

伊方発電所の地震・火山評価

令和4年7月14日
四国電力株式会社



はじめに

■原告らの主張

伊方発電所3号機を運転することは、原告らの人格権を侵害するおそれのある行為である。

■被告の主張

伊方発電所3号機の安全性は十分に確保されており、原告らの人格権を侵害するおそれはなく、原告らの主張に理由はない。

- 地震、火山等の影響について、詳細な調査を実施し、その特性を十分に把握
- 地震、火山等に対する安全性が確保できるよう十分に余裕を持って設計・建設
- 発電所建設以降も最新の知見を更新し、十分な安全性を有していることを確認
- 福島第一原子力発電所事故の発生等を踏まえて制定された新規制基準に適合

☞ 被告は、新規制基準の適合性審査に係る資料、学術文献、専門家の意見書などを多数提出し、伊方発電所の安全性について主張立証している。

■本プレゼンテーションは、主要争点における被告の主張の概要を説明するものであり、正確には、争点整理表において引用元として示す準備書面等で述べたところを参照されたい。

■本件訴訟を本案とする仮処分事件

平成30年9月28日、いずれの争点においても債務者の主張を認め債権者らの申し立てを却下した。

- 本件訴訟と同様、人格権に基づく妨害予防請求権が根拠
- 争点には本件訴訟における主要争点も含まれる

☞ 債権者らは即時抗告したが、後日取り下げ、御庁の決定が確定している。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

司法審査のあり方

争点整理表 第1

差止請求の要件

- 本件訴訟は、人格権に基づく妨害予防請求権を根拠として伊方発電所3号機の運転差止めを求めるものであるところ、差止要件としては、人格権侵害による被害が生じる「具体的危険」の存在が必要である。
- 理論的ないし抽象的、潜在的な危険性の存在のみをもって原子力発電所の運転の差止請求を認容することは、原子力発電の利用を否定し、ひいては現代社会における科学技術の利用そのものを否定することになり、妥当ではない。

主張立証責任

- 伊方発電所3号機の運転により原告らの人格権が侵害される具体的危険の存在については、民事訴訟の一般原則どおり、原告らがその主張立証の責任を負うべきである。
- 原子力規制委員会において新規制基準への適合性が確認されたことは、伊方発電所3号機について安全性が確保されていること（原告らの人格権侵害の具体的危険が存在しないこと）を示す極めて重要な事実となるのであるから、それにもかかわらず伊方発電所3号機の運転差止めを求める原告らの側において、人格権侵害の具体的危険の存在を相当の根拠、資料等に基づき主張立証するのは当然の理である。

考慮すべき科学的知見

- 人格権侵害の具体的危険の有無の判断に際しては、科学的・専門技術的知見を踏まえることが不可欠であり、本件訴訟においては、基本となる通説的見解からの逸脱があるか否かという観点からの判断がなされるべきである。
- もっとも、通説的見解と異なる見解（少数説）が存在することは当然であるから、被告や原子力規制委員会が採用した知見に一定の合理性が認められるにもかかわらず、これに対する異論や批判が存在することをもって、被告や原子力規制委員会が採用した知見が不合理となるわけではない。

はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
 - 地震と地震動
 - 周期
 - 応答スペクトル
 - 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

- (1) 調査で地域特性を知る
 - ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り
 - イ 伝播特性
 - ・分析・評価
 - ・振り返り
 - ウ 増幅特性
 - ・地下構造調査の目的
 - ・敷地の地盤・速度構造
 - ・振り返り
 - エ 小括
- (2) 不確かさを考慮した評価
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデル
 - エ 不確かさ考慮モデル
 - オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

- 2-1 火山の基礎知識
- 2-2 火山評価の骨子
 - (1) 立地評価
 - (2) 影響評価
- 2-3 火山のまとめ

おわりに

1

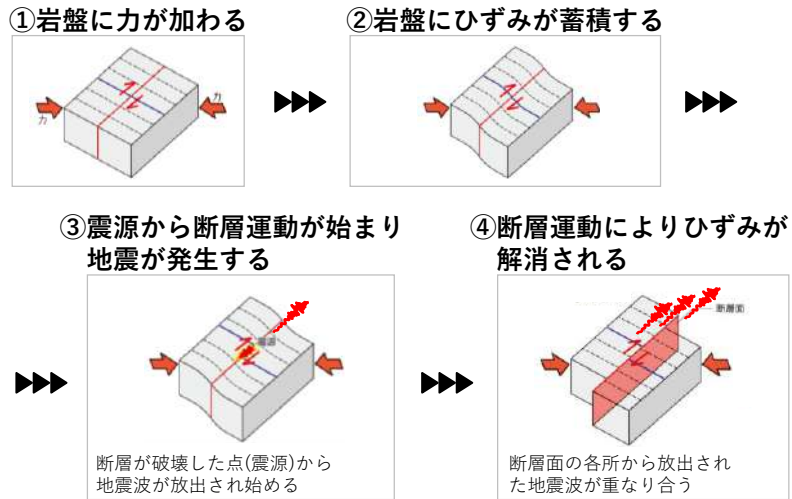
地震

地震動の基礎知識

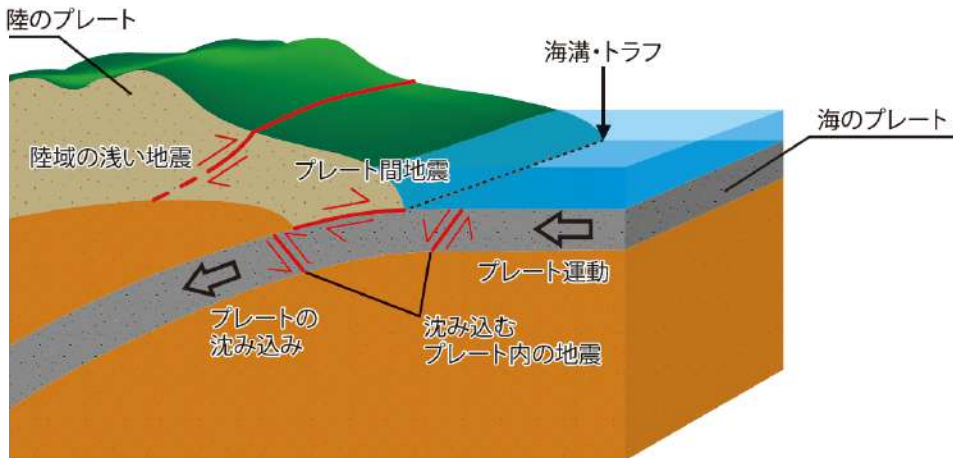
1-1

地震と地震動

争点整理表 第2の1(1)



「地震がわかる！」地震調査研究推進本部より抜粋・一部加筆



「地震がわかる！」地震調査研究推進本部より抜粋

地震

- 地震は、地下の岩盤が、周囲から力を受けることによって次第にひずみが蓄積し、やがてある面(断層面)を境として破壊する(ずれる)現象である。
- 地震は、発生する様式(発生様式)の違いによって次のように分類される。

2つのプレートの境界面で発生するものをプレート間地震

陸のプレートの内部(浅い部分)で発生するものを内陸地殻内地震 (左図では「陸域の浅い地震」)

