

電氣技術指針
原 子 力 編

原子力発電所基準津波関連技術指針

JEAG 4642-202X

一般社団法人日本電気協会
原 子 力 規 格 委 員 会

原子力発電所基準津波関連技術指針

目次

第1章 基準津波策定

1.1 基本事項	5
1.1.1 適用範囲	5
1.1.2 関連する法規等	6
1.1.3 用語の定義	6
1.2 基本方針	8
1.3 基準津波 Ts の策定及び入力津波の評価	9
1.3.1 基準津波 Ts の策定に係る調査	9
1.3.1.1 既往津波の調査	9
1.3.1.2 津波の発生要因に関する調査	11
1.3.2 津波発生要因の選定	12
1.3.3 想定する津波波源の設定	12
1.3.3.1 プレート間地震に起因する津波波源の設定	13
1.3.3.2 海洋プレート内地震に起因する津波波源の設定	13
1.3.3.3 海域の活断層に起因する津波波源の設定	15
1.3.3.4 地すべり及び斜面崩壊に起因する津波波源の設定	15
1.3.3.5 火山現象に起因する津波波源の設定	15
1.3.4 津波評価手法	16
1.3.4.1 数値計算の方法	16
1.3.4.2 既往津波の検討による数値計算モデルの妥当性確認	17
1.3.5 津波波源のモデル化に係る不確定性の検討	18
1.3.6 想定津波からの基準津波 Ts の選定	18
1.3.7 基準津波 Ts の選定結果の検証及び入力津波の評価	20
1.3.8 その他	22
1.4 超過確率の参照	23
附属書 1.1 基準津波 Ts 策定～入力津波評価の流れ	24
参考文献	25

第2章 津波に関する地質調査	
2.1 基本事項	28
2.1.1 適用範囲	28
2.2 津波に関する地質調査	30
2.2.1 津波の発生要因・波源モデルの設定に関する地質調査	31
2.2.1.1 調査範囲の設定	32
2.2.1.2 津波発生要因及び波源モデル設定の地質調査手法	33
2.2.1.3 調査結果に基づく評価	33
2.2.2 敷地周辺に到達した可能性のある津波の調査（津波堆積物調査）	34
2.2.2.1 津波堆積物の調査範囲の設定	34
2.2.2.2 津波堆積物の調査手法	35
2.2.2.3 津波堆積物の評価	35
2.2.3 津波伝播経路に関する調査	36
2.2.4 砂移動に関する調査	37
参考文献	39

第 1 章 基準津波策定

1.1 基本事項

1.1.1 適用範囲

本指針は、原子力発電所の安全設計において考慮すべき基準津波 T_s の策定及び入力津波の評価に適用する。

【解 説】

我が国の原子力発電所は海岸沿いに設置されているため、敷地の選定の際には津波による影響を十分考慮するとともに、発電所の施設の設計においては、想定される津波に対して安全性が保たれるよう配慮する必要がある。

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（令和元年7月1日施行、原子力規制委員会）^(1.1.1-1)では、「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。」としている。また、「重大事故等対処施設は、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ものでなければならない。」としている。

なお、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2021）」（2021年、日本電気協会）^(1.1.1-2)における基準津波に関する内容は、「原子力発電所耐津波設計技術規程（JEAC4629-202X）」（202X年、日本電気協会）^(1.1.1-3)と一体のものとして運用・改定することが望ましいことから、当該内容を独立した指針を策定するに至った。

本章は「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2021）」（2021年、日本電気協会）^(1.1.1-2)のうち、「第4章 基準津波策定」の内容と対応するものである。今後、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2021）」（2021年、日本電気協会）^(1.1.1-2)が改定される際には、「第4章 基準津波策定」の記載は削除する予定のため、本指針を適用することが望ましい。

1.1.2 関連する法規等

- (1) 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則、2019^(1.1.1-1)
- (2) 敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド、2013^(1.1.2-1)
- (3) 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド、2013^(1.1.2-2)
- (4) 「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2021）」（2021 年、日本電気協会）^(1.1.1-2)
- (5) 原子力発電所耐津波設計技術規程（JEAC4629-202X）（202X 年、日本電気協会）^(1.1.1-3)
- (6) 原子力発電所の津波評価技術（2016 年、土木学会）^(1.1.2-3)
- (7) 原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準（2016 年、日本原子力学会）^(1.1.2-4)
- (8) 原子力発電所火山影響評価技術指針（JEAG4625-2015）（2015 年、日本電気協会）^(1.1.2-5)
- (9) 原子力安全のためのマネジメントシステム規程（JEAC4111-2021）（2021 年、日本電気協会）^(1.1.2-6)

1.1.3 用語の定義

- (1) 想定津波
プレート境界付近、海洋プレート内、海域活断層による地殻内において想定される地震及び地震以外の自然現象（地すべり、斜面崩壊及び火山現象）に伴う津波。
- (2) 想定津波群
不確定性を考慮した想定津波の集合体。
- (3) 基準津波 T_s
想定津波群のうち、設計基準対象施設の供用中に施設へ最も大きな影響を与える津波。
最も大きな影響を与える津波の波源が上昇側と下降側で異なる場合は、それぞれを基準津波 T_s （上昇側）、基準津波 T_s （下降側）とする。
- (4) 入力津波
設計に使用する津波水位。各施設・設備等の設置位置において、基準津波 T_s の波源からの数値計算結果に適切な潮位条件を考慮したもの。

(5) プレート間地震

相接する二つのプレートの境界面で発生する地震。プレート境界地震とも呼ばれる。

(6) 海洋プレート内地震

沈み込む（沈み込んだ）海洋プレート内部で発生する地震。海溝軸付近ないしそのやや沖合で発生する「沈み込む海洋プレート内の地震」と、海溝軸付近から陸域で発生する「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。

(7) 活断層

後期更新世以降（約 12~13 万年前以降）の活動の可能性のある断層。

(8) 津波堆積物

大規模な津波によって、海底あるいは海岸部の堆積物が浸食され、陸上部に運搬されて堆積した泥・砂・礫などによりなる堆積物。

1.2 基本方針

原子力発電所における入力津波の評価は、以下の方針により行う。

津波発生要因として、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、地すべり、斜面崩壊及び火山現象について調査を行い、科学的・技術的知見に基づき、施設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。選定した津波発生要因に対して不確定性を考慮し、数値計算により津波評価を行う。それらの津波評価結果に基づき基準津波 T_s を策定し、入力津波の評価を行う。

公開審査用

1.3 基準津波 Ts の策定及び入力津波の評価

本節は、原子力発電所の基準津波 Ts 策定から入力津波の評価までの流れについて示す。

基準津波 Ts の策定にあたっては、まず、既往津波や津波発生要因に関する調査を行うとともに、数値計算に用いる諸条件（境界条件、計算領域、計算格子間隔等）が適切かどうかを確認する。その後、想定津波の波源を設定し、不確定性を考慮した上で基準津波 Ts の策定を行う。

