを踏まえ、外部事象の中でも津波は、地震の発生に伴って発生する発電用原子炉施設やその機器等へ影響を与えることが想定される事象として、考慮が必要であると従来から考えられてきた。

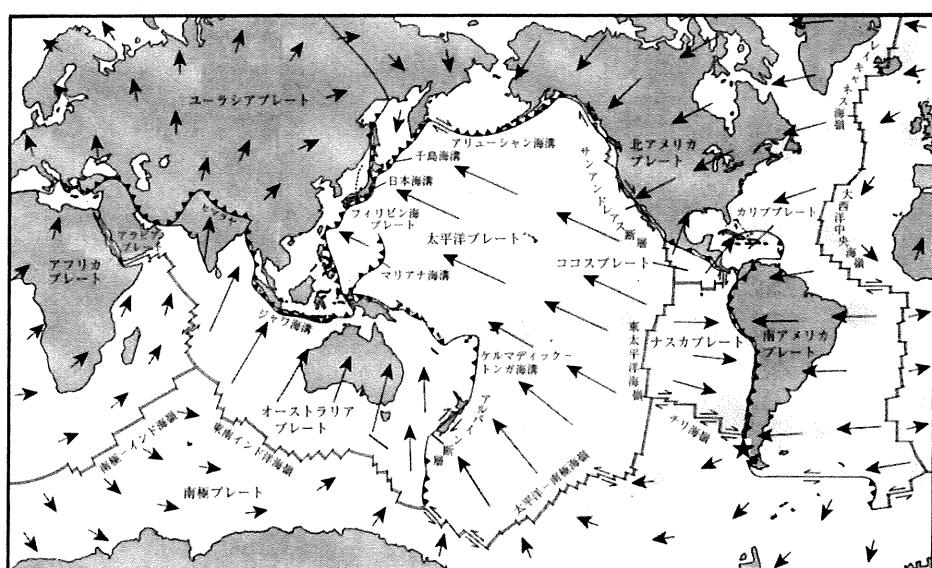


図1 世界のプレート境界

（出典：西村祐二郎編著（2010）『基礎地球科学 第2版』朝倉書店）

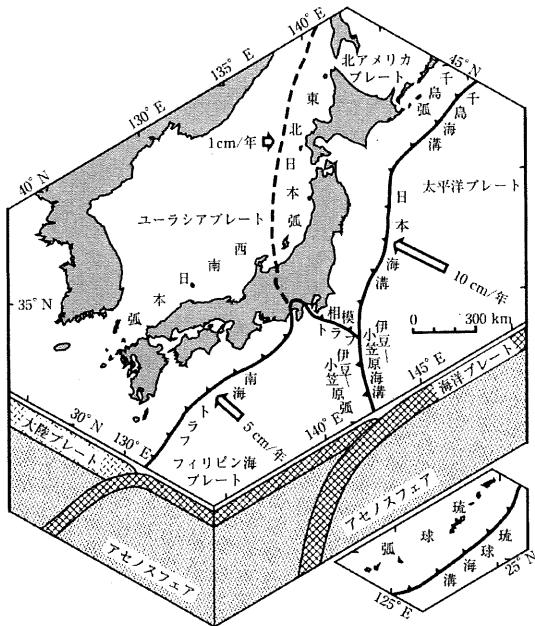


図2 日本列島を取り囲むプレート

(出典：西村祐二郎編著（2010）『基礎地球科学 第2版』朝倉書店)

2 津波の発生メカニズムと特徴

海底地形の上下変動が生じると、その上にある海水も上下することにより当該地点から海水が流れしていく、又は当該地点に海水が流れてくることにより海面が上昇又は下降することが津波発生の原因である（図3）。海底地形に変動を与える得る陸上及び海底の地すべり、海底火山の噴火、海底の崖の崩壊等によっても津波は発生する。また、津波は、水深が深いほど速く進み、陸地に近づき水深が浅くなるほど速度が遅くなる一方で、波高が沖合よりも高くなるという性質を有している。その結果、水深の深いところでは目視で認識できなかった海面の上昇が、海岸線近くでははっきりと認識される（図4）。

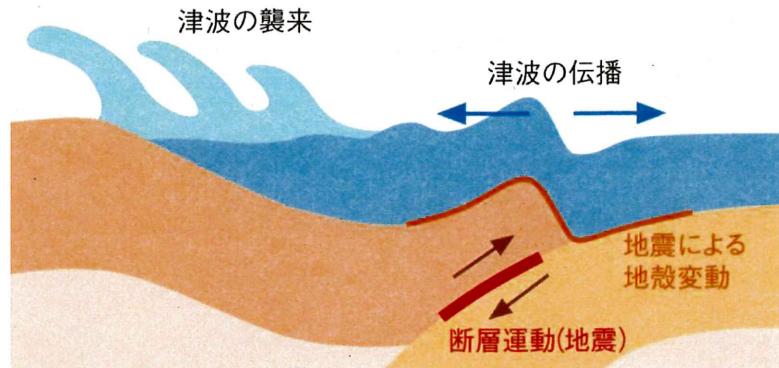


図3 津波の発生メカニズム（出典：気象庁ホームページ）

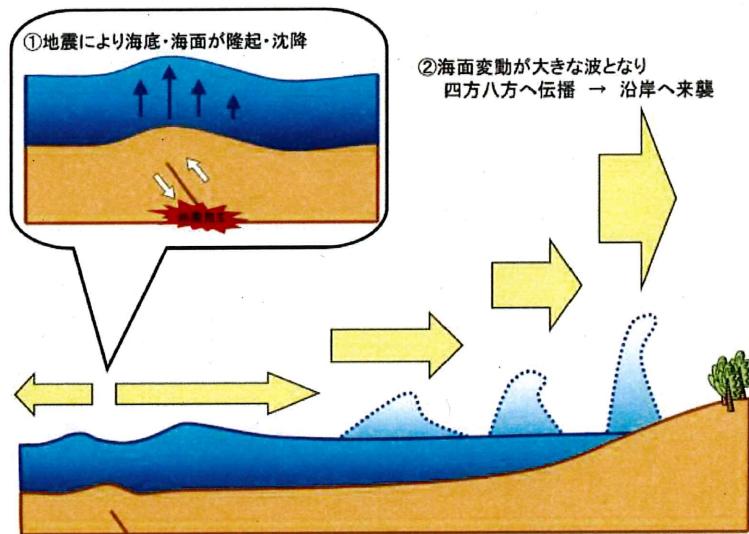


図4 津波の特徴（出典：気象庁ホームページ）

そのほか、津波の高さは、海岸付近の地形によっても大きく変化する。図5に示す岬の突端とその周辺地域においては、岬付近の水深の変化によって津波が屈折し、岬付近の海岸に集中することによる。また、図6に示すV字型の湾では湾奥ほど波が集中し、海面の上昇が大きくなる。古くから三陸地方のリアス式海岸が大規模な津波に襲わされてきたのはこのためである。

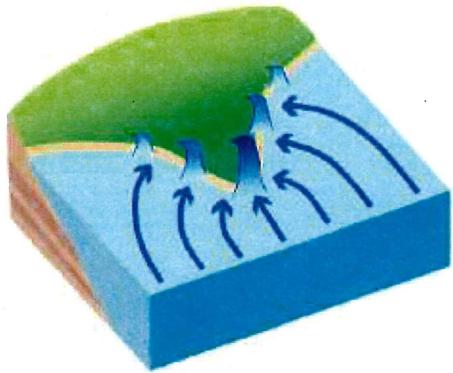


図5 岬の先端に津波が集まる様子

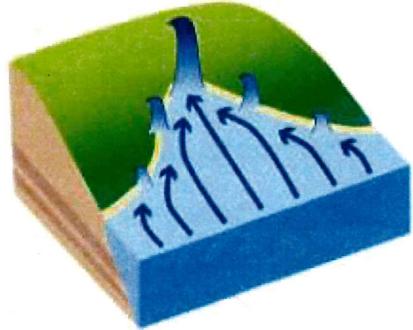


図6 V字型の湾の奥に津波が集まる様子

(出典:図5, 6はともに気象庁「地震を知る」、2009年)

3 基準津波とは

基準津波とは、設置許可基準規則5条の「その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波」をいい、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想定することが適切なもの（同解釈別記3の1）である。基準津波を時刻歴波形^{*1}で示す際は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、施設からの反射波の影響が微少となるよう、施設から離れた沿岸域のある一点における津波を用いることとされている。基準津波の策定方法は、5-4-5を参照のこと。

*1 基準津波の定義位置における津波の高さを時間の経過とともに表したもの。

基準津波の策定位置は、以下の観点を踏まえ、敷地から沖合いへ約10km離れた位置(水深100m)とした。

- 施設からの反射波が微小となる位置
- 女川湾の振動特性(固有周期)に伴う水位増幅の影響が及ばない位置
- 波の屈折・回折の影響を受けにくい位置

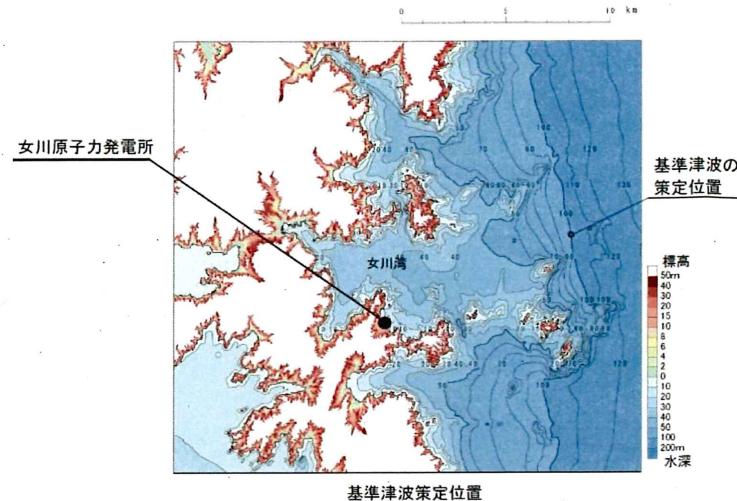


図7 基準津波の策定位置（例）

(出典:原子力規制委員会、第185回審査会合資料(東北電力)(H27.1.23))

一方、基準津波による津波の敷地への遡上の有無など耐津波設計に必要な津波高さは「入力津波」として設定する。入力津波は、基準津波を決めた波源からの数値計算により、各原子力施設・設備の設置位置までの局所的な水位上昇・下降を考慮して、時刻歴波形として示されたものである。入力津波は、基準津波に比べ、敷地沿岸の海底地形等の影響により一般的に高くなる。

評価項目	敷地前面 (防潮堤前面)	取水口前面			放水口前面	
		1号	2号	3号	1号	2・3号
水位上昇側	○	○	○	○	○	○
水位下降側	—	○	○	○	—	—