海のプレートの内部(深い部分)で発生するものを海洋プレート内地震 (左図では「沈み込むプレート内の地震」)

地震動

- ある点(震源)から始まった破壊は拡大していき、岩盤の破壊に伴って地震波が逐次放出される。この地震波によって生じる揺れが**地震動**である。

「地震と地震動」をはじめとする地震動評価の基礎知識等については、被告作成の乙324を併せて提出する。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

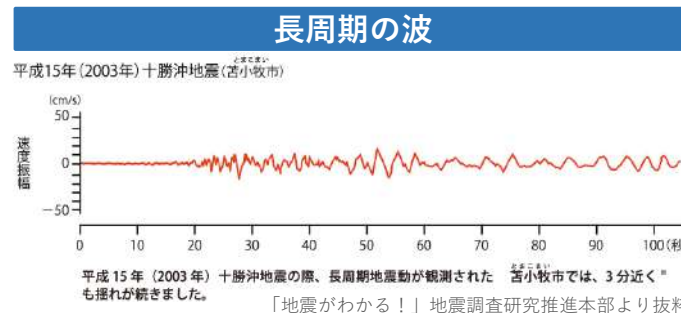
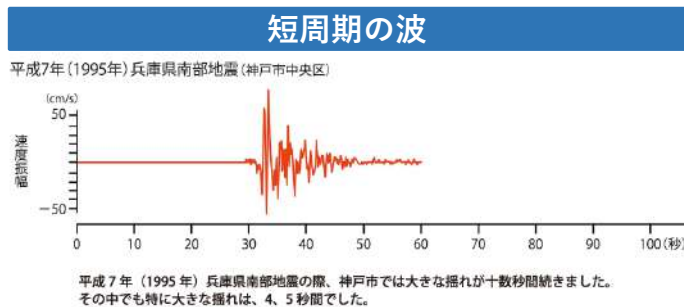
2-3 火山のまとめ

おわりに

周期

争点整理表 第2の1(1)

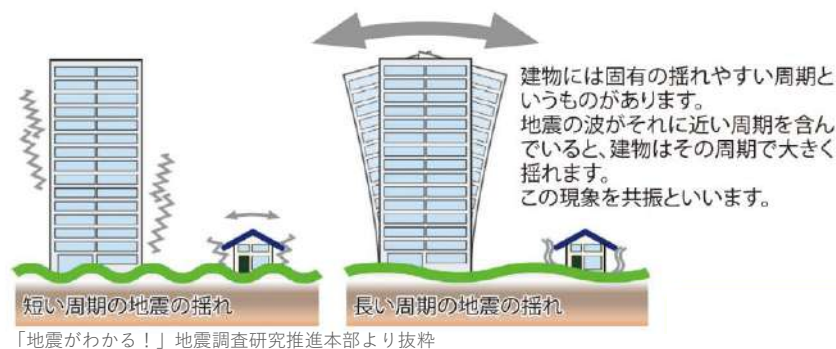
- 地震動は、短周期の波から長周期の波まで、様々な周期の波が含まれた**複雑な波の集合体**である。
- 「周期」とは、単調な振幅の波が繰り返す時間を意味しており、短い時間で繰り返す波は短周期の波であり、長い時間をかけて繰り返す波は長周期の波である。**短周期の波**は「ガタガタ」という揺れを、**長周期の波**は「ユーラユーラ」という揺れをもたらす。



- 建物等の構造物は、それぞれ**特定の揺れやすい周期(固有周期)**を持っている。

低層の建物は、短い周期の揺れによって揺れやすく、逆に高層の建物は、長い周期の揺れによって揺れやすい。地震動によって構造物に生じる揺れ**(地震動に対する構造物の答え方)**を**応答**という。

- 構造物の耐震設計を行うにあたっては、地震動が構造物にどのような揺れをもたらすのか、つまり、地震動に対して**構造物がどのように応答するのか**を把握することが重要となる。



☞ 構造物の揺れについては、実験動画として乙305-1~乙305-4を提出しているので、参照されたい。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

応答スペクトル(1/2)

争点整理表 第2の1(1)

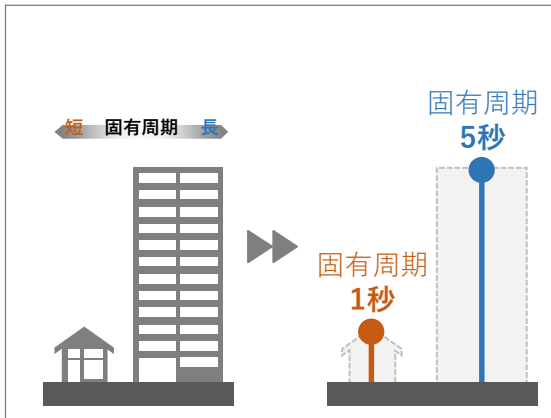
応答スペクトル

「様々な周期を有する建物等に対して、特定の地震動がどのくらいの揺れを生じさせるか」を、**横軸に周期、縦軸に最大応答値**をとってわかりやすく描いたもので、その地震動によって建物等に生じる揺れの大きさが把握できる。

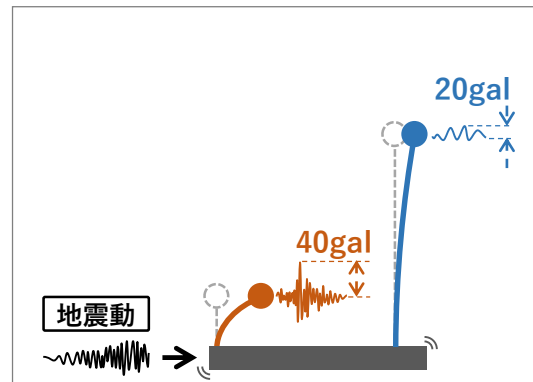
- ・応答スペクトルについては、大崎順彦氏の「地震と建築」の73～116頁に非常にわかりやすい説明があるので、併せて乙325として提出する。
- ・なお、仮処分事件のプレゼンテーション資料(乙86及び乙88)の冒頭でも若干の解説を付しているの、参照されたい。