基準津波 Ts 策定から入力津波評価までの流れを「附属書 1.1 基準津波 Ts 策定～入力津波評価の流れ」に示す。

【解 説】

実際に基準津波 Ts の策定及び入力津波の評価をするにあたっては、「原子力安全のためのマネジメントシステム規程」(JEAC4111-2021) (2021 年、日本電気協会) ^(1.1.2-6)において規定される、設計管理プロセス等にも留意する必要がある。

1.3.1 基準津波 Ts の策定に係る調査

基準津波 Ts の策定にあたっては、敷地における既往津波の調査や津波の発生要因に関する調査を実施する。

1.3.1.1 既往津波の調査

文献調査等により、敷地に大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波を抽出する。

【解 説】

1896 年明治三陸地震津波より古い津波の痕跡高は、古記録、文献等をもとに研究者が推定したものであるため、必要に応じて痕跡高の信頼性を吟味する。それ以降の比較的新しい時代の痕跡高についても、必要に応じて個々の文献における痕跡高の調査方法とその信頼性を吟味する。痕跡高の信頼性が疑わしいものについては、その出典等に立ち戻り、信頼性が低いと判断される場合には、それらを除外することができる。なお、既往津波のうち近年発生した津波については、沖合における水位変化が観測されている場合がある。基準津波 Ts の策定において、必要に応じてこれらの観測結果を参照するため、データの収集を行う。また、古記録や文献以外の既往津波資料を得るために、津波堆積物調査等の地質学的な調査を実施する。

なお、津波堆積物調査の詳細に関しては「第 2 章 津波に関する地質調査」を参照す

る。

これらの文献調査結果，地質学的調査結果等による信頼性のあるデータに基づいて敷地に大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波を抽出する。

公開資料

1.3.1.2 津波の発生要因に関する調査

津波の発生要因に関して、日本近海のプレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層において想定される地殻内地震（以下、「海域の活断層による地殻内地震」という。）、外国沿岸のプレート間地震、地すべり、斜面崩壊及び火山現象について調査を実施する。

【解 説】

基準津波 Ts の策定に先立って、敷地に影響を与えられとされる津波の発生要因を選定するため、地震の発生メカニズム等に係る文献調査及び海域若しくは沿岸で発生する可能性のある火山現象に関する文献調査を実施する。また、地すべり及び斜面崩壊に係る敷地周辺の地形調査、海域の活断層による地殻内地震に関する調査並びに火山現象に関する調査に関しての詳細については「第2章 津波に関する地質調査」及び「原子力発電所火山影響評価技術指針（JEAG4625-2015）」（2015年、日本電気協会）^(1.1.2-5)を参照する。

1.3.2 津波発生要因の選定

基準津波 T_s 策定における津波の発生要因としては、日本近海のプレート間地震、海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震、外国沿岸のプレート間地震、地すべり、斜面崩壊及び火山現象を対象とする。調査結果等を踏まえ、これらの津波発生要因から施設に影響を与えと考えられるものを抽出する。

1.3.3 想定する津波波源の設定

各海域における地震や地すべり及び斜面崩壊の特性を踏まえて、不確定性を考慮する際の基準となる基準断層モデル及び地すべり地形等の波源モデル（以下、「波源モデル等」という。）を適切に設定する。

なお、基準断層モデルに関しては、すべり量の不均一性についても必要に応じて考慮する。

【解 説】

津波波源の設定にあたり、行政機関において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、解析条件等の相違点に着目して内容を精査したうえで必要に応じて考慮する。例えば、行政機関における評価の事例として、日本海東縁部の断層や海域活断層に対するすべり量の不均一性を考慮した国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)^(1.3.3-1)等がある。

なお、東日本大震災の主な教訓の一つとして、「大規模な津波を発生させる地震の発生域と規模が既往津波を発生させた地震を超える場合があること」が挙げられる。これを踏まえ、波源モデル等の設定にあたっては既往津波を発生させた地震の発生域や規模に関する知見だけでなく、「1.3.1.2 津波の発生要因に関する調査」の結果から得られた知見を十分に活用することが重要である。

1.3.3.1 プレート間地震に起因する津波波源の設定

日本近海及び外国沿岸のプレート間において想定される地震に伴う津波を評価対象として波源を設定する。

波源モデル等の地震規模 (M_w : モーメントマグニチュード) は、既往津波をもたらした地震の発生位置及び発生様式、当該海域の地殻構造等に応じて設定する。

【解 説】

波源領域や地震規模については、過去に発生した地震の規模・すべり量等の地形・地質学的、地震学的及び測地学的な情報を可能な限り活用するとともに、国内のみならず世界で発生した大規模な地震を踏まえ、地震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これらの地震に関する知見を用いて設定する。

プレート間地震による津波の波源モデル設定については、2011 年東北地方太平洋沖地震を含む世界で発生した M_w 9 クラスの巨大地震による津波に関する知見を活用することが重要である。これらの知見を活用した波源モデルの設定例としては内閣府(2012)(1.3.3.1-1)等がある。

評価の対象とする津波は阿部(1989)(1.3.3.1-2)の簡易予測式等を用いて敷地における津波高の概算値を比較することにより、複数の波源から抽出することができる。また、外国沿岸のプレート間地震に伴う日本沿岸に大きな影響を与える遠地津波は、主にチリ沖またはカスケード地域で発生すると考えられることから、波源位置について当該地域を対象とすることができる。

1.3.3.2 海洋プレート内地震に起因する津波波源の設定

海洋プレート内に想定される地震に伴う津波を評価対象とし、過去の地震発生状況等の地震学的知見を踏まえて波源を設定する。

波源モデル等の地震規模 (M_w) は、既往津波をもたらした地震の発生位置、発生様式、当該海域の地殻構造等に応じて設定する。

【解 説】

「1.3.3.1 プレート間地震に起因する津波波源の設定」と同様、波源領域や地震規模については、過去に発生した地震の規模・すべり量等の地形・地質学的、地震学的及び測地学的な情報を可能な限り活用するとともに、国内のみならず世界で発生した大規模な地震を踏まえ、地震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これらの地震に関する知見を用いて設定する。

評価の対象とする津波は阿部(1989)(1.3.3.1-2)の簡易予測式等を用いて敷地における津波

高の概算値を比較することにより，複数の波源から抽出することができる。

公開資料用

1.3.3.3 海域の活断層に起因する津波波源の設定

日本近海の海域活断層において想定される地殻内地震に伴う津波を評価対象とする。

波源モデル等の地震規模 (M_w) は、当該海域の地殻構造等に応じて設定する。

【解 説】

評価の対象とする津波は阿部(1989)^(1.3.3.1-2)の簡易予測式等を用いて敷地における津波高の概算値を比較することにより、複数の波源から抽出することができる。