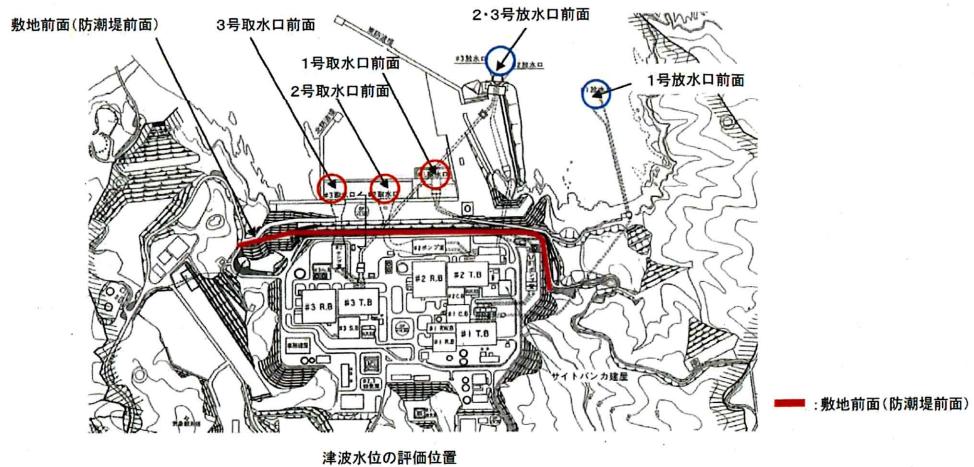


図 8 入力津波の評価位置 (例)

(出典:原子力規制委員会、第 185 回審査会合資料 (東北電力) (H27. 1. 23))

§ 5 5-4 津波

5-4-4 新規制基準策定前後で津波対策を見直したのか。

1 津波対策を講ずる基準となる津波の想定

(1) 新規制基準策定前

地震随伴事象として、設計基準対象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と想定することが適切な津波（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としていた（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16日原子力安全委員会改訂。以下「耐震安全性に関する安全審査の手引き」という。））。

(2) 新規制基準策定後

世界の津波事例や津波の発生機構等から考えると、プレート境界で大きなすべりにより強い揺れと大きな津波を生成する地震や海溝近傍で発生し強い揺れを伴わないが大きな津波を生成する津波地震、海域の地殻内地震に加えて、火山の山体崩壊、地すべり等が大きな津波の発生要因となっていることから、津波を発生させる要因として、

- ・プレート間地震^{*1}
- ・海洋プレート内地震^{*2}

*1 相接する2つのプレートの境界面で発生する地震をいう（設置許可基準規則の解釈別記2の5二）。

*2 沈み込む（沈み込んだ）海洋プレート内部で発生する地震をいい、海溝軸付近又はそのやや

- ・海城の活断層による地殻内地震^{*3}
- ・陸上及び海底での地すべり及び斜面崩壊
- ・火山現象（噴火、山体崩壊又はカルデラ陥没等）

を考慮するものとし、敷地に大きな影響を与えると予想される要因を複数選定することとした。また、津波発生要因に係る敷地の地学的背景及び津波発生要因の関連性を踏まえ、プレート間地震及びその他の地震、又は地震及び地すべり若しくは斜面崩壊等の組合せについて考慮するものとした。これらの波源を基に津波対策上の十分な裕度を含めるため、基準津波の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる波源特性の不確かさの要因（断層の位置、長さ、幅、走向、傾斜角、すべり量、すべり角、すべり分布、破壊開始点及び破壊伝播速度等）及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさを十分踏まえた上で、適切な手法を用いて基準津波を策定し、設計基準対象施設を基準津波によって安全機能が損なわれるおそれがないように対策を講ずることを要求している。

2 新規制基準（設置許可基準規則）における津波対策

（1）新規制基準策定前

改訂耐震設計審査指針及び耐震安全性に関する安全審査の手引きでは、「敷地に大きな影響を与える」とは、津波の到来に伴い、Sクラス施設（前記5-3-1の2（1）イ）の設置地盤に遡上するか否か、また、引き波により取水口において取水性能の低下に伴い、冷却機能に影響を与えるか否かである。

沖合で発生する「沈み込む海洋プレート内の地震」又は海溝軸付近から陸側で発生する「沈み込んだ海洋プレート内の地震（スラブ内地震）」の2種類に分けられる（設置許可基準規則の解釈別記2の5二）。

*3 陸のプレートで発生する地震のうち、海岸のやや沖合で発生する地震をいう。

(2) 新規制基準策定後

基準津波による津波を敷地に遡上又は流入させないドライサイトを基本としつつ、設計を超える事象（津波が防潮堤を越え敷地に流入する事象等）に対しても一定の耐性を付与するよう配慮することを求めている（設置許可基準規則5条及び40条）。具体的には、以下のような多層的な防護対策を講じさせることとしている。

① 外郭防護（遡上波防護）（設置許可基準規則の解釈別記3の3一）

耐震重要施設^{*4}（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）の設置された敷地への津波の到達又は流入を防止することを基本方針とし、大量の海水の流入をもたらす遡上波に対する防護措置として、耐震重要施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）の設置された敷地において、基準津波による遡上波の地上部からの到達又は流入を防止するため、当該施設は、当該遡上波が到達しない十分高い場所に設置し、当該遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置することを求めている。また、取水路及び放水路等は、海水と接している場合には、水位上昇時に逆流が生じ得るという構造上の特徴を有するため、津波がこれらの経路から敷地内に流入することも考えられる。そこで、津波が流入する可能性のある経路（扉、開口部及び貫通部等）を特定して浸水対策を施すことにより、同経路からの津波の流入を防止することも求めている。

② 外郭防護（漏水防護）（設置許可基準規則の解釈別記3の3二）

取水・放水施設及び地下部等からの漏水による浸水に対する防護措置として、漏水による浸水範囲を限定し、浸水想定範囲の周辺に耐震重要設備があ

*4 設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいものをいう（設置許可基準規則3条）。後述する耐震重要度分類の最上位クラスであるSクラスと同義。

る場合は、防水区画化し、必要に応じて浸水量評価を実施して安全機能への影響がないことを確認するとともに、長時間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置するなどして、重要な安全機能への影響を防止することを求めている。これは、取水・放水設備及び地下部等においては、外郭防護（遡上波防護）の浸水対策を施してもなお、漏水が生じる可能性を完全に排斥することはできないからである。

③ 内郭防護（設置許可基準規則別記3の3三）

Sクラスに属する設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、当該範囲に浸水する可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、浸水対策を施すことが求められている。これは、地震・津波による配管及び敷地内のタンク等の損傷に伴う溢水等、地震・津波による相乗的影響に対し、外郭防護（遡上波及び漏水防護）に加えて、重要な安全機能を有する設備等が内包される建屋及び区画を重点的に防護すること（内郭防護）により、重要な安全機能への影響防止を確実なものとするためである。

④ 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備（設置許可基準規則の解釈別記3の3五）

同施設等の耐津波設計を行うため、基準津波の波源からの数値計算により、津波の伝播特性及び浸水経路等を考慮してそれぞれの施設等において算定された入力津波に対して同施設等の機能が保持できるように設計されることを求めている。

§ 5 5-4 津波

5-4-5 基準津波を超えると、即座に安全機能は喪失してしまうのか。

1 そもそも基準津波はどのように策定されるのか

津波とは、海底等に生じた地盤変動が海水を上昇もしくは下降させることによって生ずるものである（前記 5-4-3 の 2 参照）。設置許可基準規則においては、このような津波発生機構を踏まえ、基準津波策定に係る津波評価では、数値解析（数値シミュレーション）を行うよう求めている（設置許可基準規則解釈別記 3 の 1 など）。この津波の数値シミュレーションとは、津波を数値計算によって模擬するものである。例えば、津波の発生要因が地震である場合について説明すると、まず、海底の活断層が活動することにより生ずる海底面の地盤変動量を求め、その海底の上下変動がそのまま地震発生直後に海面に生じる凹凸になると想え、このようにして生ずる海面の凹凸パターンを津波の初期水位とし、これが四方八方に伝わっていく様子を計算するものである（前記 5-4-3 図 3 及び図 4 参照）。その結果、原子力発電所に到達する津波で、耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがあるもの、例えば敷地に最も高い上昇水位及び低い下降水位を与える津波を、基準津波として策定することになる。

具体的には、基準津波を策定するに当たっては、まず、津波を発生させる要因として、プレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震、陸上及び海底での地すべり及び斜面崩壊並びに火山現象（噴火、山体崩壊又はカルデラ陥没等）を考慮するものとし、敷地に大きな影響を与えると予想される津波を複数選定する。

次に、津波発生要因に係る敷地の地学的背景及び津波発生要因の関連性を踏まえ、プレート間地震及びその他の地震、又は地震及び地すべり若しくは斜面崩壊

等の組合せについて考慮する。

以上の検討により選定された「津波を発生させる要因」に基づき、数値解析のための「津波波源」を設定する。津波波源の設定に当たっては、プレート形状、すべり欠損分布、断層形状、地形・地質及び火山の位置等から考えられる適切な規模を考慮することとし、この場合、国内のみならず世界で起きた大規模な津波事例を踏まえ、津波の発生機構及びテクトニクス的背景の類似性を考慮した上で検討が行われる。また、遠地津波に対しても、国内のみならず世界での事例を踏まえ、検討が行われる（設置許可基準規則の解釈別記3の2二）。このように、津波波源は、地形・地質状況から考えられる適切な規模のものでなければならず、かつ、基準津波の策定に当たって行う調査及び評価は、最新の科学的・技術的知見を踏まえていなければならない（設置許可基準規則の解釈別記3の2八）。したがって、プレート間地震に起因する津波波源の対象領域として、例えば「千島海溝～日本海溝」を検討する場合においても、科学的・技術的知見を踏まえた十分な検討が行われ、適切な規模の波源が設定されていなければならない。

さらに、これらの波源を基に津波対策上の十分な裕度を含めるため、基準津波の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる波源特性の不確かさの要因（断層の位置、長さ、幅、走向、傾斜角、すべり量、すべり角、すべり分布、破壊開始点及び破壊伝播速度等）及びその大きさの程度並びにそれらに係る考え方及び解釈の違いによる不確かさを十分踏まえた上で、津波波源の設定及び数値解析が行われ、敷地における津波高さが評価される。

そして、幾つかのケースの中から、敷地に対して最も大きな影響を与える津波（最も高い上昇水位及び低い下降水位を与える津波）が、基準津波として選定される。このようにして、基準津波は、「その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波」として、最新の科学的・技術的知見を踏まえて、かつ不確かさも考慮して、十分な保守性をもつものが策定される。

なお、数値解析によって得られる津波の高さは敷地の各所によって異なるの

で、施設位置では一義的な津波高さを表すことができないし、また、沖合から入射する津波高さの挙動をより忠実に示す観点等から、基準津波の時刻歴波形を示す際は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、当該波形に対する施設からの反射波の影響が微少となるよう^{*1}、施設から離れた沿岸域における津波水位を用いる。