応答スペクトルの作成方法

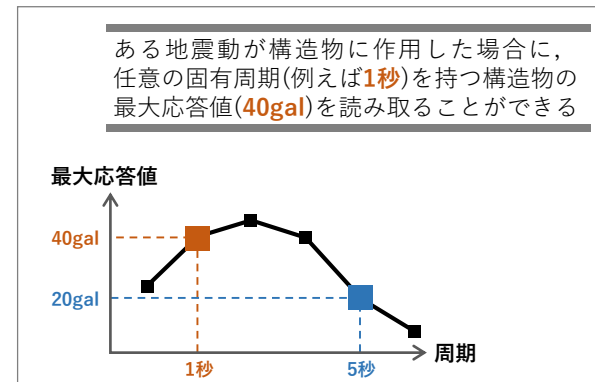
①建物を解析用にモデル化



②特定の地震動を入力し、各モデルの応答波形を解析



③「各モデルの固有周期」と「応答波形の最大値」を繋いで応答スペクトルを描画



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

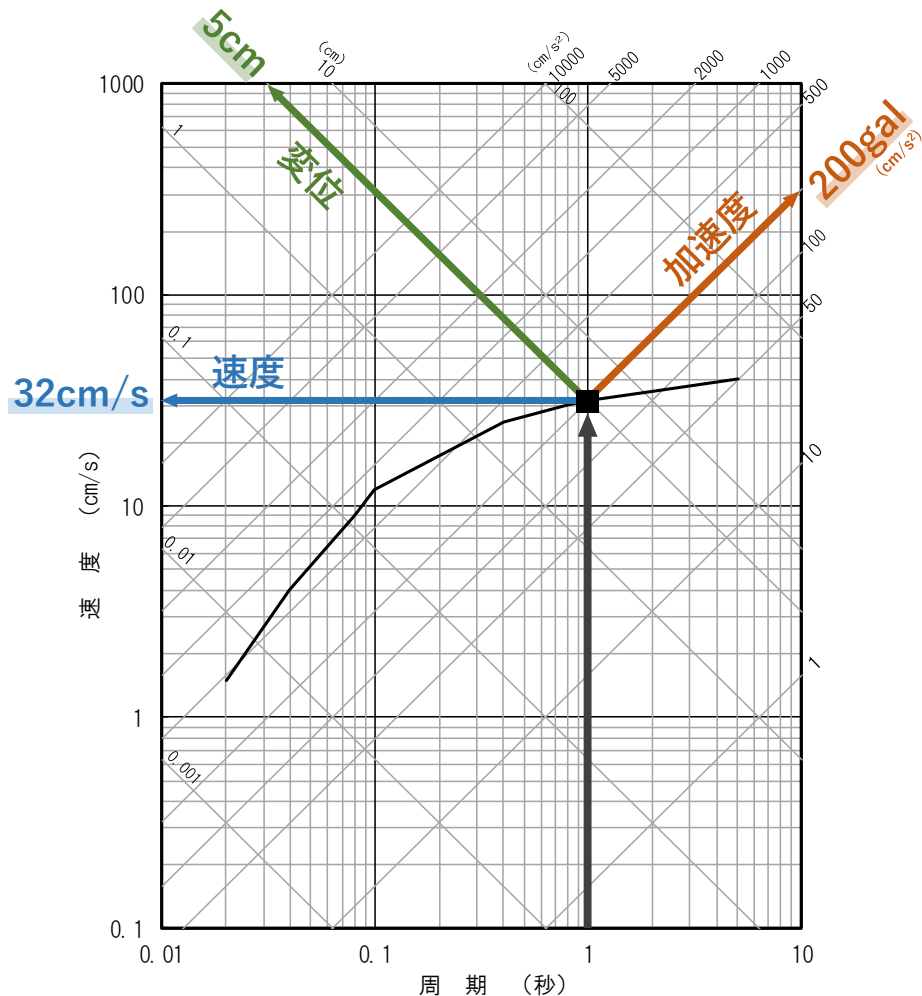
2-3 火山のまとめ

おわりに

応答スペクトル(2/2)

争点整理表 第2の1(1)

応答スペクトルのグラフの読み方 (グラフの縦軸を速度とした場合)



補足説明

- 応答スペクトルにおける最も短い周期の加速度の値 (左のグラフでは約500ガル) が、構造物に入力される地震動 (入力地震動) の「最大加速度」に相当する。
- 耐震設計は、応答スペクトルを用い、それぞれの構造物・設備の固有周期を考慮して行われる。
- したがって、入力地震動の「最大加速度」は耐震設計における重要な指標の1つではあるが、この値だけで構造物の耐震性を論ずることはできない。

☞ 単に「最大加速度」の値だけで構造物の耐震性を論ずることはできないことについては、被告準備書面(11)第2の2(2)(43頁以下)を参照

補足説明 (やや専門的な内容)

- 加速度と速度と変位の3者は、
 - ・ 加速度を積分したものが速度
 - ・ 速度を積分したものが変位
 という関係にある(乙283(60~61頁)参照)。
- このため、ある固有周期Tを持つ構造物が振動(固有周期ごとの振動は正弦波で表され、数式としては、sin関数・cos関数を含む式で表せる。)により変形(変位)しているとき、その構造物の速度及び加速度は、最大値のみに着目すれば、1つのグラフで表現することができる。
- それぞれの値は、近似的には以下の単純な式で表すことができ、実務的にも用いられている。(なお、Tは周期、 π は円周率)
 - ・ 加速度 : $S_a = S_a$
 - ・ 速度 : $S_v = S_a \times (T/2\pi)$
 - ・ 変位 : $S_d = S_v \times (T/2\pi) = S_a \times (T/2\pi)^2$

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・ 活断層調査
- ・ 音源の種類
- ・ 震源断層の把握
- ・ 地質境界としての中央構造線
- ・ 振り返り

イ 伝播特性

- ・ 分析・評価
- ・ 振り返り

ウ 増幅特性

- ・ 地下構造調査の目的
- ・ 敷地の地盤・速度構造
- ・ 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

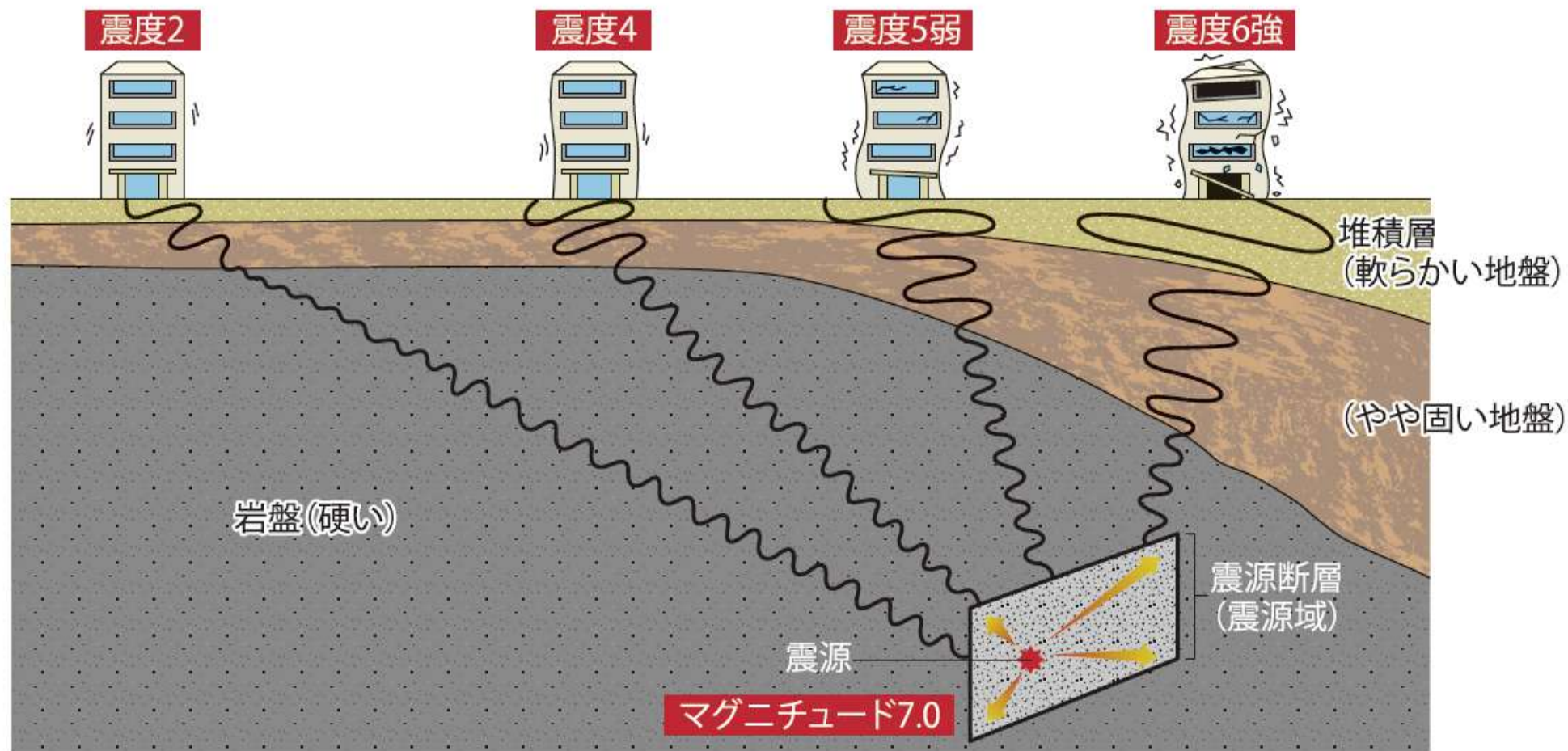
(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