1.3.3.4 地すべり及び斜面崩壊に起因する津波波源の設定

陸上及び海底での地すべり及び斜面崩壊に伴う津波を評価対象とし、文献調査、地質調査、地形調査等の知見を踏まえて波源モデル等を設定する。

【解 説】

陸上及び海底での地すべり及び斜面崩壊による津波波源は、地震起因のものとは異なり、物質の移動を伴う運動様式及び時間経過を考慮する必要がある。また、物質移動の伝播方向へのエネルギー指向性が高く、局所的に大きな津波水位を発生させる場合があることに留意する必要がある。

1.3.3.5 火山現象に起因する津波波源の設定

火山現象に伴う津波を評価対象とし、文献調査、活動履歴調査、地形調査等の知見を踏まえて波源モデル等を設定する。

【解 説】

火山現象に起因する津波波源のうち、山体崩壊、火砕流、火山泥流及び溶岩の海域への突入に伴う津波に関しては、「1.3.3.4 地すべり及び斜面崩壊に起因する津波波源の設定」で示した陸上での地すべり及び斜面崩壊による津波波源と同様であると考えることができる。

1.3.4 津波評価手法

本項は、基準津波 Ts 策定で用いる津波評価手法に関する留意事項について示す。

1.3.4.1 数値計算の方法

適切な基礎方程式、計算スキーム、津波入力条件及び境界条件を選定した数値計算モデルに対して、計算領域、計算格子間隔、地形データ、計算に用いる諸係数、再現時間等を適切に設定し数値計算を行う。

【解 説】

(1) 津波入力条件の設定における留意事項

- ① 地震を要因とする津波については、設定した波源モデル等の諸パラメータを用いて、適切な方法で計算される海底面の変位分布に基づき、津波入力条件を設定する。
- ② 地すべり及び斜面崩壊による津波については、二層流モデル(1.3.4.1-1)、Kinematic Landslide モデル(1.3.4.1-2)、振幅予測式(1.3.4.1-3~5)等の手法により津波入力条件を設定する。

(2) 地形のモデル化における留意事項

津波計算に用いる水深データ及び地形データは、精度向上の観点から、最新の測定結果を用いることを基本とする。

なお、地形に関する調査の詳細に関しては「第 2 章 津波に関する地質調査」を参照する。

(3) 数値計算モデルの選定における留意事項

「原子力発電所耐津波設計技術規程 (JEAC4629-202X)」(202X 年, 日本電気協会)

(1.1.1-3) 「第 3 章」を参照する。

(4) 数値計算の実施における留意事項

「原子力発電所耐津波設計技術規程 (JEAC4629-202X)」(202X 年, 日本電気協会)

(1.1.1-3) 「第 3 章」を参照する。

(5) その他留意事項

地すべり、斜面崩壊及び火山現象のように、メカニズムが十分に解明されていないものや評価方法が確立されていないものについては、複数のモデルによる評価を実施する。

1.3.4.2 既往津波の検討による数値計算モデルの妥当性確認

敷地に大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波に関する再現性の検討により、数値計算モデルの妥当性確認を行うことができる。既往津波の波源モデル等を設定する際には、沿岸における津波の痕跡高をよく再現できるようにパラメータを設定して数値計算を行い、海底地形・海岸地形等のモデル化及び数値計算方法の妥当性について、痕跡高と計算値の空間的な適合度等により確認を行う。

【解 説】

(1) 既往津波の波源モデル等の設定

主な既往津波については、文献により津波を説明できる波源モデル等が提案されているため、これらを参考とし、適切なパラメータを設定する。

津波の記録に加えて地震の記録が豊富に残されている最近の津波については、津波をもたらした地震や地すべりの諸特性（余震分布、発震機構解、地震前後の地殻変動量、地すべり痕等）を参考にする。検潮記録を参考にできる場合には、津波の波長（周期）や位相等も表現できるようにパラメータを設定する。また、検潮記録を用いて設定された波源モデル等を使用する場合には、検潮記録と痕跡高の系統的な違いについて留意する。

(2) 数値計算による再現性の確認

痕跡高と計算値の空間的な適合度を表す指標としては相田の K 及び κ による方法 (1.3.4.2-1) があり、広域の K 、 κ に関して下記条件を満たすことを目安とする。

$$0.95 < K < 1.05 \quad \text{かつ} \quad \kappa < 1.45$$

ただし、
$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i$$

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

n : 地点数

$$K_i = R_i / H_i$$

R_i : i 番目の地点での痕跡高

H_i : i 番目の地点での計算値

数値計算による再現性の確認において痕跡高と計算値の空間的な適合度が不十分である場合には、波源モデル等や数値計算の諸条件を修正する。

なお、痕跡高との比較にあたっては、次の点に留意する。

- ① 広域にわたる痕跡高分布の全体的傾向を説明できるようにすることが重要であるとともに、敷地周辺で十分な再現性を持つこと。
- ② 敷地周辺に着目して再現性を評価するための痕跡高を選定する場合には、敷地からの距離が近いことに加えて、敷地周辺の海岸・海底地形が類似していること等を考慮すること。

1.3.5 津波波源のモデル化に係る不確定性の検討

津波波源のモデル化に際しては、耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、基準津波 T_s 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定性の要因、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定性を十分に考慮する。

なお、異なる津波波源の組み合わせによる検討も必要に応じて実施する。

【解 説】

基準津波 T_s 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定性の要因としては、波源モデル等の位置、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、破壊伝播速度等が挙げられる。基準津波 T_s の策定にあたっては、選定した津波波源の特性を勘案した上で、これらの要因を必要に応じて考慮する。

なお、不確定性を考慮する方法として、上記で挙げた基準津波 T_s 策定に及ぼす影響が大きいと考えられる不確定性の要因に対するパラメータスタディ等が考えられる。パラメータスタディを行うにあたっては、既往地震のデータから統計処理が可能な場合、当該パラメータの標準偏差を変動範囲の目安とすることができる。

1.3.6 想定津波からの基準津波 T_s の選定

想定津波群の中から、その供用中に設計基準対象施設に最も大きな影響を及ぼすおそれがある津波を基準津波 T_s として選定する。

【解 説】

「設計基準対象施設に最も大きな影響を及ぼすおそれ」とは、水位上昇側では施設に影響を与える最大水位上昇量、水位下降側では取水に影響を与える最大の水位下降量や水位下降時間の累計時間等であり、評価地点固有の状況を勘案して決定する。また、基準津波 T_s の時刻歴波形は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ時刻歴波形に対し