2 福島第一原子力発電所事故のような状況にならないよう多層的な津波対策を探ることを要求していること

5-4-4において述べたように、設置許可基準規則は、基準津波による津波を敷地に遡上又は流入させないドライサイトを基本としつつ、設計を超える事象（津波が防潮堤を越え敷地に流入する事象等）に対しても一定の耐性を付与するよう配慮し、多層的な津波対策を求めている。具体的には、下記のとおりである。

① 外郭防護（遡上波防護）（設置許可基準規則の解釈 別記3の3一）

基準津波による遡上波の地上部からの到達又は流入を防止するため、当該施設は、当該遡上波が到達しない十分高い場所に設置し、当該遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置することを求めている。また、取水路及び放水路等は、海水と接している場合には、水位上昇時に逆流が生じ得るという構造上の特徴を有するため、津波がこれらの経路から敷地内に流入することも考えられる。そこで、津波が流入する可能性のある経路（扉、開口部及び貫通部等）を特定して浸水対策を施すことにより、同経路からの津波の流入を防止することも求めている。

② 外郭防護（漏水防護）（設置許可基準規則の解釈 別記3の3二）

取水・放水設備及び地下部等において、外郭防護（遡上波防護）の浸水対策

*1 沖合から入射してくる波に、陸からの反射波が合わさると、津波水位が高くなったり低くなったりして、沖合から敷地沿岸域に入射してくる津波の高さが把握しづらくなるため。

を施してもなお、漏水が生じる可能性を完全に排斥することはできない。そのような視点から、取水・放水施設及び地下部等からの漏水による浸水に対する防護措置として、漏水による浸水範囲を限定し、浸水想定範囲の周辺に耐震重要設備がある場合は、防水区画化し、必要に応じて浸水量評価を実施して安全機能への影響がないことを確認するとともに、長時間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置するなどして、重要な安全機能への影響を防止することを求めている。

③ 内郭防護（設置許可基準規則の解釈 別記3の3三）

地震・津波による配管及び敷地内のタンク等の損傷に伴う溢水等、地震・津波による相乗的影響に対し、外郭防護（遡上波及び漏水防護）に加えて、重要な安全機能を有する設備等が内包される建屋及び区画を重点的に防護すること（内郭防護）により、重要な安全機能への影響防止を確実なものとするため、Sクラスに分類される設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、当該範囲に浸水する可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部及び貫通口等）を特定し、浸水対策を施す求めている。

以上のように、基準津波は、「その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波」として、最新の科学的・技術的知見を踏まえて、かつ不確かさも考慮して十分保守的に策定されるものである。そして、基準津波を超える事象に対しても、設置許可基準規則は、一定の耐性を付与するよう配慮し、多層的な津波対策を講ずるよう求めているのであるから、仮に、基準津波を一定程度超える津波が到来したとしても、即座に安全機能が喪失してしまうことはない。

§ 5 5-4 津波

5-4-6 立地条件から想定する基準津波を超えることを否定できないのであれば、全ての発電所に全世界での既往最大を上回る高さの防潮堤の建設を義務付けるべきでないか。

1 そもそも津波はどのようにして発生するのか

海底地形の上下変動が生じると、その上にある海水も上下することにより当該地点から海水が流れていく、又は当該地点に海水が流れてくることにより海面が上昇又は下降することが津波発生の原因である（図1）。

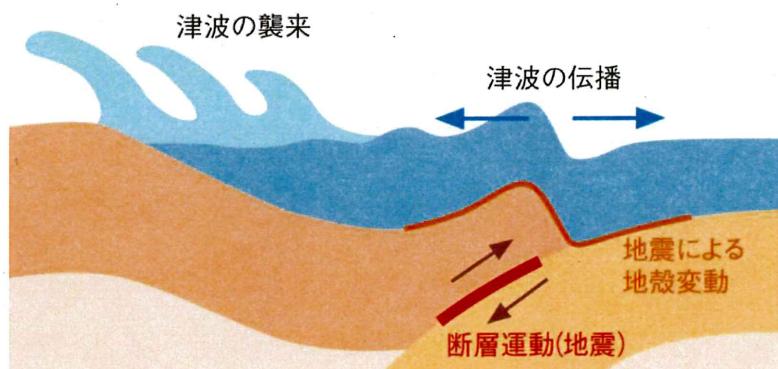


図1 津波の発生メカニズム（出典：気象庁ホームページ）

海底地形に変動を与える陸上及び海底の地すべり、海底火山の噴火、海底の崖の崩壊等によっても津波は発生する。また、津波は、水深が深いほど速く進み、陸地に近づき水深が浅くなるほど速度が遅くなる一方で、波高が沖合よりも高くなるという性質を有している。

そのほか、津波の高さは、海岸付近の地形によっても大きく変化する。図2に示す岬の突端とその周辺地域においては、岬付近の水深の変化によって津波が屈折し、岬付近の海岸に集中することによる。また、図3に示すV字型の湾では湾

奥ほど波が集中し、海面の上昇が大きくなる。

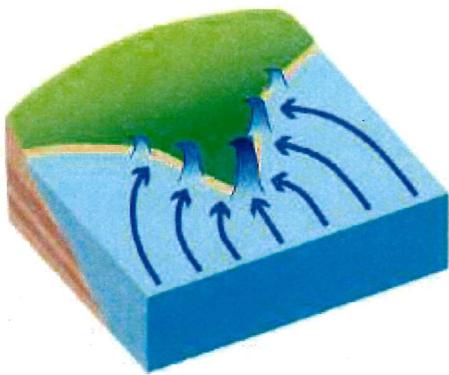


図2 岬の先端に津波が集まる様子

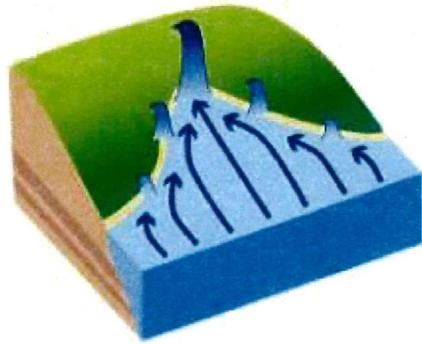


図3 V字型の湾の奥に津波が集まる様子

(出典:図2, 3はともに気象庁「地震を知る」、2009年)

基準津波は、波源の位置、波源から評価地点までの海底地形、評価地点の海岸付近の地形等によって、大きく増減するため、それらの事項について詳細な調査を講じた上で、解析等を実施することにより算定されるべきである。したがって、日本全国で統一的な対策を講じることは合理的でない。

2 基準津波を超える津波の発生を完全には否定できることへの対応

福島第一発電所では平成23年東北地方太平洋沖地震に起因する想定外の津波により非常用電源設備等の安全上重要な施設が想定外に損傷したことを踏まえれば、基準津波による津波を敷地に遡上又は流入させないドライサイトを基本としつつ、設計を超える事象（津波が防潮堤を越え敷地に流入する事象等）に対しても一定の耐性を付与するよう配慮した津波対策を求めており（この詳細は、「§5 5-4 5-4-5」を参照）、津波に対する防護の要求をより具体的にするとともに、規制内容を高度化するのが合理的である。

§ 5 5-4 津波

5-4-7 津波対策における防潮堤等の津波防護施設に対する規制上の要求事項については、津波そのものだけでなく、津波に伴う漂流物の影響も考慮されているのか。

1 津波に伴う漂流物とは

津波に伴う漂流物とは、津波によって流されてきたものを指し、この漂流物が建物・構築物に衝突することで、外壁に大きな開口を生じるなど損傷を与えることがある^{*1}（図1）。船舶や車両、材木等が漂流物になりやすいとされており^{*2}、一般的な建物における津波被害の原因の一つとなっている。



出典：「3.11 キヨクのキロク、そしてイマ。」(http://www.20thcas.org/?cat=11)、気仙沼市
・陸上に打ち上げられた船が、石巻商工信用組合の建物に衝突した

写- 1.19 2011年東北地方太平洋沖地震津波により打ち上げられた漁船の衝突(宮城県石巻市)

【図1 津波に伴う漂流物による被害の例^{*3}】

*1 国立研究開発法人建築研究所ホームページ「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）調査研究（速報）」では、発電用原子炉施設ではなく、一般の建築物ではあるが、津波に伴う漂流物による被害状況を公表している。

*2 國土交通省中部地方整備局「地震・津波災害に強いまちづくりガイドライン（中間とりまとめ）」（平成25年3月）・151～152ページを参照。

*3 水産庁漁港整備部「漁港の津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案）」（平成28年12

なお、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴って発生した津波により、東京電力福島第一原子力発電所の敷地内では、津波により、重油タンク、門型クレーン、車両等が漂流物となり^{*4}、建屋外壁において、漂流物が衝突したと思われる痕跡が一部で確認されているが、漂流物による構造躯体の損傷は確認されていない^{*5}。

2 津波防護施設における設置許可基準規則及び津波審査ガイドにおける漂流物対策

(1) 設置許可基準規則における漂流物対策

設置許可基準規則5条は、基準津波に対して「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」としており、これに関し、同規則の解釈別記3では、設計基準対象施設の遡上津波に対する防護措置として、設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類上、Sクラスに属する施設の設置された敷地においては、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させず、かつ、取水路及び排水路等の経路から流入させないことを求め、これらを確保するための方針として、例えば、これらの施設については、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所への設置、又は防潮堤等の津波防護施設^{*6}を設置することを求めている（設置許可基準規則の解釈別記3の3一）。

また、津波防護施設については、入力津波に対して津波防護機能が保持できることを求めており（同規則の解釈別記3の3五）。そのため、防護機能保持のための一つである漂流物対策として、津波防護施設の外側の発電所敷地内及

月）より抜粋。

*4 第4回建築物・構造に関する意見聴取会・配布資料「建築物・構造4-2-2 東京電力福島第一・第二原子力発電所津波に伴う漂流物による建屋等への影響について（コメント回答）」（平成23年11月原子力安全・保安院）を参照。

*5 第4回建築物・構造に関する意見聴取会・議事録・6～7ページを参照。

*6 「津波防護施設」とは、防潮堤、盛土構造物及び防潮壁等をいう（設置許可基準規則の解釈別記3の五①）。

び近傍において建物・構築物及び設置物等が破損、倒壊及び漂流する可能性を検討し、そのおそれがある場合には、津波防護施設及び浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は津波防護施設及び浸水防止設備への影響の防止措置を施すことを求めている（設置許可基準規則の解釈別記3の3五⑥）。

（2）審査ガイドにおける漂流物対策

さらに、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」（以下「津波審査ガイド」という。）においては、漂流物による波及的影響の検討として次の方針を確認することとしている（津波審査ガイドII. 5. 4. 2）。

ア 漂流物による波及的影響^{*7}の検討方針が、要求事項に適合する方針であることを確認する。

イ 設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るために、以下の例のような具体的な方針を確認する。