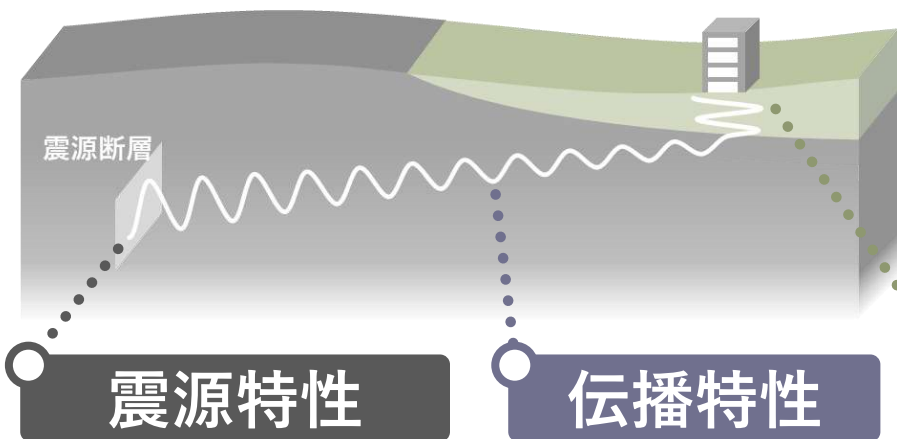
「地震がわかる！」 地震調査研究推進本部より抜粋



断層運動の規模を表すマグニチュードは1つですが、それぞれの場所の揺れの大きさを示す震度は場所によって異なります。図は震源に近く、地盤が軟らかい場所ほど大きく揺れることを示しています。

地域特性

争点整理表 第2の1(1)



震源特性

震源断層面から放出される地震波の性質は、**震源断層の大きさ** (規模の大きさ)、**震源断層面の破壊の仕方**等によって決まる。

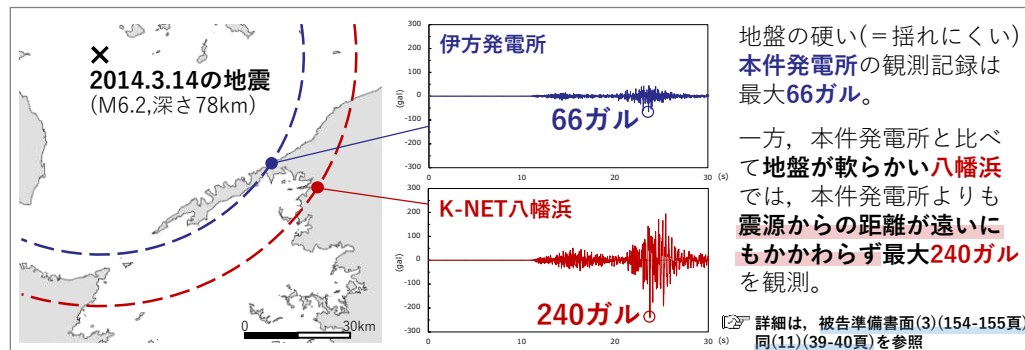
伝播特性

震源から放出された地震波は、**震源からの距離**とともにその**振幅を減じながら**地下の岩盤中を伝播していく。

増幅特性

地震波は、硬い地盤から**軟らかい地盤**に伝わる際に**振幅が大きくなる性質**を持っているため、軟らかい地盤上の地点では、岩盤上の地点に比べて大きな揺れ(地震動)をもたらすことになる。岩盤上の観測地震波と軟弱地盤上の観測地震波とを比較すると、その大きさに数倍程度の差が生じる場合もある。

これら3つの特性は地域によって異なることから、地震動の評価にあたってはこれらの**地域特性を把握する**ことが重要となる。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

地震動評価の骨子

1-2

原子力発電所の耐震安全性評価

争点整理表 第2の1(8)(12)

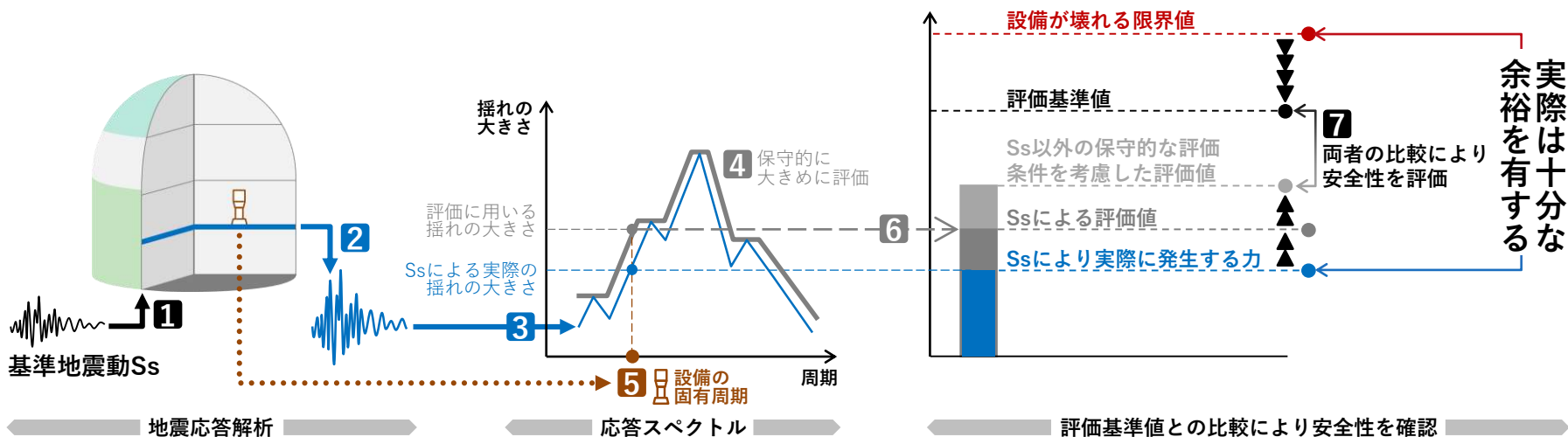
- 原子力発電所における耐震安全性評価は、下図の流れで実施される。
- 「基準地震動Ssにより実際に設備に発生する力」と「設備が壊れる限界値」との間には十分な余裕があるため、Ssを超えれば直ちに原子力発電所が危機的な状況に陥るというものでは決してない。