て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において定義する。

公開資料用

1.3.7 基準津波 Ts の選定結果の検証及び入力津波の評価

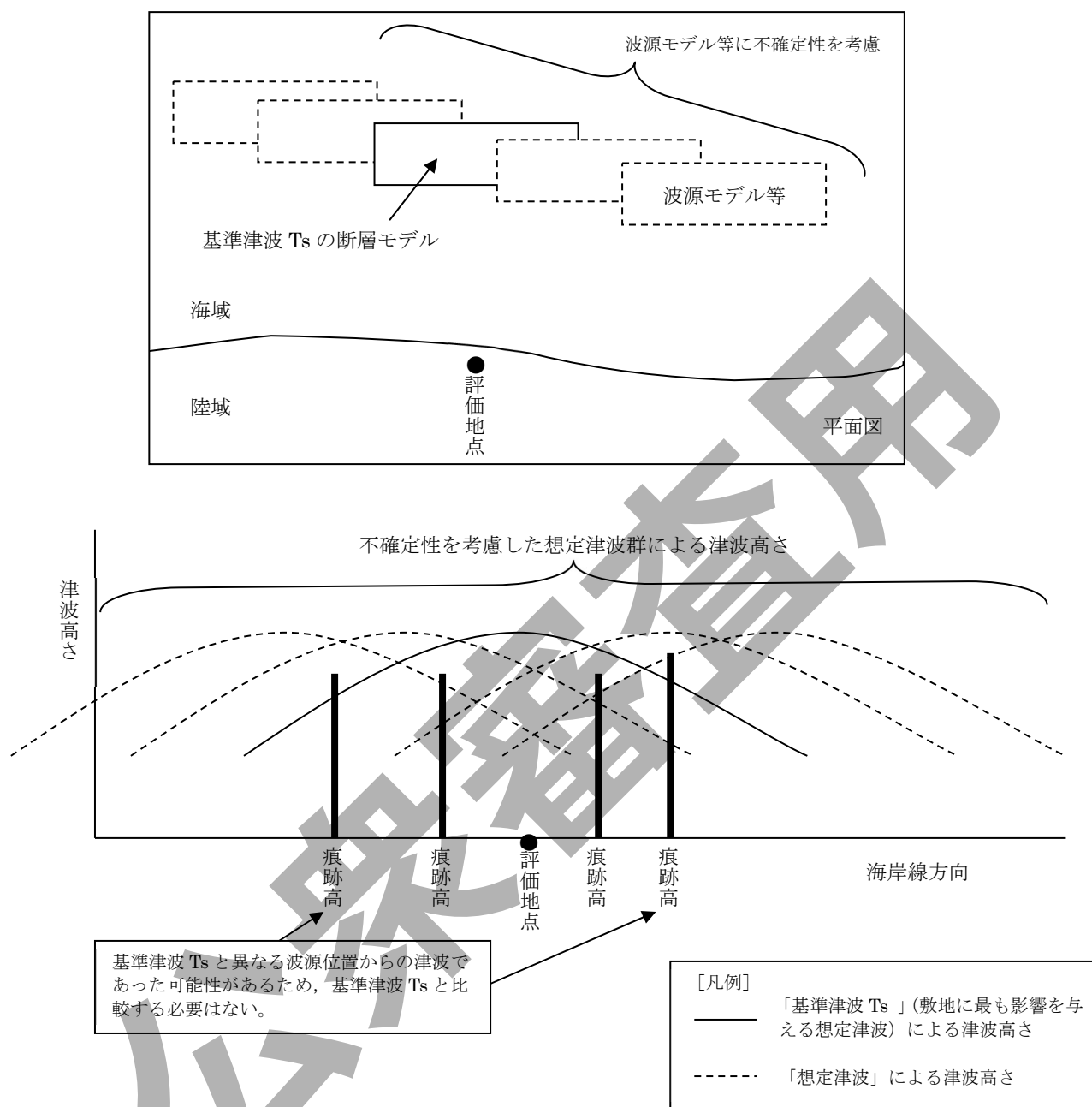
下記により，基準津波 Ts の妥当性を確認した上で，入力津波の評価を行う。

- ① 敷地において，基準津波 Ts による津波高が既往津波の再現性が確認できた波源モデル等による計算結果を上回ること。ただし，敷地において既往津波の痕跡に関する調査結果が存在する場合には，基準津波 Ts による津波高が当該痕跡高を上回ること。
- ② 敷地付近において，想定津波群の水位上昇量の包絡線が，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から推定される津波高を上回っていること。ただし，「敷地付近」は，敷地に大きな影響を与えたと考えられる既往津波の痕跡高の数と分布状況，評価地点との海岸・海底地形の類似性を検討の上，適切に設定するものとする。

なお，評価地点において基準津波 Ts を下回ることが明白である規模の小さい既往津波は検討対象から外すことができる。

【解 説】

想定津波群と痕跡高の関係を解図 1.3.7-1 に示す。



解図 1.3.7-1 想定津波群と痕跡高の関係(1.1.2-2)

1.3.8 その他

津波の卓越周期と取水路等における水理応答の固有周期が同程度である場合は、取水路等における共振の影響について検討を行う。

【解 説】

津波の卓越周期と取水路等における水理応答の固有周期が同程度であるとき、共振の影響により水位変動が大きくなる場合がある。

なお、水位変動以外の津波に伴う現象として、例えば、津波による砂移動や津波による波力を評価する場合には、「原子力発電所耐津波設計技術規程（JEAC4629-202X）」（202X 年，日本電気協会）^(1.1.1-3)「第 3 章」を参考に検討を行う。