1) 敷地周辺の遡上解析結果等を踏まえて、敷地周辺の陸域の建物・構築物及び海域の設置物等を網羅的に調査した上で、敷地への津波の襲来経路及び遡上経路並びに津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において発生する可能性のある漂流物を特定する方針であること。なお、漂流物の特定に当たっては、地震による損傷が漂流物の発生可能性を高めることを考慮する方針であること。

2) 漂流防止装置、影響防止装置は、津波による波力、漂流物の衝突による荷重との組合せを適切に考慮して設計すること。

*7 漂流物による波及的影響とは、例えば、原子力発電所敷地周辺に停泊等していた船舶が漂流物となり、原子力発電所の海水の取水口を閉塞することによって、原子炉施設の冷却機能を喪失するような影響等をいう。

以上のように、新規制基準では津波に伴う漂流物の影響も考慮されており、審査上の確認は以下のような順序にしたがって行われることになる。

- ①近傍において発生する可能性のある漂流物の特定する方針であることの確認
- ②漂流防止装置又は影響防止装置による漂流防止措置の設計方針の確認
(例：ワイヤー接続や防護柵等)
- ③津波防護施設に対する衝突荷重を考慮した設計方針であることの確認 (①及び②の評価・検討結果により、漂流物が衝突する可能性のある場合)

§ 5 5-5 火山

5-5-1 火山に係る設置許可基準規則の内容及び火山影響評価ガイドの法的位置付けはどのようなものか。

1 設置許可基準規則における火山影響評価に関する規制

設置許可基準規則 6 条 1 項は、「安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」と定め、6 条の解釈 2において、「想定される自然現象」には「火山の影響」を含むとしている。

2 火山影響評価ガイドの策定経緯及び法的位置付け

原子力規制委員会は、IAEA の安全指針^{*1}、日本電気協会作成の「原子力発電所火山影響評価技術指針」（J E A G 4 6 2 5 – 2 0 0 9）等の文献や専門家からのヒアリング結果を基に、最新の科学的知見を集約し、火山影響評価をするための一例として、原子力発電所の火山影響評価ガイド（以下「火山影響評価ガイド」という。）を策定した。

火山影響評価ガイドは、設置許可基準規則 6 条に基づき、原子力発電所への火山影響を評価する際、審査官が参考とするものである。そのため、事業者において、その妥当性が適切に示されれば、火山影響評価ガイド以外の方法を用いてよい。

3 火山影響評価ガイド策定に当たっての基本的立場

原子力規制委員会は、火山影響評価ガイドの策定に当たっては、そもそも、現在の火

*1 IAEA Safety Standards “Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations” (No. SSG-21、2012)

山学の水準では火山噴火の時期や規模を的確に予知、予測することまではできないことを前提としている。その上で、現在の火山学の知見に照らせば、可能な限りの調査を尽くすことにより、運用期間中における活動可能性や設計対応不可能な火山事象の到達可能性が十分に小さいといえるか否かなどといった評価を行うことまでは可能であり、その限りでの評価に基づいて安全面に十分配慮した規制を行っていくことが科学的かつ合理的であるとの基本的立場をとっている。

4 火山影響評価ガイドが対象とする火山について

(1) 日本の火山の特徴

世界には、火山が広く分布している（図1参照）。その多くは、プレート境界に沿って形成される火山弧で、火山島や火山を含む山々の連鎖である。日本には5つの火山弧（千島、東北日本、伊豆一小笠原、西南日本、琉球）がある。

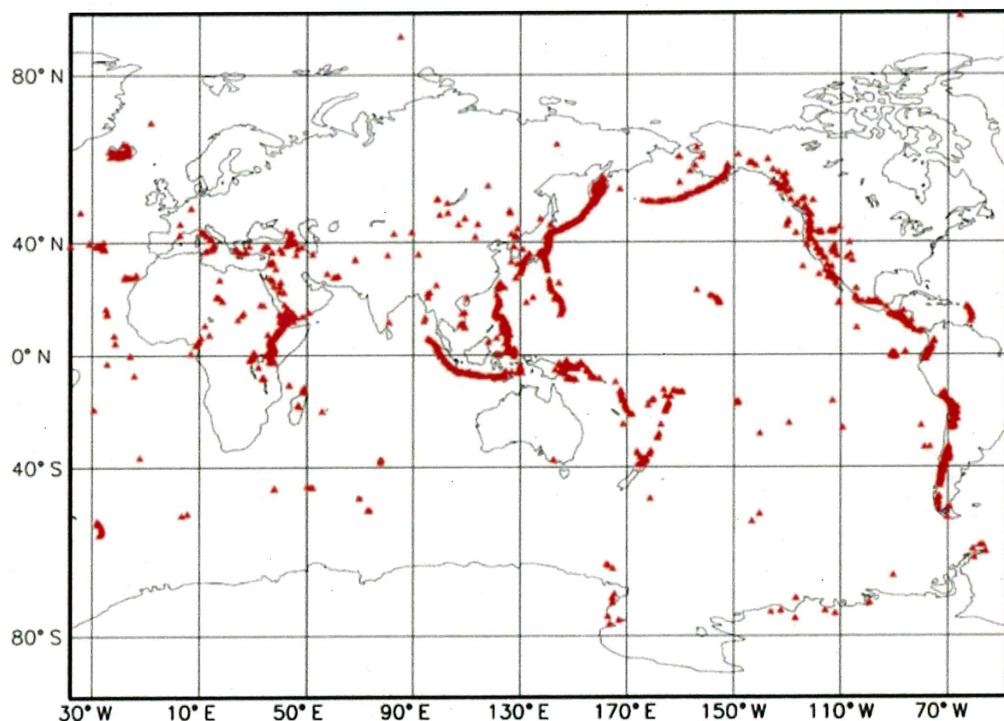


図1 火山の分布（出典：内閣府防災情報のページ「1 世界の火山」）

(2) 火山弧の活動

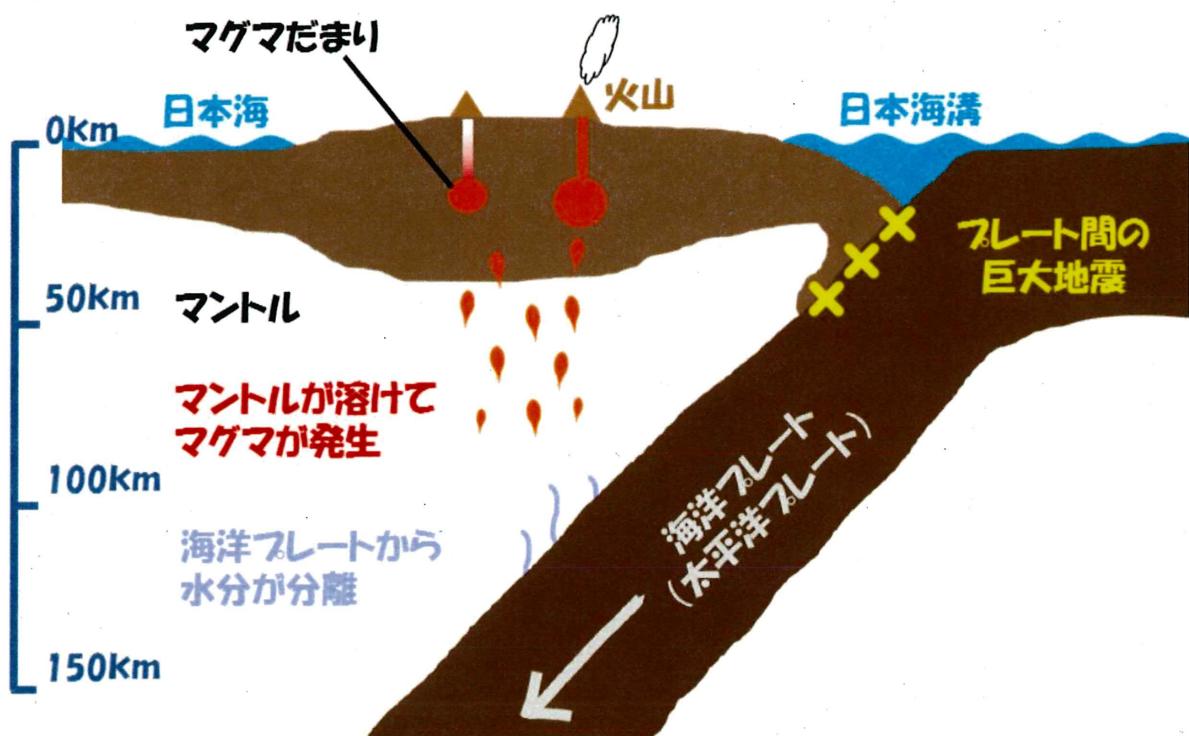


図2 プレート境界における火山弧の形成（東北地方の例）

（出典：気象庁「火山噴火の仕組み」）

火山の噴火は地下で生成されたマグマが地表に噴出することによって生じるものである。

一般に、火山弧の活動はプレートの沈み込みとテクトニクス場^{*2}に関連すると考えられている（図2参照）。海洋プレートが沈み込む際、プレート上部の海洋地殻には多くの水（含水鉱物）が含まれており、これらが脱水する温度・圧力条件まで沈み込むと水を放出する。放出された水はマントル内を上昇し、水の介在により融点が降下するため、岩石が溶融する温度・圧力条件を満たす領域でマグマが生成されると考えら

*2 主に岩石圈の動きによる地殻の応力場。

れている。そして、マグマは周囲地殻との密度差から上昇し、周囲の密度差が釣り合うところで、マグマ溜まりを形成する。このため、プレート境界に沿って火山弧が形成されると考えられている。一方、上昇したマグマが地表に到達する際には、浅部地殻の構造とテクトニクス場が影響すると考えられている。

このような火山弧の活動は、日本において1億年以上継続していると考えられているが、現在のテクトニクス場が成立した時期は、概ね鮮新世（約500万年前から約258万年前まで）から第四紀更新世（約258万年前から約1万年前まで）の間であると考えられ、地殻変動の傾向や火山活動の場は数十万年から数百万年にわたって変化がないと考えられている。

（3）火山影響評価ガイドが対象とする火山

上記のとおり、日本の火山弧の活動は、1億年以上継続しているのであるから、火山影響評価ガイドは、日本周辺の火山弧の活動が当面の間変化しないことを前提として、原子力発電所の運用期間中に影響を与える得る個々の火山を評価の対象としている。

§ 5 5-5 火山

5-5-2 火山影響評価ガイドにおける評価方法はどのようなものか（概要）。

1 評価方法の概要

火山影響評価とは、原子力発電所の安全に影響を及ぼし得る火山活動の評価のことをいう。

火山影響評価ガイドでは、火山影響評価として、図1のように、立地評価と影響評価の2段階で行うこととしている。

また、火山活動のモニタリングは、個別評価（本資料「§ 5 5-5 5-5-5」参照）により原子力発電所の運用期間中において設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価した火山であっても、この評価とは別に、第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達した可能性が否定できない火山に対して、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることの確認を目的として行われるものである（詳しくは本資料「§ 5 5-5 5-5-9」参照）。