☞ Ssに対する耐震設計上の余裕については、争点整理表第2の1(8)を参照

十分な調査で地域特性を知る

信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮して
保守的に基準地震動Ssを策定

策定した基準地震動Ssに対する原子力発電所の耐震安全性を保守的に評価



はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
 - 地震と地震動
 - 周期
 - 応答スペクトル
 - 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

- (1) 調査で地域特性を知る
 - ア 震源特性
 - 活断層調査
 - 音源の種類
 - 震源断層の把握
 - 地質境界としての中央構造線
 - 振り返り
 - イ 伝播特性
 - 分析・評価
 - 振り返り
 - ウ 増幅特性
 - 地下構造調査の目的
 - 敷地の地盤・速度構造
 - 振り返り
 - エ 小括
- (2) 不確かさを考慮した評価
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデル
 - エ 不確かさ考慮モデル
 - オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

- 2-1 火山の基礎知識
- 2-2 火山評価の骨子
 - (1) 立地評価
 - (2) 影響評価
- 2-3 火山のまとめ

おわりに

基準地震動Ssとは？

○基準地震動Ssとは、原子力発電所の耐震設計において基準とする地震動のことである。

○基準地震動Ssをさらに具体的にいえば、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・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、原子力発電所の供用中に発生する可能性があり、原子力発電所に大きな影響を及ぼすおそれがあるとして想定することが適切な地震の地震動のことをいう。また、基準地震動Ssの策定過程においては、各種の不確かさを考慮することが求められている。（「实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」（設置許可基準規則）4条、設置許可基準規則の解釈別記2第4条5項（乙80（134～137頁）））

○つまり、基準地震動Ssは、原子力発電所の敷地及び敷地周辺の地質・地質構造をはじめとする地域特性を十分に把握したうえで、各種の不確かさを考慮して策定する必要がある。

○被告は、次ページ以降で説明するとおり、
(1) 十分な調査で伊方発電所の敷地及び敷地周辺の地域特性を把握し、
(2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮して、
保守的に基準地震動Ssを策定している。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

Ss策定における基本スタンス

争点整理表 第2の1(3)

○基準地震動Ssは、審査ガイドに基づき、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」の2種類の地震動について、以下に示す流れで設定する。

本日は「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、敷地への影響が最も大きい「敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)」を代表して説明

基本スタンス(1)

十分な調査で
地域特性を知る

基本スタンス(2)

信頼性の高い手法を用いたうえで
不確かさを考慮



次頁(拡大図)で
説明

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- 活断層調査
- 音源の種類
- 震源断層の把握
- 地質境界としての中央構造線
- 振り返り