1.4 超過確率の参照

確率論的津波ハザード評価結果を基にして、策定された基準津波 T_s に対応する超過確率を参照する。

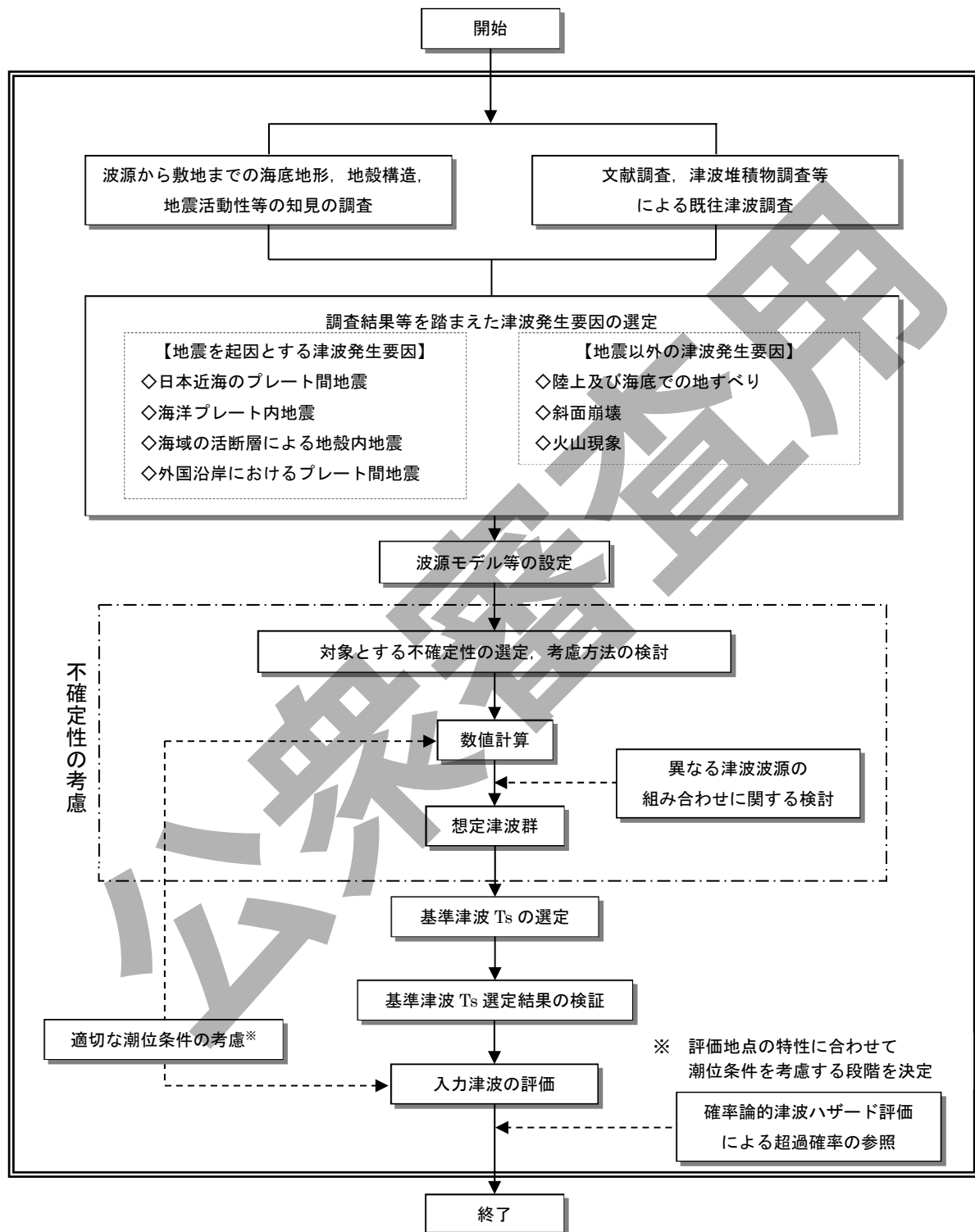
【解 説】

確率論的津波ハザード評価は、日本原子力学会標準「原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準」（2016 年，日本原子力学会）^(1.1.2-4)に基づいて行う。

なお、超過確率を参照するに際しては、平均ハザード曲線に加え信頼度別ハザード曲線（フラクタイルハザード曲線）を作成するとともに、波源別寄与度の分析を実施する。

附属書 1.1 基準津波 Ts 策定～入力津波評価の流れ

1.3 に規定される基準津波 Ts 策定から入力津波の評価までの流れを示す。



附図 1.1-1 基準津波 Ts 策定～入力津波評価の流れ

参考文献

- (1.1.1-1) 原子力規制委員会：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則，2019
- (1.1.1-2) 一般社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会：原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-2021)，2021
- (1.1.1-3) 一般社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会：原子力発電所耐津波設計技術規程 (JEAC4629-202X)，202X
- (1.1.2-1) 原子力規制委員会：敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド，2013
- (1.1.2-2) 原子力規制委員会：基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド，2013
- (1.1.2-3) 公益社団法人 土木学会 原子力土木委員会 津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術，2016
- (1.1.2-4) 一般社団法人 日本原子力学会：日本原子力学会標準 原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準，2016
- (1.1.2-5) 一般社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会：原子力発電所火山影響評価技術指針 (JEAG4625-2015)，2015
- (1.1.2-6) 一般社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会：原子力安全のためのマネジメントシステム規程 (JEAC4111-2021)，2021
- (1.3.3-1) 国土交通省・内閣府・文部科学省：日本海における大規模地震に関する調査検討会報告（概要），2014
- (1.3.3.1-1) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編ー津波断層モデルと津波高・浸水域等についてー，2012
- (1.3.3.1-2) 阿部 勝征：地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測，東京大学地震研究所彙報，Vol.64，1989，pp.51-69.
- (1.3.4.1-1) 松本 智裕他：土石流による津波発生・伝播モデルの開発，海岸工学論文集，第45巻，1998，pp.346-350.
- (1.3.4.1-2) Kenji Satake : Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, Vol.59, 2007, pp.381-390.
- (1.3.4.1-3) Stephan T. Grilli and Philip Watts : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. I : Modeling, Experimental Validation, and Sensitivity Analyses, JOURNAL OF WATERWAY, PORT. COASTAL, AND OCEAN ENGINEERING, NOVEMBER/DECEMBER, 2005, pp.283-297.
- (1.3.4.1-4) Philip Watts, Stephan T. Grilli, David R. Tappin and Gerard J. Fryer : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. II : Predictive Equations and Case Studies, JOURNAL OF WATERWAY, PORT. COASTAL, AND OCEAN ENGINEERING, NOVEMBER/DECEMBER, 2005, pp.298-310.

- (1.3.4.1-5) Fritz, H.M., W.H. Hager and H.-E. Minor : Near Field Characteristics of Landslide Generated Impulse Waves, J.Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng., Vol. 130, No. 6, 2004, pp.287-302.
- (1.3.4.2-1) 相田 勇 : 三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol.52, 1977, pp.71-101.

公開審査用

第2章 津波に関する地質調査

2.1 基本事項

2.1.1 適用範囲

本章は、原子力発電所の耐津波設計における基準津波 T_s の策定に必要な地質・地盤調査の方法に適用する。

【解 説】

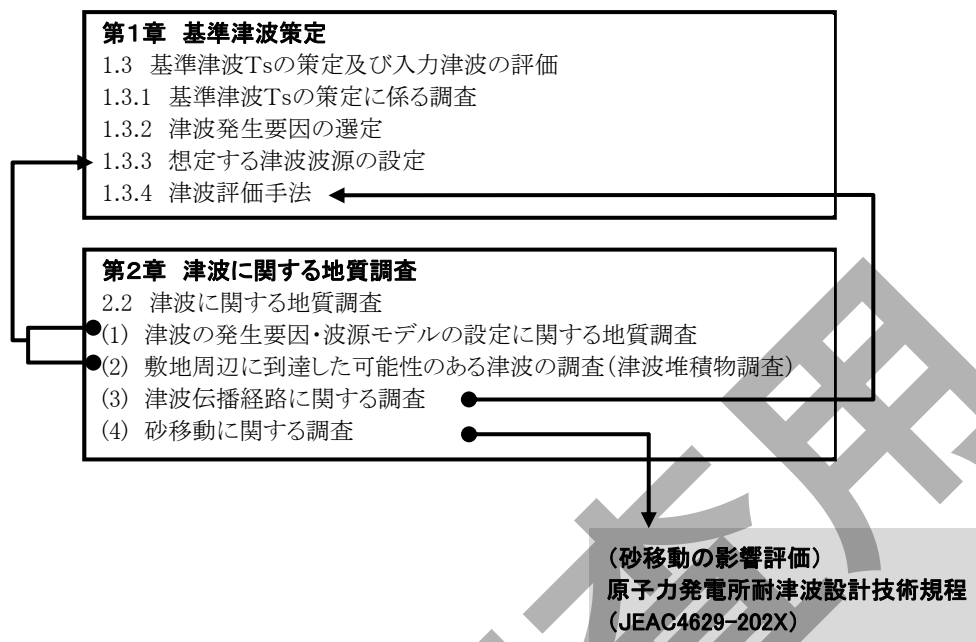
原子力発電所の耐津波安全性を確保するためには、敷地周辺、敷地近傍及び敷地内の地質と地盤について綿密な調査、試験及び解析を行い、それらの結果に基づき十分に信頼できる設計・施工を行う必要がある。実際の地質と地盤は、原子力発電所地点ごとに多種多様であるため、それぞれの地質や地盤に対する適切な調査、試験、解析、評価、設計等の目的、手法、その適用範囲等について吟味し実施しなければならない。また、各種調査・試験結果が十分信頼性を有していることを確認できなければならない。