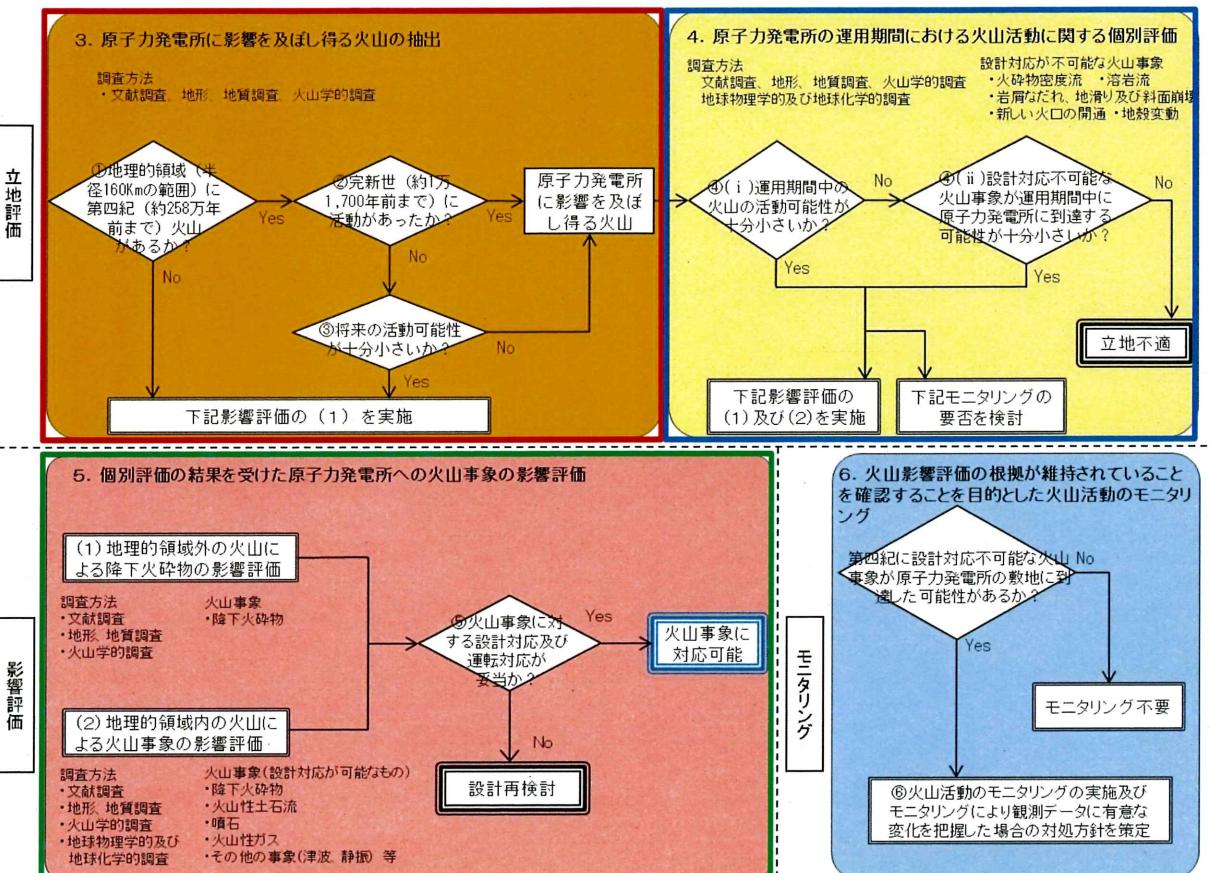


図1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

立地評価とは、評価対象場所周辺の火山事象の影響を考慮して原子力発電所を建設するサイト（敷地）としての適性を評価することをいい、主として、火山の将来の活動可能性を検討しながら、設計対応不可能、つまり、施設や設備で対応が不可能な火山事象^{*1}の当該原子力発電所への到達の可能性を評価するものである。

影響評価とは、立地評価の結果、立地が不適とされない原子力発電所において、運用期間中に生じ得る火山事象に対し、その影響を評価することをいい、具体的には、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象^{*2}を抽出し、それらの影響に対し

*1 火碎物密度流、溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口並びに地殻変動が該当する。

*2 降下火碎物、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（噴石）、火山ガス、津波及び静振、大気現象、火山性地震とこれに関連する事象並びに熱水系及び地下水の異常が該当する。

て事業者が施設や設備で対応する妥当性について評価を行うものである。

このように、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に到達する可能性を評価することで、原子力発電所の立地として不適切なものを排除し（立地評価）、その上で、火山事象に対する施設や設備の安全機能の確保を評価している（影響評価）。

2 立地評価について（詳細については 5-5-3 から 5-5-6 で説明）

立地評価では、最初に原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行う（図 1 赤枠部分参照）。

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山がない場合、立地は不適とはならない。

影響を及ぼし得る火山が抽出された場合には、抽出された火山について原子力発電所の運用期間中における火山活動に関する個別評価を行うこととなる（図 1 青枠部分参照）。その結果、運用期間中の火山の活動可能性が十分小さいとは評価できず、かつ、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に到達する可能性が十分小さいとも評価できない場合には、立地は不適となり、この場合、当該敷地に原子力発電所を立地することは認められない。

3 影響評価について

立地評価により立地が不適とならない場合には、次に影響評価を行う（図 1 緑枠部分参照）。

影響評価では、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山灰^{*3}等の個々の火山事象を抽出し、それらの影響の程度を評価した上で、設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。設計対応とは、原子力発電所に到達する火山事象に対し安全機能の保持を設計で対応できることであり、例えば、火山灰の堆積荷重に耐えるように建物を設計することである。運転対応とは、原子力発電所に到達する火山事象に対する運転時の対

*3 爆発性破碎のさまざまなプロセスによって生じる平均直径 2mm 未満の火山岩の破片。

応のことであり、例えば、敷地内に堆積した火山灰を除去する作業がこれに該当する。

4 IAEA・SSG-21との整合性

火山影響評価ガイドを作成するに当たり、IAEA・SSG-21を参考にしているが、これには、具体的な評価基準や指標は記載されていない。もっとも、火山影響評価ガイドは、判断の枠組みや評価手法についてIAEA・SSG-21に整合している。すなわち、評価の手順としては、完新世（約1万年前まで）に活動した火山を将来の活動可能性が否定できない火山とする考え方については整合している。また、立地評価及び影響評価を行うという判断の枠組み、検討の対象とする火山の運用期間中における活動可能性を評価するという枠組み^{*4}、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出の枠組み^{*5}、火山事象の原子力発電所への到達可能性を評価する手法^{*6}及び降下火砕物の最大層厚の設定方法^{*7}等について、火山影響評価ガイドはIAEA・SSG-21に整合している。

*4 IAEA・SSG-21項目2. 19は「原子力施設のサイトに影響を与える危険な現象を潜在的に生じることが可能な火山及び／若しくは火山域を示すために、「可能性のある」火山若しくは火山域の概念を本安全指針に導入している。可能性のある火山若しくは火山域とは、(i) 施設の耐用年数期間において将来活動を経験する可能性に信憑性があり、(ii) 施設のサイトに影響を与える現象を生じる可能性を有しているものである。」としている。

*5 IAEA・SSG-21表1では、設計及び運転に対する手段によって影響を緩和できる現象として、「火山灰の降下」「火山性土石流、火山泥流及び洪水」「火山から発生する弾道性飛来物」「火山ガス及びエアロゾル」「津波、静振、火口湖の崩壊及び氷河の決壊」「大気現象」「火山性地震及びその関連ハザード」「熱水系及び地下水の異常」を列挙し、緩和できない現象として「火砕物密度流：火碎流、火碎サージ及びプラスト」「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」「地盤変動」を列挙している。

*6 IAEA・SSG-21項目5. 16は「サイト領域における将来の火山活動の可能性が特定された場合、若しくはこの可能性を排除できない場合は、危険な現象がサイトに影響を与える可能性について解析するのがよい。」「場合により、これらの現象がサイトに到達する可能性がごくわずかであるならば、特定の危険な現象を更なる検討から選別排除することができる。」としている。

*7 IAEA・SSG-21項目6. 8は「決定論的アプローチでは、サイトにおける降下火砕堆積物に対する最大想定層厚の閾値を設定するのがよい。例えば、類似する火山の噴火からの実際の堆積物を用いて、可能性のある火山に対するサイトの堆積物の最大層厚を定義することができる。」としている。

§ 5 5-5 火山

5-5-3 火山影響評価ガイドにおける立地評価の方法はどのようなものか（概要）。

1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

立地評価

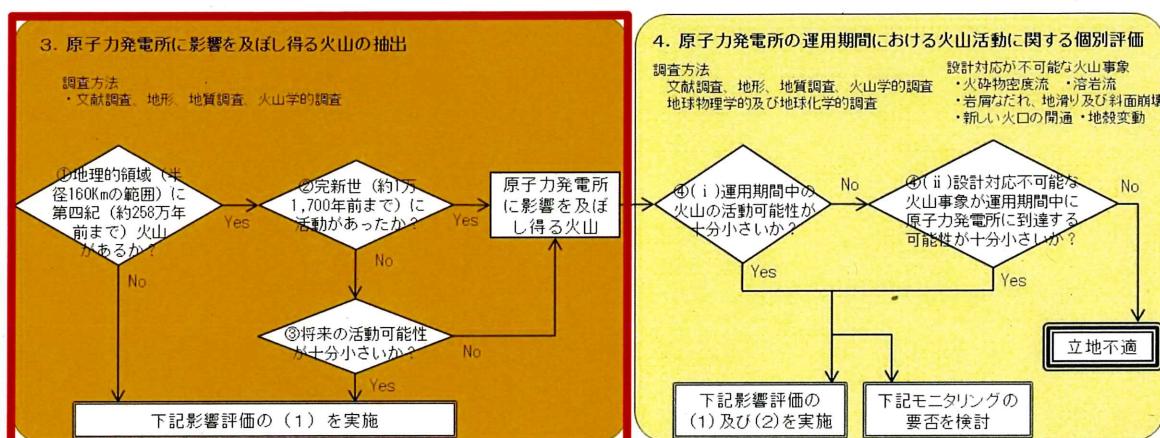


図1 基本フローより該当箇所の抜粋

（1）地理的領域内の火山の抽出（図1の①）

火山影響評価ガイドにおける立地評価では、個々の火山の火山事象による原子力発電所への影響を検討することが求められるのであり、立地評価における火山の抽出は、個々の火山の抽出であって、複数の火山を包含する火山弧として抽出するものではない。

個々の火山の抽出において、まず、原子力発電所から半径160キロメートルの範囲内において（以下、この範囲を「地理的領域」という。）、第四紀火山（約258万年前から現在までに活動があった火山）があるかどうかを評価する。地理的領域内に、第四紀火山がない場合には、立地不適にはならない。