イ 伝播特性

- 分析・評価
- 振り返り

ウ 増幅特性

- 地下構造調査の目的
- 敷地の地盤・速度構造
- 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

※ 地下構造モデル：原子力発電所の主要な設備の固有周期(短周期帯)ではない長周期帯の計算において、一部のケースでのみ必要

地域特性の把握

震源特性の把握

【陸域】

- ・変動地形学的調査
- ・地質調査

【海域】

- ・海上音波探査
- ・海底地形調査
- ・構造調査
- ・地球物理学的調査

伝播特性・増幅特性の把握

- ・広域地質調査
- ・深部ボーリング調査
- ・各種物理探査・調査
- ・地震観測
- ・観測記録を用いた検討等
- ・解析的検討等

基準地震動の策定とも密接に関連

地震動評価上、成層かつ均質と認められる地下構造(速度構造)か？

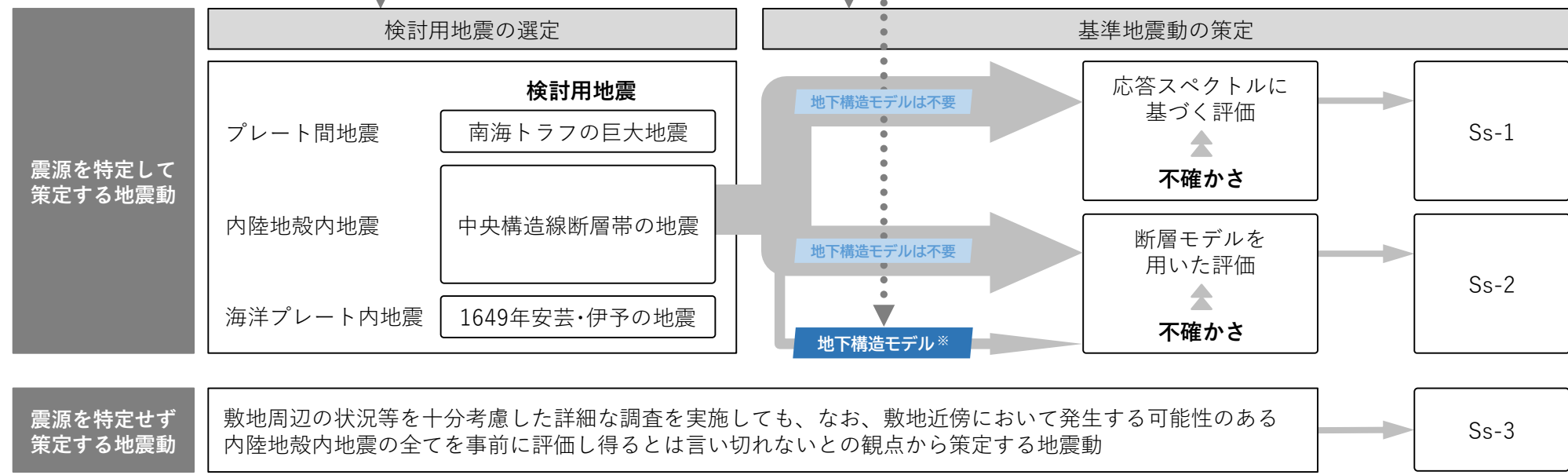
地震動の顕著な増幅をもたらすような増幅特性を有していないか？

三次元の地下構造モデルや三次元探査が不要であることを確認

適切な地下構造モデルを設定

基本スタンス(1)
十分な調査で
地域特性を知る

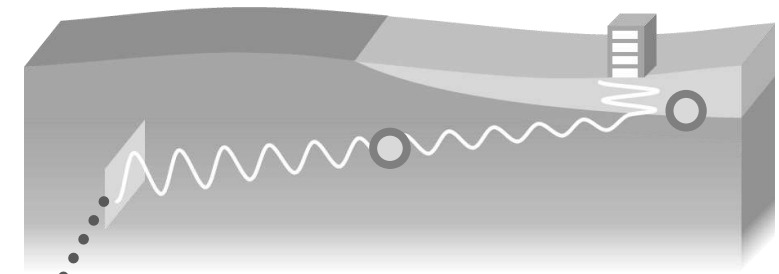
基本スタンス(2)
信頼性の高い手法
を用いたうえで
不確かさを考慮



※ 地下構造モデル：原子力発電所の主要な設備の固有周期(短周期帯)ではない長周期帯の計算において、一部のケースでのみ必要

(1) 十分な調査で地域特性を知る

- ア **震源特性** の評価
- イ 伝播特性の評価
- ウ 増幅特性の評価
- エ 小括



震源特性

震源断層面から放出される地震波の性質は、**震源断層の大きさ**（規模の大きさ）、**震源断層面の破壊の仕方**等によって決まる。

👉 どこでどういった地震が発生するかを把握することが大切

- ・ 1995年兵庫県南部地震(M7.3)
- ・ 約2mの水平方向のずれ
- ・ 北淡町提供：科学技術庁パンフ「活断層」より



震源断層と活断層

震源断層

○地下深くの地震波の発生源となる断層を**震源断層**という。

活断層

○大地震では、**震源断層**の活動に伴う変位が地表付近まで到達し、地形や地層を変位・変形させることがある。このような地表付近まで到達した断層のうち、最近の地質時代まで繰り返し活動し、**将来も活動すると考えられる断層**のことを**活断層**という。



活断層調査の必要性・重要性

- 地震は繰り返し同じ場所で発生することから、地表付近に現れた**活断層**のずれは**累積**していく。
- したがって、地表付近の**活断層**を調査することで、地下深くの**震源断層**の存在を把握できる。
- つまり、地下深くにあって実際に地震を起こす震源断層を把握するためには、**震源断層が活動した痕跡である地表付近の活断層を調査することが重要**。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

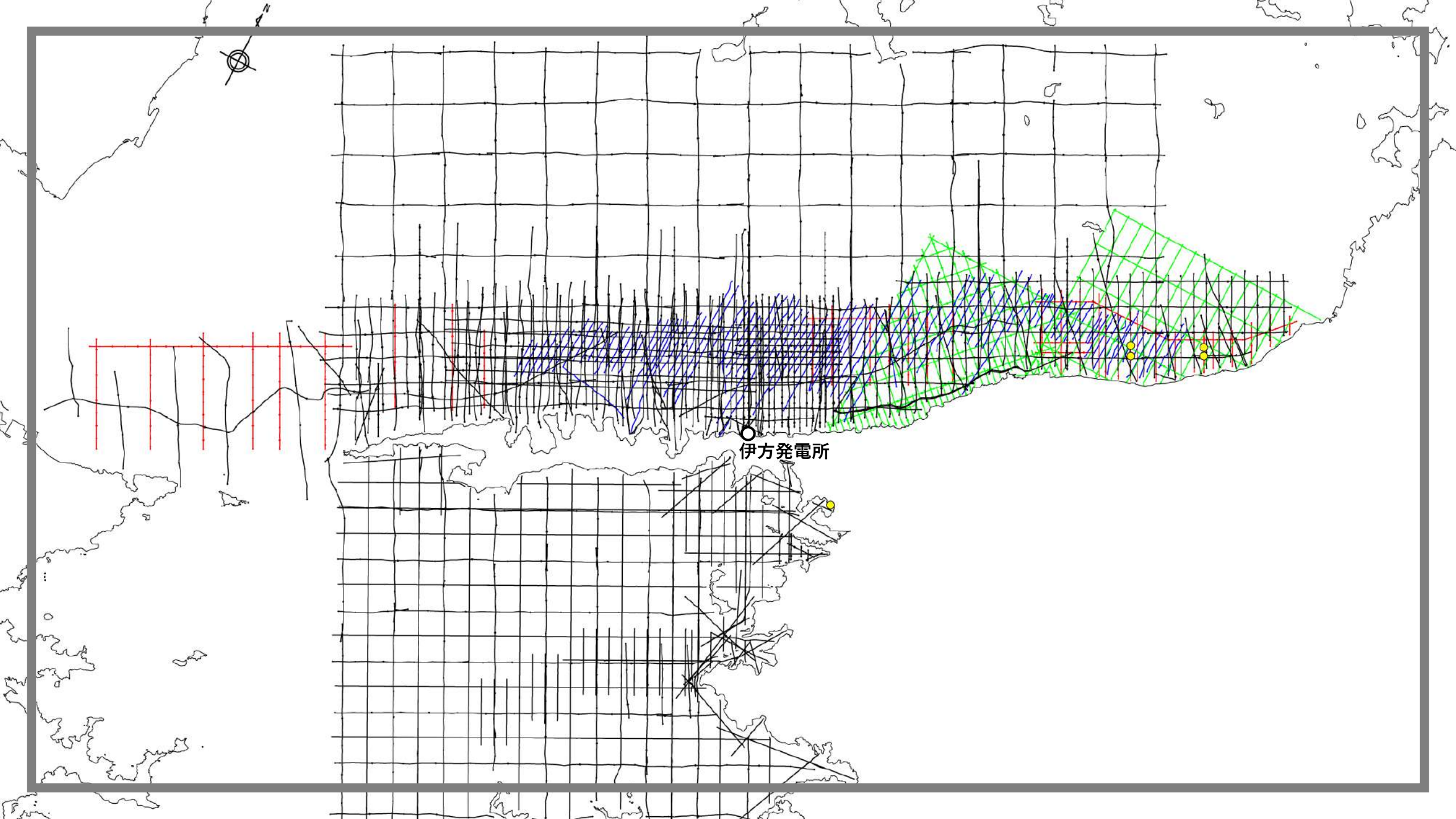
2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに



伊方発電所

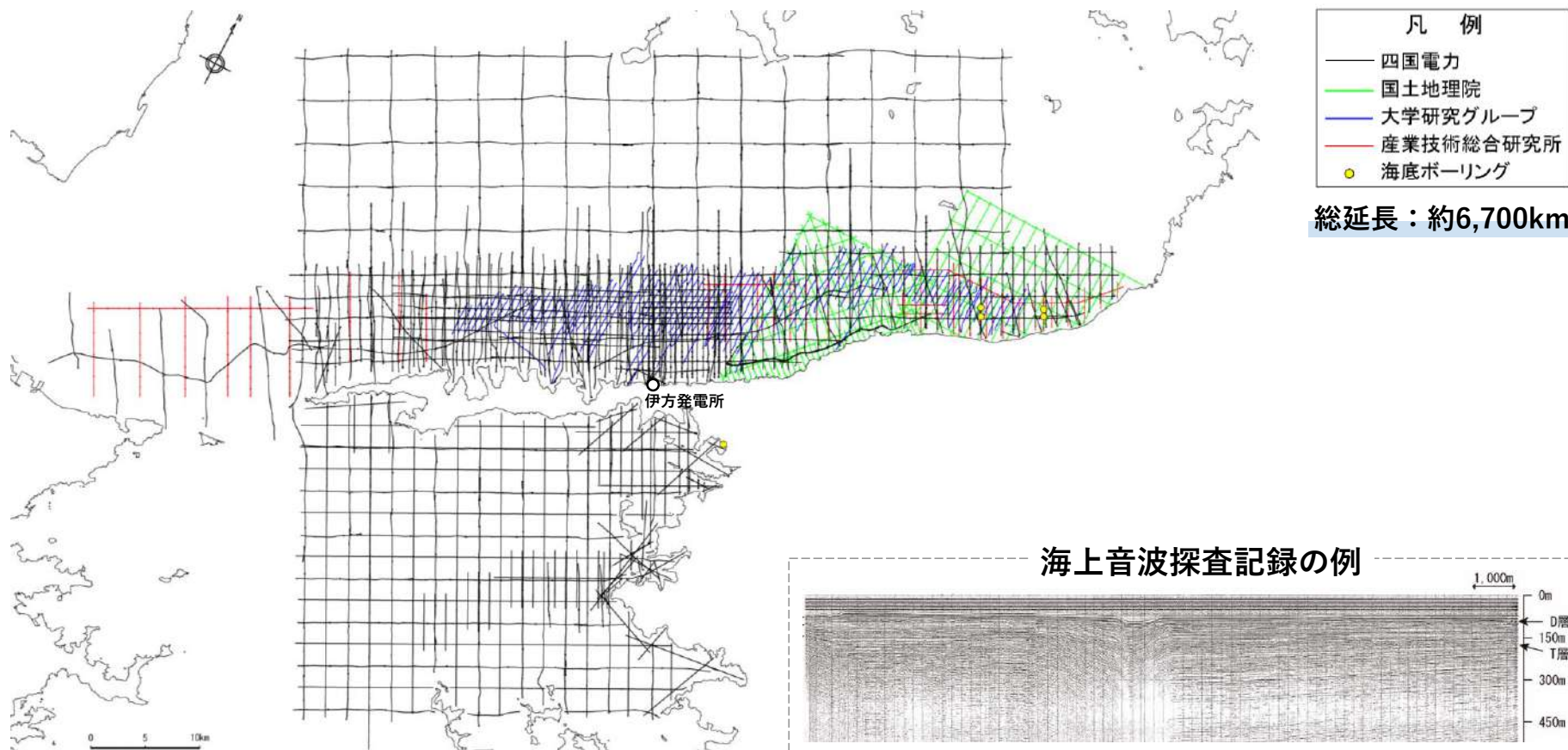
活断層調査(1/3)



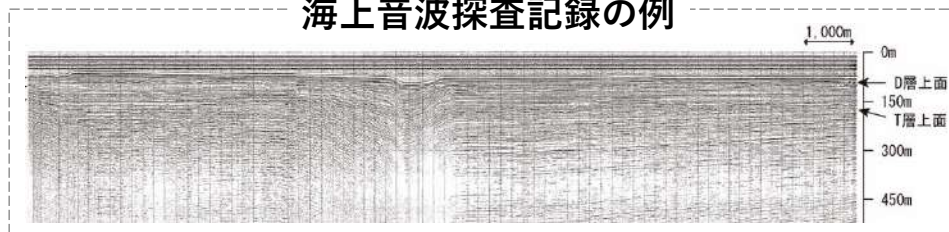
争点整理表 第3の2(2)

①海上音波探査

海域の詳細な地質・地質構造を把握



海上音波探査記録の例



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

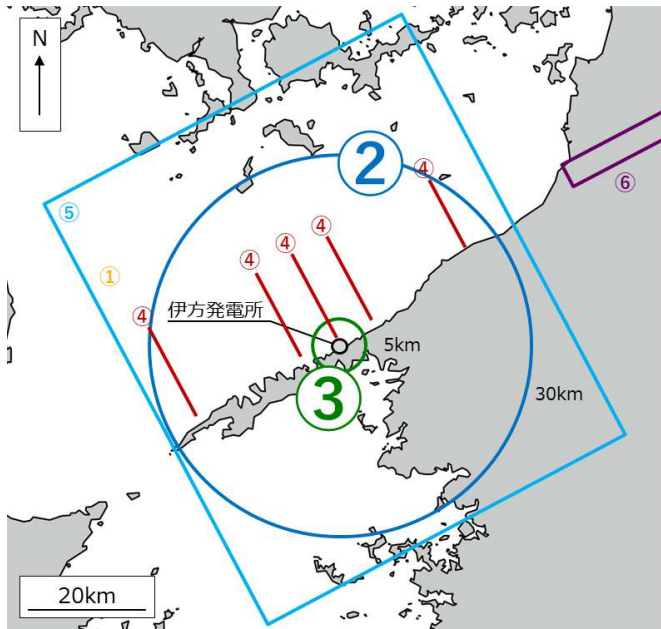
2-2 火山評価の骨子

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

活断層調査(2/3)



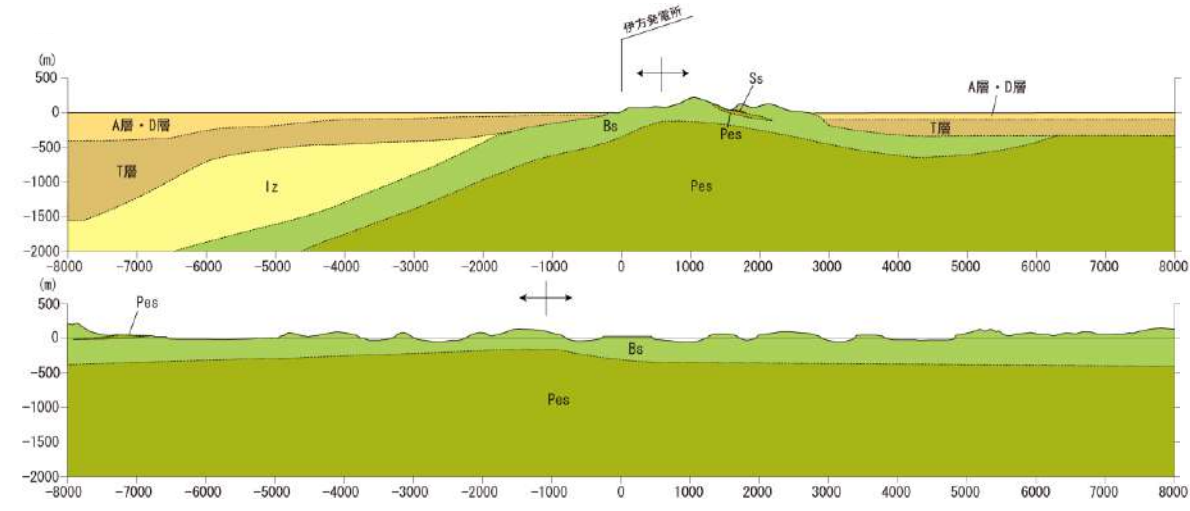
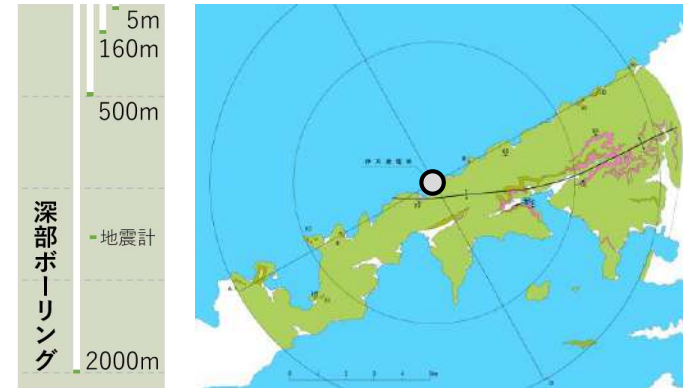
②地形調査