本章は、基準津波 T_s の策定に必要な地質・地盤調査の方法に適用するものであり、各章の関係を解図 2.1.1-1 に示す。原子力発電所の設計に必要な地質資料を得ることを目的として実施する津波以外に関する地質・地盤調査については、「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-2021)」(2021 年, 日本電気協会)^(1.1.1-2)によるものとする。基準津波 T_s の策定のための調査手法に関する一般的な書籍として、海域の地質調査の詳細については、「海洋調査技術マニュアルー海洋地質調査編ー」(2004 年, 海洋調査協会)^(2.1.1-1)等が参考になる。

また、火山影響評価に関わる地質・地盤調査は、本 JEAG の適用範囲外である。火山影響評価については、別途「原子力発電所火山影響評価技術指針 (JEAG4625-2015)」(2015 年, 日本電気協会)^(1.1.2-5)によるものとする。

なお、「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-2021)」(2021 年, 日本電気協会)^(1.1.1-2)における基準津波に関する内容は、「原子力発電所耐津波設計技術規程 (JEAC4629-202X)」(202X 年, 日本電気協会)^(1.1.1-3)と一体のものとして運用・改定することが望ましいことから、当該内容を独立した指針として策定するに至った。

本章は「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-2021)」(2021 年, 日本電気協会)^(1.1.1-2)のうち、「第 2 章 2.5 津波に関する地質調査」の内容と対応するものである。今後、「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-2021)」(2021 年, 日本電気協会)^(1.1.1-2)が改定される際には、「第 2 章 2.5 津波に関する地質調査」の記載は削除する予定のため、本指針を適用することが望ましい。



解図 2.1.1-1 本章（2章 地質・地盤調査）の他章に対する役割・位置づけ

2.2 津波に関する地質調査

本節は、津波に関する地質調査について、調査の目的や調査内容、調査結果に基づく評価等を示す。

【解 説】

津波に関する地質調査には、(1) 津波の発生要因・波源モデルの設定に関する調査、(2) 敷地周辺に到達した可能性のある津波の調査（津波堆積物調査）、(3) 津波伝播経路に関する調査、(4) 砂移動に関する調査がある。

(1) 津波の発生要因・波源モデルの設定に関する地質調査

津波の発生要因となりうる海域活断層、地すべり、斜面崩壊及び火山現象に関する地質調査を実施し、波源モデルの設定に関するデータを得る。

津波の発生要因となる地すべり等としては、海域に面した陸上、海底の地すべり及び斜面崩壊を対象とする。

津波の発生要因となる火山現象としては、沿岸及び海域における噴火、山体崩壊並びにカルデラ陥没等（火砕流、火山泥流及び溶岩の海域への突入を含む）を対象とする。

(2) 敷地周辺に到達した可能性のある津波の調査（津波堆積物調査）

古記録や文献以外の既往津波資料を得るために、津波堆積物に関する調査を実施する。

(3) 津波伝播経路に関する調査

津波伝播範囲に関する陸域及び海域の地形に関する調査を行う。

(4) 砂移動に関する調査

敷地前面海域における砂の堆積状況や粒径及び密度の調査を行い、取水設備への砂の堆積による影響等の把握のための基礎データを得る。

津波に関する地質調査の全体概要を、解図 2.2-1 に示す。

なお、津波に関する地質調査については、「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」（2013 年 6 月，原子力規制委員会）^(1.1.2-1)に加え、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」（2013 年 6 月，原子力規制委員会）^(1.1.2-2)，土木学会原子力土木委員会による「原子力発電所の津波評価技術」（2016 年，土木学会）^(1.1.2-3)が参考となる。本節は、これらの資料を参考にとりまとめた。

2.2.1 津波の発生要因・波源モデルの設定に関する地質調査

津波の発生要因としては、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、陸域及び海底での地すべり、斜面崩壊及び火山現象がある。波源モデルの設定に必要なパラメータを取得するため、その発生要因に応じた範囲及び手法で調査を行う。

【解 説】

津波の発生要因として、地震動評価と共通するプレート間地震（及び同時に活動する分岐断層）、海洋プレート内地震及び海域の活断層による地殻内地震と、それに加え、強い揺れを伴わない、海溝付近のプレート境界での津波地震、海洋プレート内地震のうちアウトライズ地震や遠地地震についても考慮する必要がある。

さらに、津波独自の発生要因として、陸域及び海底での地すべり、斜面崩壊及び火山現象についても考慮する必要がある。

プレート間地震、海洋プレート内地震及び遠地津波に関する調査は、「第1章 基準津波策定」に示すとおりとする。また、海域の活断層に関する調査は、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2021）」（2021年、日本電気協会）^(1.1.1-2)「2.2.2.3 海域の調査」のとおりとする。

なお、過去に敷地周辺に津波を来襲させた可能性のある海域の活断層については、断層のずれにより海底面に生じた1回当たりの変形や変位量に関する検討を行う。また、津波の伝播距離は地震動よりも大きいいため、調査範囲については十分に広く設定する必要がある。

津波波源となりうる火山現象の調査及び評価については、「原子力発電所火山影響評価技術指針（JEAG4625-2015）」（2015年、日本電気協会）^(1.1.2-5)が参考となる。

本節では、津波発生要因のうち、主に陸域及び海底での地すべり、斜面崩壊及び火山現象を対象とした地質調査手法について示す。

2.2.1.1 調査範囲の設定

津波の発生要因となる海域の活断層、陸域及び海域での地すべり、斜面崩壊及び火山現象の調査範囲は、過去の津波来襲実績や陸上及び海底地形、火山の分布等を踏まえ、施設に影響を与えるおそれがある津波を把握するために必要な調査範囲を適切に設定する。

【解 説】

津波による影響は広範囲に及ぶことから、文献調査や他機関の調査結果を踏まえて、調査範囲を十分広く設定する必要がある。

なお、海域の活断層の調査範囲は「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-2021）」（2021 年、日本電気協会）^(1.1.1-2)「2.2.1 調査範囲の設定」に準ずるが、津波は地震動よりも影響範囲が広がる可能性があるため、必要に応じてより広く設定する。