ア 地理的領域について

160キロメートルの範囲を地理的領域とするのは、国内の最大規模の噴火であ

る阿蘇4噴火（約9万年前）において火碎流^{*1}が到達した距離が160キロメートルであると考えられているからである。

イ 第四紀火山について

日本には、約258万年間の休止期間を経た後に火山活動を再開させた火山は存在しておらず、約258万年前までに活動を終えた日本の火山が火山活動を再開させる蓋然性は極めて低い。また、個々の火山の活動において、同一のマグマ供給系^{*2}の火山活動期間は、数十万年から100万年程度と考えられており、過去約258万年に活動した火山を評価することはこの期間を優に包含する。これらなどを考慮すると、約258万年を基準に火山を抽出すれば、現在評価すべき火山を包含できるものと認め、火山影響評価ガイドでは、第四紀以前に火山活動があった火山で、第四紀の活動が認められない火山は既にその活動を停止しているとみなせるとした。

なお、IAEA・SSG-21は、火山影響評価の対象となる火山の抽出について、1000万年前から現在までに活動があった火山としているが、1000万年と設定した明確な理由を示していない。むしろ、IAEA・SSG-21では、放射線学的影響の可能性を有する事象の年間発生確率のスクリーニング値は、一部の加盟国では 10^{-7} という値にされており、年間発生確率がこの値を下回っている起因事象は、その影響にかかわらず更なる検討を行う必要はないとして、初期評価の段階では、原子力発電所における噴火による危険な影響は可能性が非常に低いということを考慮すると、 10^{-7} という年間発生確率（1000万年に1回）は、ある火山が将来何らかの種類の火山活動を発生させる可能性があるかどうかを評価する際

*1 広い意味の火碎流は、火山ガスと火碎物の混合物が斜面を流れ下る現象である。ただし、研究者によっては高温の流れに限定して用いられることが多い。こうした高温流は通常、噴煙柱若しくはドームの崩壊によって形成され、急速に斜面を流れ下る。火碎流は大きな碎屑岩（岩塊、火山弾）を運ぶことが可能であり、通常は地形の勾配に従う。火碎流内の温度は多くの場合、500°Cを超える。速度は火碎流がどのようにして、どこで発生したか、及び流れる斜面に応じて異なるが、一般的には50~100 km/hとされている。

*2 単一の火山の地下にあるマグマが供給される系統。

の合理的な基準であるとしている。この説明手法は、結局のところ、確率論的評価手法を用いて、放射線学的影響の可能性を有する事象の年間発生確率の限界値を 10^{-7} として、1000万年という数値を導いているにすぎないと認められる。このように、確率論的評価を検討対象とすべき火山の抽出方法として採用する根拠が明らかでない。他方、IAEA・SSG-21は、決定論的手法を用いることを排除していないことからすると、火山影響評価ガイドにおいて、第四紀を基準として火山の抽出を行うことはIAEA・SSG-21の考え方と整合している。

(2) 完新世の活動の有無（図1の②）

上記地理的領域内に第四紀火山がある場合には、完新世（約1万年前まで）に当該火山の活動があったか否かを評価する。完新世に当該火山の活動があった場合には、当該火山は原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出する^{*3}。他方、完新世に活動がなかった場合には、（3）に記載のとおり、当該火山の将来の活動可能性が十分小さいか否かを評価することとなる。

(3) 完新世に活動がなかった火山における将来の活動可能性の判断例（図1の③）

第四紀火山で完新世に活動がなかった火山における将来の活動可能性については、当該火山の過去の活動状況を確認した上で第四紀の噴火時期、噴火規模、活動の休止期間を示す階段ダイヤグラムを作成し、現在の火山の状態を調査した上で将来の活動可能性が十分小さいと判断した場合は、当該火山の評価は終了する。

2 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

完新世に活動があった場合や、完新世に活動がなかったものの、将来の活動可能性が十分に小さいと判断できない場合には、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山とし

*3 気象庁が概ね1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山を活火山としていることから、火山影響評価ガイドにおいても、これらの火山を評価対象とすることとしている。

て、火山活動に関する個別評価を行う。

(なお、火山活動に関する個別評価については、本資料「§ 5 5-5 5-5-5」において述べる。)

まず、原子力発電所の運用期間中における当該火山の活動可能性を評価し、それが十分小さいと判断した場合には、当該火山の評価は終了する。

この活動可能性が十分小さいとはいえないと判断した場合には、次に、当該火山による設計対応不可能な火山事象（火碎物密度流^{*4}（火碎流、火碎サージ^{*5}及びブロスト）、溶岩流、岩屑なだれ^{*6}、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）が、原子力発電所の運用期間中に原子力発電所に到達する可能性を評価し、それが十分小さいと判断した場合には、立地不適とならない。

*4 火山噴火で生じた火山ガス、火碎物の混合物が斜面を流れ下る現象の総称（すなわち、火碎流、火碎サージ及びブロスト）。

*5 火碎物密度流のうち、比較的流れの密度が小さく乱流性が高いもの。火碎サージは爆発的噴火により火口から直接発生する場合や、濃度の高い火碎流から分離して生じることもある。火碎サージは、大半の火碎流よりも地形の勾配による制約を受けない。

*6 山体が大規模な斜面崩壊を起こし、高速で地表を流走する現象。

§ 5 5-5 火山

5-5-4 火山影響評価ガイドにおいて、火山の将来における活動可能性が十分小さいか否かの評価はどのように行うか。

1 評価方法

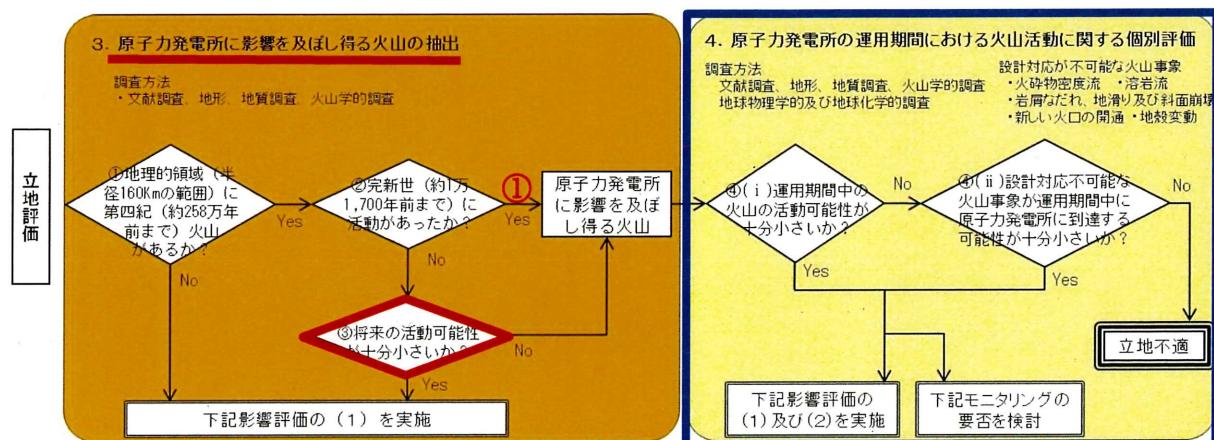


図1 基本フローより該当箇所の抜粋

火山の将来における活動可能性が十分小さいか否かの評価は、立地評価のうち、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出において行うものである（図1赤枠部分参照）。

完新世に活動があった火山は、将来の活動可能性があることを示すものとして広く受け入れられていることから、完新世に活動していることが認められれば直ちにこれを原子力発電所に影響を及ぼし得る火山とする（図1①）。

他方、地理的領域にある第四紀火山のうち、完新世に活動していない火山については、文献調査並びに地形・地質調査及び火山学的調査の調査結果を基に、当該火山の噴火時期、噴火規模、活動の休止期間を示す階段ダイヤグラムを作成し、上記文献調査及び調査結果等から得られた知見と併せて、完新世（約1万年前まで）よりも古い時期まで遡

り、活動状況を踏まえて^{*1}当該火山の将来の活動可能性を評価する。

これらの評価の結果、火山活動が終息する傾向（噴火様式や噴出物の特性等）が顕著であり、最後の活動終了から現在までの期間が、過去の最大休止期間より長い等過去の火山活動の調査結果を総合的に考慮し、将来の活動可能性が十分小さいと判断できる場合は、当該火山の火山活動に関する個別評価（図1青枠部分参照）を行う必要はない。

2 検討例

階段ダイヤグラムとは、縦軸に噴出量、横軸に噴出年代を設定し、それを分析することで、将来の火山活動の規模や時期について評価するものである。

完新世に活動していない火山につき、将来の活動可能性が十分小さいか否かは、階段ダイヤグラムによる検討結果や噴出物の変化等の特性を総合的に考慮して行う。個別の火山の特徴に応じて総合的に考慮するものであり、階段ダイヤグラムの検討のみによって活動可能性を評価できるものもあれば、それだけでは足りないものもある。

例えば、図2のA火山（完新世に活動していない火山）は、階段ダイヤグラムにより、噴火間隔がほぼ同じであることが認められることから、階段ダイヤグラムの検討のみでは将来噴火を起こす可能性が十分小さいと判断することはできない。

他方、図2のB火山（完新世に活動していない火山）は、活動期間の当初に噴出量が大きい火山活動を行っており、次第にその噴出量が減少し、最後の噴火活動以降現在までの期間が最後の噴火活動以前の活動期間よりも長いことが認められることから、将来の活動可能性が十分小さいと判断し得る。

^{*1} 例えば、本資料「§ 5 5-5 5-5-5」で説明する地球物理学的調査及び地球化学的調査を追加的に行い、現在の火山の状態を示すことにより当該火山の活動が終息していることを示すことも可能である。