2.2.1.2 津波発生要因及び波源モデル設定の地質調査手法

詳細な陸上の地形図、海底地形図、空中写真等を適切に組み合わせ、地形解析により沿岸及び海域の地すべり、斜面崩壊及び火山現象を把握する。

地形解析において、地すべり及び斜面崩壊については地すべり地形等の分布や規模を、火山現象については山体崩壊の範囲等を明らかにしなければならない。

【解 説】

将来発生する地すべり、斜面崩壊及び火山現象を想定するためには、過去に敷地周辺に津波を来襲させた可能性のある沿岸及び海底の地すべり、斜面崩壊及び火山現象の痕跡を把握することが有効である。

沿岸及び海域における地すべり及び斜面崩壊の分布や火山の分布については、既存の研究成果が利用できるため、文献調査が有効である。

陸上地すべり及び斜面崩壊については、防災科学技術研究所が公開している「地すべり地形分布図及び地震ハザードステーション」（地すべり地形分布図のデータベースを含む）(2.2.1.2-1)が参考となる。また、海底地すべりの分布に関しては、地質調査総合センター発行の海底地質図(2.2.1.2-2,3)に、海底地すべりの痕跡と考えられる地形が示されており、参考となる。

火山現象に関しては、地質調査総合センターによるデータベース「日本の火山」(2.2.1.2-4)や、気象庁による日本の活火山の分布等の情報が公開されており、これらが参考となる。

なお、地すべり、斜面崩壊及び火山現象の痕跡調査にあたっては、必要に応じて、地表地質調査や海底地質調査等の複数の調査手法を用いて、広域的概査から局所的精査まで段階的に実施し、その分布や規模及び確実度を検討する。

2.2.1.3 調査結果に基づく評価

過去に発生した地すべりや斜面崩壊、火山現象の位置、規模等を明らかにする。

【解 説】

地すべりについては、沿岸の地すべりや斜面崩壊の海域への流入及び海底の地すべりについて、過去に発生した位置、規模等を評価する。

火山現象については、噴火あるいは山体崩壊に伴う土石流等の海域への流入、又は海底での噴火やカルデラ陥没等の津波波源となる現象について、過去に活動した位置、規模等を評価する。

これら評価結果は、津波評価における波源モデルの設定に必要なパラメータとなる。

2.2.2 敷地周辺に到達した可能性のある津波の調査（津波堆積物調査）

敷地周辺に到達した可能性のある津波の調査として、文献や観測記録による津波痕跡調査以外の情報を得るために、津波堆積物の調査を行う。

【解 説】

既往津波の痕跡高については、古文書等に記された歴史記録等の文献や観測記録の調査が主体となるが、そのような文献が存在しない古い時代の津波に関する情報を得るために、津波堆積物調査が有効な場合がある。

津波堆積物に関する調査・評価手法等については、「津波堆積物調査・評価に関する手引き」（2014年、原子力安全基盤機構）^(2.2.2-1)、「津波堆積物調査ハンドブック」（2014年、原子力安全基盤機構）^(2.2.2-2) 及び「津波堆積物データベース」（地質調査総合センター）^(2.2.2-3)が参考となる。

2.2.2.1 津波堆積物の調査範囲の設定

敷地近傍の適地に加え、地域特性（津波波源・海岸付近における地すべりや山体崩壊等）を考慮して調査範囲を適切に設定する。

【解 説】

津波堆積物の調査範囲については、敷地近傍のみならず、敷地に来襲した可能性のある津波の波源を考慮して、適切に設定する。

現地調査位置の選定においては、文献調査及び地形調査により敷地に影響を及ぼすと想定される古津波及び古地震の記録、津波堆積物が残りやすそうな地形、堆積物の供給源に関する情報、古環境の変遷等を調査する。

文献調査及び地形調査結果を踏まえて、踏査により津波堆積物の残存の可能性、堆積環境場の確認等を行い、現地調査の実施が可能であることを検討する。

2.2.2.2 津波堆積物の調査手法

津波堆積物調査では、掘削調査等によって試料を採取し、堆積学的分析、年代分析、古生物学的分析等を適切に組み合わせて津波堆積物の認定を行う。

【解 説】

現地調査では、津波堆積物の有無や津波の発生頻度、規模等の情報を得るため、ボーリング等により試料採取を行う。掘削地点は、堆積物の分布を把握できる程度で複数地点において実施し、縄文海進以降の堆積物を対象として、可能な限り古い年代まで含む試料採取を行う。なお、津波の発生頻度の情報を得る目的においては、縄文海進以降に必ずしも限定しない。

得られたイベント堆積物の試料に対して、調査地点の特性や堆積物の状況に応じて、堆積構造、堆積厚さ、粒度分布、堆積物の標高及び平面的な分布、海起源の含有物の有無、堆積環境変化や地殻変動との同時性等の分析・検討を行うとともに、歴史記録との対比、他機関調査結果との広域的な対比等を行い、津波堆積物の認定を行う。

2.2.2.3 津波堆積物の評価

津波堆積物の有無、広域的な分布、供給源、形成年代、標高、規模（津波高、浸水域）等を評価する。

【解 説】

津波堆積物と認定された堆積物については、その広域的な分布、供給源、形成年代及び標高を評価し、過去に敷地周辺に到達した可能性のある津波の規模（津波高、浸水域）の推定に活用する。

2.2.3 津波伝播経路に関する調査

津波評価に関する波源から敷地（陸域遡上を考慮）までの津波伝播経路及び地形的特徴の把握のため、陸域及び海域の地形調査を行う。

【解 説】

陸域及び海域の地形に関する資料等の調査によって得られる、詳細な地形図、海底地形図、空中写真等を適切に組み合わせ、津波波源から敷地周辺（陸域遡上を考慮する）までの津波伝播経路及び地形的特徴を把握する。敷地及び敷地近傍については、特に詳細な地形（人工構造物を含む）まで把握する。

地形解析に用いる既存資料として、陸域の場合は、基盤地図情報（数値標高モデル：5m メッシュ、10m メッシュ）（国土地理院）^(2.2.3-1) 等がある。海域の場合は、日本周辺の 500m メッシュ海底地形データ（J-EGG500）（海上保安庁）^(2.2.3-2) や海底地形デジタルデータ（M7000 シリーズ、M5000 シリーズ）（日本水路協会）^(2.2.3-3) 等がある。

また、敷地近傍の詳細な地形調査の手法として、陸域においては航空レーザー測量、海域においては、浅海部は航空レーザー測深、深海部は音響測深等がある。

なお、既往津波の再現計算や津波堆積物調査の評価にあたり、当時には存在しなかった人工改変や断層運動の影響等により、発生当時と地形が異なる場合には、古地図等による当時の地形情報から過去の地形データを復元して用いる。