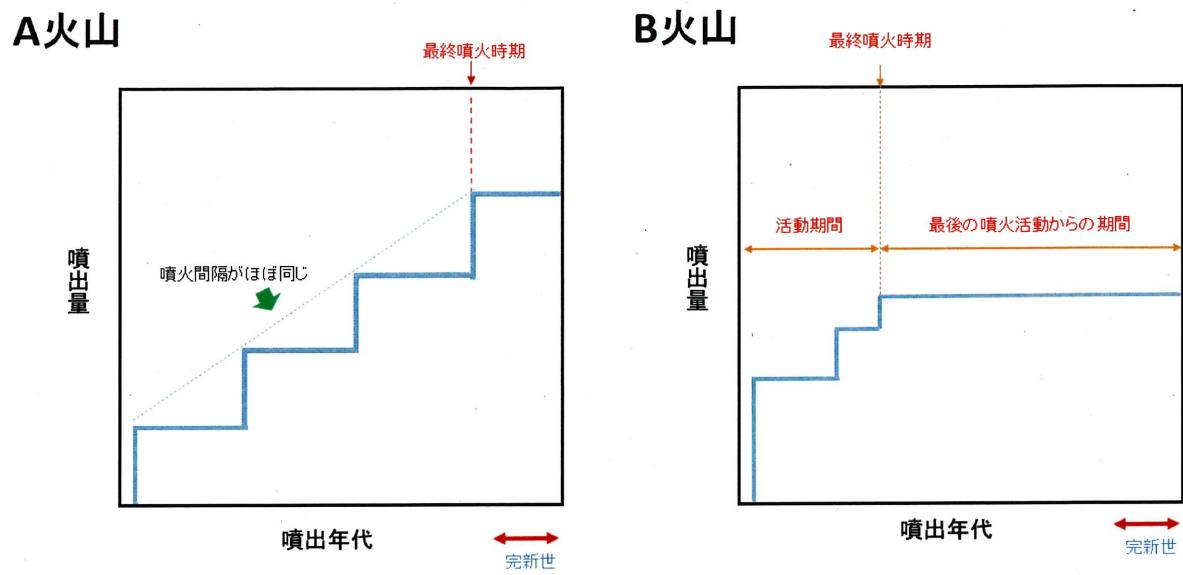


図2 階段ダイヤグラムの例

§ 5 5-5 火山

5-5-5 火山影響評価ガイドにおいて、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として立地評価で抽出した火山について、原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価はどのように行うか。

1 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価の方法

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した火山については、原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価を行う（図1赤枠部分参照）。

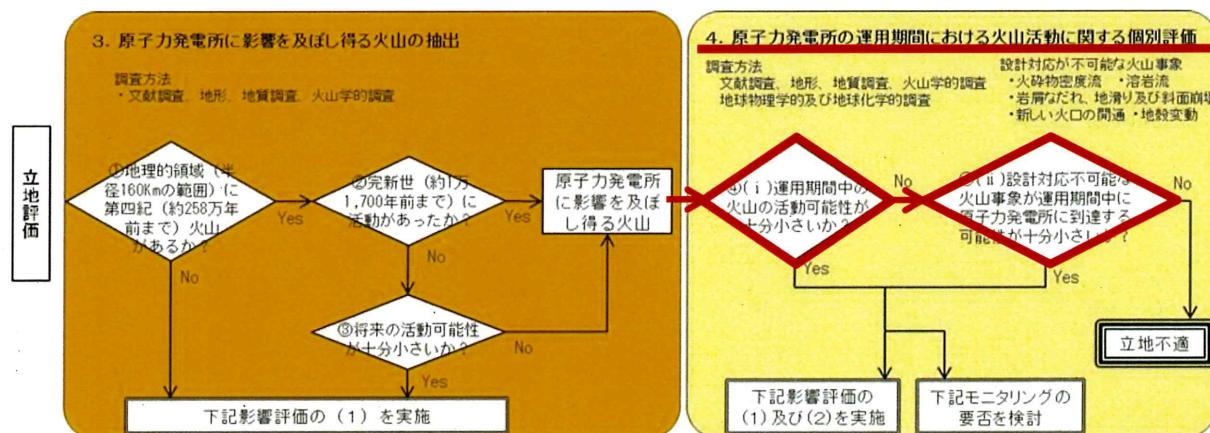


図1 基本フローより該当箇所の抜粋

(1) 運用期間中における火山の活動可能性の評価（図1の④(i)）

原子力発電所に影響を及ぼし得るか否かを評価する際に用いた調査結果と必要に応じて実施する地球物理学的及び地球化学的調査の結果を基に、原子力発電所の運用期間中における検討対象火山の活動可能性を総合的に評価する。

原子力発電所に影響を及ぼし得るか否かを評価する際に用いた階段ダイヤグラムや地質調査等は、対象とする火山の過去から現在までの火山活動に焦点を当てた調査方法であるが、地球物理学的及び地球化学的調査は、対象とする火山の現在の火山活動

に焦点を当てた調査方法である。地球物理学的調査とは、例えば、現在、地下にマグマ溜まりがあるのか^{*1}、火山性地震は発生しているのか等を調査する方法である。地球化学的調査とは、火山ガスの観測、地下水に含まれるマグマ起源のガス分析等である。これらの地球物理学的調査や地球化学的評価によって、現在の火山の状態を分析し、現在の活動状況を確認して評価を行う。

ここで行う評価は、設計対応不可能な火山事象が発生する時期及びその規模を的確に予測できることを前提とするものではなく、現在の火山学の知見に照らして現在の火山の状態を評価するものである。その評価においては、火山地質学、地球物理学及び地球化学等から認められる最新の知見を抽出し、それらを総合的に考慮して、検討対象火山の噴火の可能性が十分小さいか否かを判断することとなる。

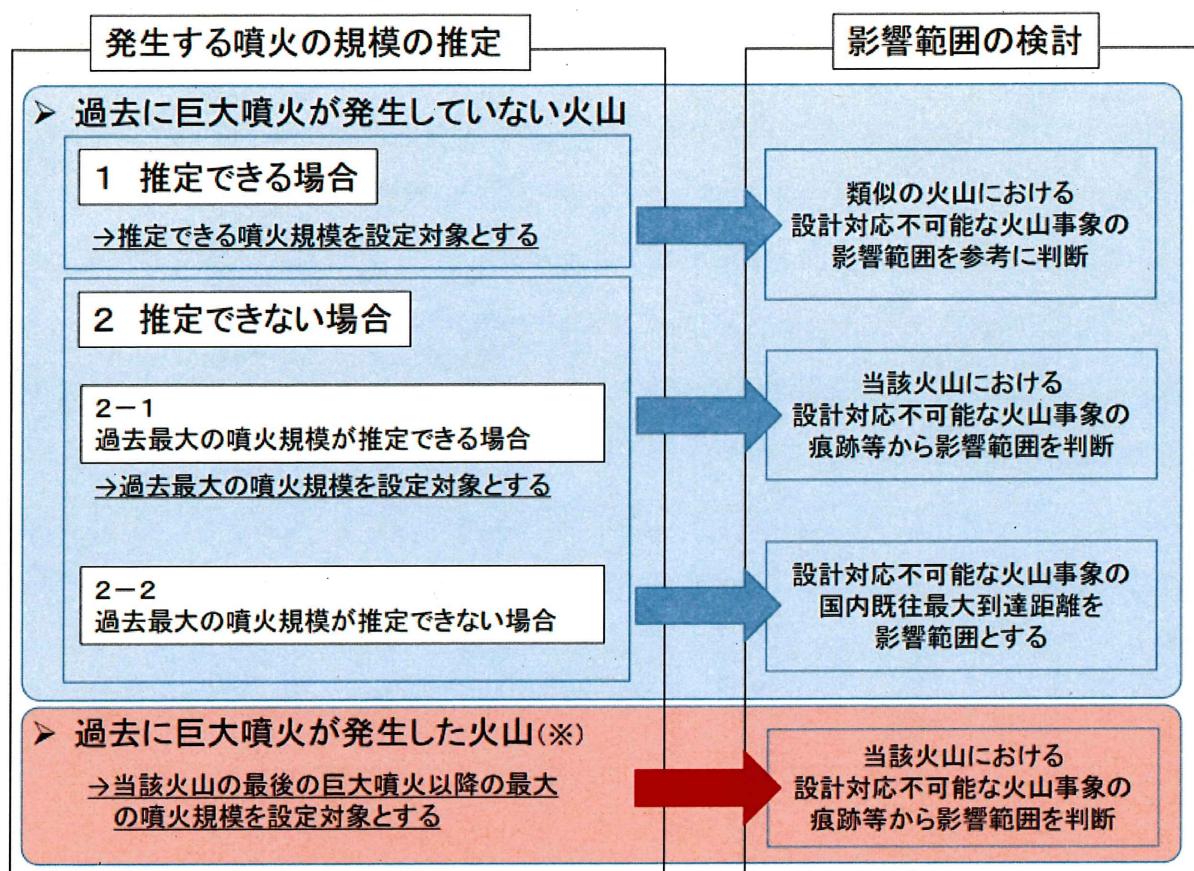
なお、検討対象火山（過去に巨大噴火が発生したものに限る。）の活動の可能性の評価に当たり、巨大噴火については、当該火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価でき、運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的合理性のある具体的な根拠が得られていない場合は、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断できる（本資料「§ 5 5-5 5-5-6」参照）。運用期間中における巨大噴火の可能性が十分に小さいと判断できた検討対象火山については、巨大噴火以外の火山噴火について、運用期間中における活動可能性の評価を行う。

（2）運用期間中における設計対応不可能な火山事象の到達可能性の評価（図1の④（ii））

ア 評価方法

検討対象火山の活動の可能性が十分小さいと判断できない場合は、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に到達する可能性を評価する（図2参照）。

*1 例えば、地殻変動観測により、地下のマグマ溜まりを推定する手法がある。これは、地下のマグマの移動に伴い地盤の変動が生じると考えられるため、GPS観測結果を用いて地殻変動の結果から火山体の膨張や収縮などを観測し、地下のマグマ溜まりの変化を推定するものである。



※ 運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断したものであって、かつ、巨大噴火以外の火山活動について、運用期間中における活動可能性が十分に小さいと判断できないものに限る。

図2 設計対応不可能な火山事象の到達可能性の評価のフロー

まず、検討対象火山の調査結果から原子力発電所の運用期間中に発生する噴火規模を推定する。この際、調査結果から原子力発電所の運用期間中に発生する噴火の規模を推定できない場合は、検討対象火山の過去最大の噴火規模とする。また、過去に巨大噴火が発生した火山（運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断したものであって、かつ、巨大噴火以外の火山噴火について、運用期間中における活動可能性が十分に小さいと判断できないものに限る。）については、当該火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模とする（本資料「§ 5 5-5 5-6」参照）。

次に、設定した噴火規模における設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいかどうかを評価する。評価では、検討対象火山の調査から噴火規模を設定した場合には、その噴火規模での影響範囲を定め、到達可能性を評価する。その際には、類似の火山における設計対応不可能な火山事象の影響範囲を参考とすることができる。過去最大の噴火規模から設定した場合には、検討対象火山での設計対応不可能な火山事象の痕跡等から影響範囲を定め、到達可能性を評価する。いずれの方法によっても影響範囲を定めることができない場合には、設計対応不可能な火山事象の国内既往最大到達距離を影響範囲として到達可能性を評価する。

これらの評価の結果、設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達する可能性が十分小さいと判断できる場合には、立地は不適とはならない。

イ 火山爆発指数との関係

火山爆発指数 (Volcanic Explosivity Index、以下「VEI」という。) は、噴火終了後に噴出量の大きさを評価する指標である。区分は0から8までに分かれており、VEI 2からVEI 8までは、区分の数値が一つ上がるごとに噴出物の量は10倍になる^{*2}。また、VEIは、火山噴火の規模を表す指標の一つであり、噴出した火碎物（火山灰、火碎流等）の量で評価されるが、溶岩は噴出量に加味されない。

そもそも、噴出物の量を認定すること自体に困難がある上、VEIでは、噴出物の種類ごとの評価ができず、各区分の噴出物の量の幅が大きいため、VEIのみから原子力発電所への火山事象の影響範囲を導くことはできない。

*2 VEI0 は 0.00001km^3 未満、VEI1 は 0.00001km^3 以上 0.001km^3 未満、VEI2 は 0.001km^3 以上 0.01km^3 未満、VEI3 は 0.01km^3 以上 0.1km^3 未満、VEI4 は 0.1km^3 以上 1km^3 未満、VEI5 は 1km^3 以上 10km^3 未満、VEI6 は 10km^3 以上 100km^3 未満、VEI7 は 100km^3 以上 1000km^3 未満、VEI8 は 1000km^3 以上の噴出量である。

§ 5 5-5 火山

5-5-6 火山影響評価ガイドにおいて、過去に巨大噴火を起こした火山における活動可能性の評価はどのように行うのか。

1 巨大噴火とは何か

火山影響評価ガイドにおける「巨大噴火」とは、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火碎流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数 10 km^3 程度を超えるようなもの」をいう。例えば、阿蘇4噴火^{*1}がこれに該当する。

2 巨大噴火に対する規制の在り方につき、原子力規制委員会が有する専門技術的裁量の範囲について

原子炉等規制法43条の3の6第1項4号にいう「災害の防止上支障がないもの」とは、発電用原子炉施設の位置、構造及び設備について、同施設内の放射性物質が外部の環境に放出されることは絶対にないといった達成不可能な安全性を備えていることをいうものではなく、相対的安全性を備えていることをいう。原子力規制委員会は、この相対的安全性の考え方に基づき、時々の最新の科学技術水準に従い、かつ、社会がどの程度の危険までを容認するかなどの事情をも見定めて、専門技術的裁量により、事象に対する規制の在り方を合理的に判断する（本資料「§ 1 1-1 1-2-1」参照）。

したがって、火山影響評価ガイドにおいては、「巨大噴火」を原子炉等規制法43条の3の6第1項第4号の「災害」に含めた上で、その規制の在り方については、原子力規制委員会が専門技術的裁量を行使し、社会通念を踏まえた相対的な考え方によ

*1 約9万年前に起きたとされる噴火。火碎流は九州の大部分のみならず山口県まで届いており、火口から約 160 km 先まで到達したとされ、また火山灰は国内において火口から約 $1,700\text{ km}$ 先まで確認されている。

基づいて行うこととなる。

3 巨大噴火の特質等

(1) 噴火に至る過程が十分に解明されていないこと

現在の火山学の知見において、とりわけ巨大噴火は、その発生例が極めて少ないとともあり、有史において観測されたことがなく、その他の噴火に比して噴火に至る過程が十分に解明されていない。

(2) 広域的な地域に重大かつ深刻な災害をもたらすこと

巨大噴火が発生した場合には、マグマの噴出とともに大規模な火碎流や大量の火山灰の降下など、種類の異なる火山事象が発生し、その火山事象の特徴に応じて、瞬時又は時間的経過を経て、人類の生命、身体や自然環境などに多大な影響を与える。

火碎流は、火口から噴出した火山灰や軽石、岩片、火山ガス及び大気の混合物が、高密度な流れとして地表に沿って流れる現象である。多くの場合、摂氏500℃以上の粒子とガスの混合体として流れる。また、その速度は、一般的には時速50～100km、噴火規模によってはそれ以上の速度で地表に沿って流れ広がる。巨大噴火は、噴火規模が莫大であり、大規模な火碎流が瞬時に広範囲^{*2}にわたって流れ広がるところ、その過程で、そこに居住する人を死亡させ、建物等も崩壊させ、当該地域を壊滅状態にする。

巨大噴火時には、大規模な火碎流のみならず、爆発的な破碎プロセスによって生じた平均直径2mm未満の火山岩の破片である火山灰も大量に放出され、広域^{*3}にわたって降り積もる。そして、このような事象が起き、火山灰が降り積もると、その荷重から木造家屋などが倒壊し、電気、水道などのライフラインは停止し、車、鉄道、航空

*2 例えば、阿蘇4噴火火碎流到達範囲については、上記脚注1参照。

*3 例えば、阿蘇4噴火火山灰到達範囲については、上記脚注1参照。

機などの交通手段も遮断され、当該地域の社会機能は喪失することも十分に考えられる。

このように、巨大噴火は、その事象自体による被害が余りにも甚大で他に比肩し得るものがない事象である。

(3) 低頻度な火山事象であること

現在の火山学の知見において、規模の大きな噴火であるほどその発生頻度は小さいと考えられているところ、巨大噴火は、噴火規模が莫大であり、現に有史において観測されたことがないことから、低頻度な火山事象であるといえる。

(4) 我が国においては、巨大噴火を想定した法規制や防災対策が行われていないこと

我が国においては、火山噴火が想定される地域での行為の制限については、法制上の対策の例^{*4}があるものの、その中でも巨大噴火は想定されていない。また、我が国の火山防災対策は、災害対策基本法及び活動火山対策特別措置法に基づき講じられており、都道府県防災会議、市町村防災会議は、噴火シナリオ、火山ハザードマップ、避難計画などを記載した地域防災計画を作成しているが、巨大噴火を想定している例はない。

4 原子力規制行政における巨大噴火の可能性評価の考え方

上記3の巨大噴火の特質等からすれば、巨大噴火の発生可能性が相応の根拠をもって示されない限り、巨大噴火によるリスクは、社会通念上容認される水準以下であると判断できる。

その上で、原子力規制委員会は、東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、安全確保に万全を期する観点から、科学技術的判断のため必要な範囲内において巨大噴火

*4 例えば、災害対策基本法や建築基準法。

を考慮することとした。

具体的には、巨大噴火の可能性評価について、当該火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価でき、運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていない場合は、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと判断できるとした。

ここで、「巨大噴火が差し迫った状態ではない」ことの評価に当たっては、現在の火山学の知見に照らした調査を尽くした上で、検討対象火山における巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、現在のマグマ溜まりの状況、地殻変動の観測データ等から総合的に評価を行うこととした。また、「運用期間中における巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていない場合」との要件は、火山学の知見自体が進歩していくものであることからすれば、現在の火山学の知見に照らした調査を尽くした上で、現在の火山の状態が巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価できたとしても、なお新たに巨大噴火の可能性に関する科学的知見が得られることがあり得ると考えられ、かかる知見が火山学的に合理性のある具体的な根拠であるとすれば、当然考慮すべきものであるということを示したものである。このような巨大噴火の可能性評価の考え方は、上記2で述べた相対的安全性の考え方と合致するものである。

また、審査実務では、このような巨大噴火の可能性評価の考え方について従来から変更ではなく、まず「原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける『設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価』に関する基本的な考え方について」（平成29年度第69回原子力規制委員会資料6）において、それまでの審査経験・実績等を踏まえて従前の火山影響評価ガイドにおける考え方を整理し、令和元年12月18日原規技発第1912182号原子力規制委員会決定に係る火山影響評価ガイドの改正において、同ガイドの各規定の趣旨及び審査実務の考え方を正確に表現し、かつ文章としてより分かりやすいものとなるようにするという改正趣旨の一環として、同ガイドに明記されるに至った。

5 巨大噴火以外の火山活動の評価の考え方

運用期間中における巨大噴火の可能性が十分に小さいと判断したとしても、巨大噴火以外の火山活動について、運用期間中における活動可能性が十分に小さいと判断できない場合には、巨大噴火以外の火山噴火の規模と設計対応不可能な火山事象の評価を行うこととなる。この場合に噴火の規模を特定することは一般に困難であるため、「検討対象火山の過去最大の噴火規模」について火山事象の評価を行うこととなる（本資料「§ 5 5-5 5-5-5」参照）。ここで「検討対象火山の過去最大の噴火規模」には、当該検討対象火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を用いる。

§ 5 5-5 火山

5-5-7 火山影響評価ガイドにおける影響評価の方法はどのようなものか。

1 火山影響評価ガイドにおける影響評価の方法

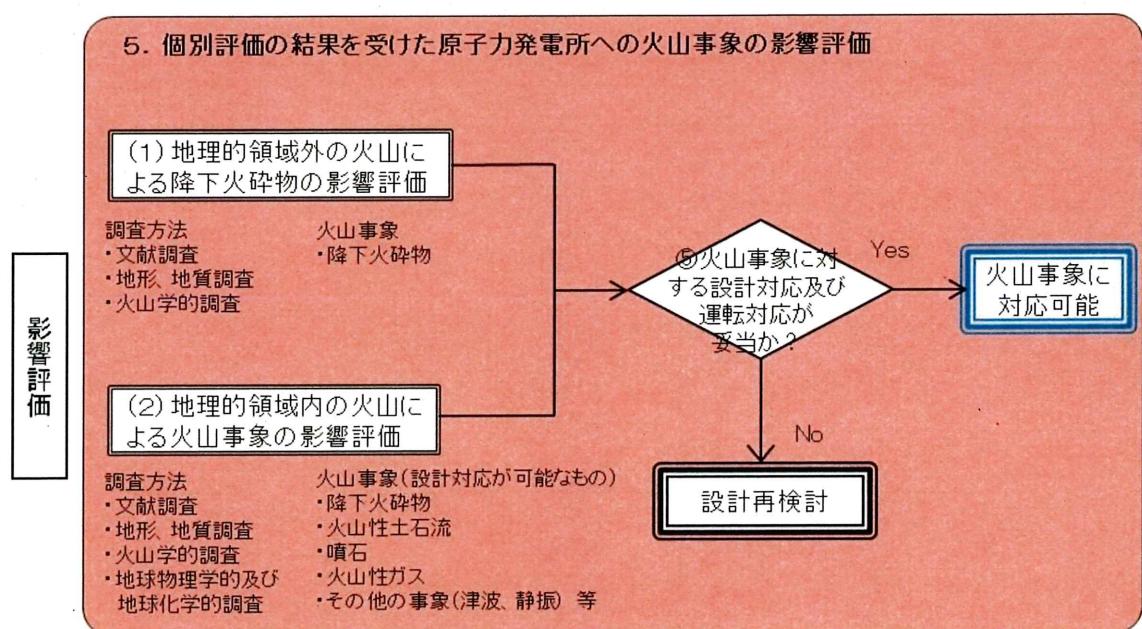


図1 基本フローより当該箇所の抜粋

原子力発電所は、所内の構造物や設備等が、降下火砕物^{*1}等による影響（例えば、降下火砕物による堆積荷重や取水設備の閉塞）によって、安全機能を損なうことがない設計であることが要求される。そこで、個別評価（詳細は本資料「§ 5 5-5 5-5-5」を参照）において立地が不適とならない場合は、次に、影響評価として、原子力発電所の

*1 大きさ、形状、組成若しくは形成方法に関係なく、火山から噴出されたあらゆる種類の火山碎屑物で降下する物を指す。