2.2.4 砂移動に関する調査

敷地前面海域において、既存文献、現地調査等によって、底質の分布及びその特徴を把握する。底質が砂質であると判断された場合には、試料を採取し、粒度分布、比重等のデータを取得する。

調査の結果から、底質を構成する砂の分布及びその粒径や比重等を評価し、砂移動の評価に活用する。

【解 説】

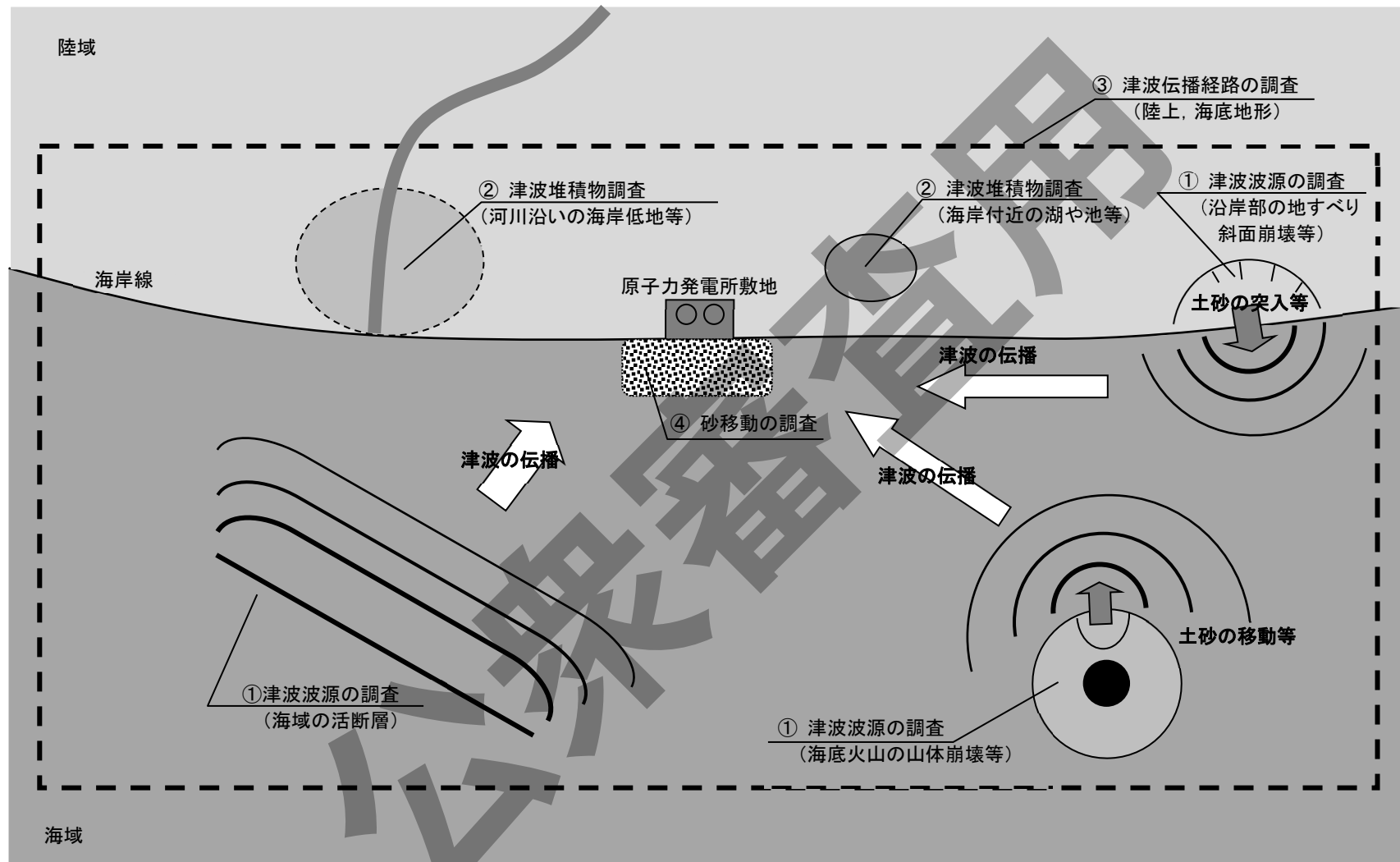
砂移動に関する調査の目的は、敷地前面海域に砂が分布する場合、津波の影響で砂が巻き上げられ、取水口や取水路、沈砂池に堆積することで、それらの通水性や海水取水ポンプの取水性に与える影響を評価することである。

したがって、まずは敷地前面海域における底質の分布及びその特徴を把握し、津波により巻き上げられる可能性のある砂等の堆積物で構成されていると判断される場合には、試料を採取し、粒度分布、比重等のデータを取得する。

底質に関する既存文献には、例えば、底質（表層堆積物）分布図、海の基本図（海上保安庁）、採泥による堆積物の記載データ等がある。

底質に関する現地調査の手法には、例えば、ボーリング、ドレッジ、グラブ採泥器、柱状試料採取調査、サイドスキャンソナー等がある。

これらの調査から、底質の分布、砂層の有無、層厚及び粒径や比重に関するデータを取得し、砂移動の評価「原子力発電所耐津波設計技術規程（JEAC4629-202X）」（202X年、日本電気協会）（1.1.1-3）に用いる。



解図 2.2-1 津波に関する地質調査の全体概要

参考文献

- (2.1.1-1) 一般社団法人 海洋調査協会：海洋調査技術マニュアルー海洋地質調査編ー，2004
- (2.2.1.2-1) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所：地すべり地形分布図及び地震ハザードステーション (<http://www.i-shis.bosai.go.jp/>)
- (2.2.1.2-2) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター：地質図カタログ (<https://www.gsj.jp/Map/>)
- (2.2.1.2-3) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター：地質図Navi (<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>)
- (2.2.1.2-4) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター：日本の火山 (<https://gbank.gsj.jp/volcano/index.htm>)
- (2.2.2-1) 独立行政法人 原子力安全基盤機構：津波堆積物調査・評価に関する手引き，2014
- (2.2.2-2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構：津波堆積物調査ハンドブック，2014
- (2.2.2-3) 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター：津波堆積物データベース (https://gbank.gsj.jp/tsunami_deposit_db/)
- (2.2.3-1) 国土地理院：基盤地図情報（数値標高モデル：5m メッシュ，10m メッシュ）(<https://service.gsi.go.jp/kiban/app/map/?search=dem>)
- (2.2.3-2) 海上保安庁 海洋情報部 日本海洋データセンター：日本周辺の 500m メッシュ海底地形データ（J-EGG500）(https://www.jodc.go.jp/jodcweb/JDOSS/infoJEGG_j.html)
- (2.2.3-3) 一般財団法人 日本水路協会：海底地形デジタルデータ（M7000 シリーズ，M5000 シリーズ）(<https://www.jha.or.jp/jp/shop/products/btdd/index.html>)