DEMデータの取得, 音響測深, 変動地形に着目した地形判読



③深部ボーリング調査・地表地質調査

敷地における深さ2000mまでの深部ボーリングと敷地近傍における地表踏査によって詳細な地下構造を把握



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

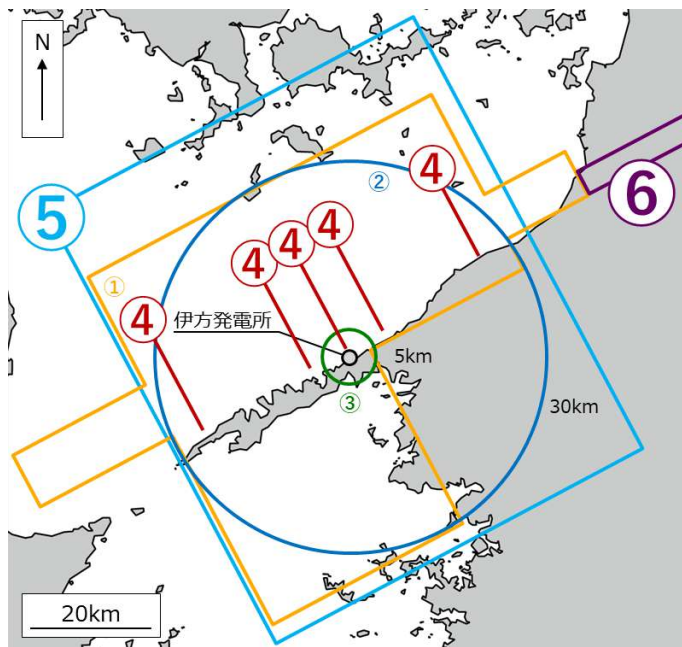
(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

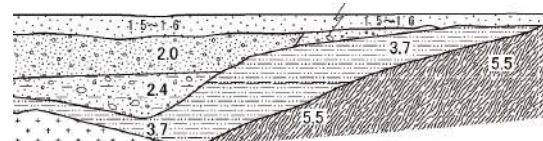
おわりに

活断層調査(3/3)



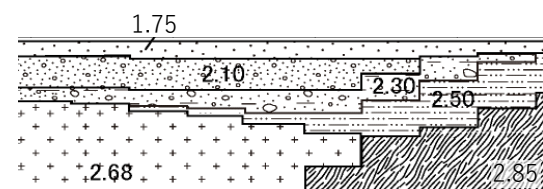
④エアガン海上音波探査, 屈折法探査

地下深部の速度構造を把握



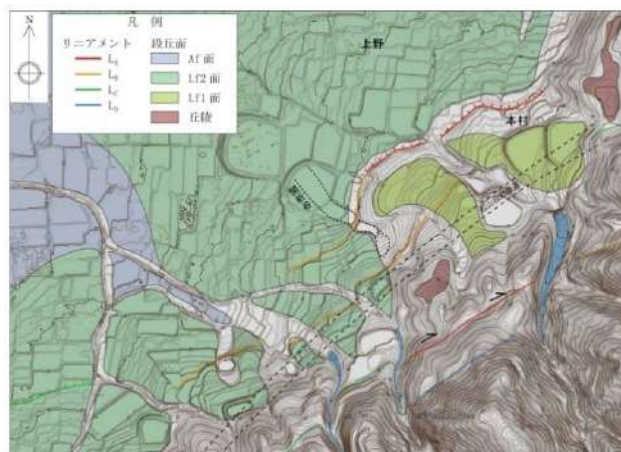
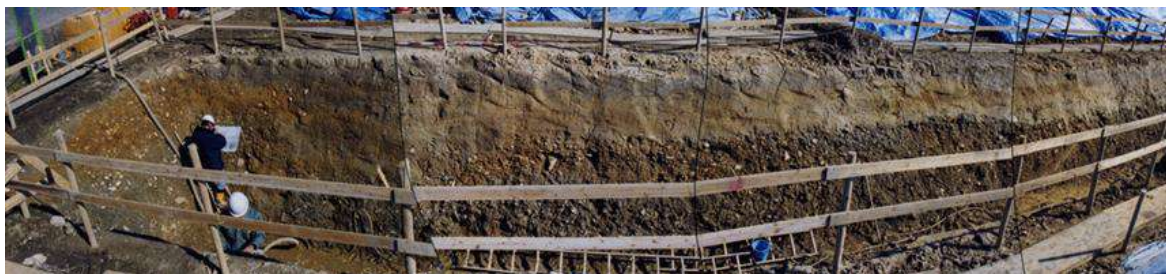
⑤重力測定

地下深部の密度構造を把握



⑥陸域の中央構造線断層帯を対象とする調査

- 地形調査 (DEMデータの取得, 地形判読)
- 地表地質調査 (地表踏査, ボーリング調査, トレンチ調査)
- 地球物理学的調査 (反射法地震探査, 重力測定, MT探査)



はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
 - 地震と地震動
 - 周期
 - 応答スペクトル
 - 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

- (1) 調査で地域特性を知る
 - ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

- 2-1 火山の基礎知識
- 2-2 火山評価の骨子
 - (1) 立地評価
 - (2) 影響評価
- 2-3 火山のまとめ

おわりに

補足

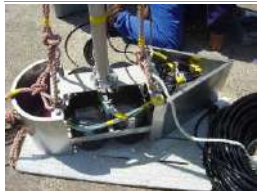





海域の活断層調査は目的に応じた“音源”を用いる必要がある(1/2)

【乙118「海域における活断層調査の現状と課題」(岡村行信,2013)から抜粋】

- **音波探査(地震探査)**は音源の周波数によって、**分解能と探査深度が大きく異なる**。
- 一般に使用される音源では、エアガン・ウォーターガン・スピーカー・ブーマーの順に周波数が高くなり、分解能が高くなる。さらに周波数が高い装置としてチャープソナー・ソノプローブ・SES2000などの装置も利用されている。
- 活断層の活動間隔は数千年から数万のものも多く、また、1回の断層活動によるずれは1m前後であることが多いことを考えると、**エアガンを音源を用いた場合活動イベントを識別することは困難**であろう。
ブーマーを音源とすると、活断層を確実に認定できるし、活動履歴を解明することも可能になってくる。

分解能 : 高
探査深度 : 浅

分解能 : 低
探査深度 : 深

音源	チャープソナー	ソノプローブ	ブーマー	スピーカー	ウォーターガン	エアガン
送信方法	電歪振動方式 電気によって圧電セラミックを振動させて音波を発生させる	磁歪振動式 磁歪によって金属板を振動させて音波を発生させる	電磁誘導方式 電磁誘導によって金属板を振動させて音波を発生させる	水中放電方式 海中で瞬間的に高電圧をかけて海水を沸騰させることによって音波を発生させる	圧縮空気方式 圧縮空気の圧力を利用し、海水をピストンで強打して音波を発生させる	圧縮空気方式 高压空気を海水中で間欠的に開放して膨張させ、振幅が大きく周波数の低い音波を発生させる
発信周波数	2000~16000Hz	3000~10000Hz	500~14000Hz	400~600Hz	120~150Hz	5~300Hz
可探深度	海底下25m程度まで	海底下数十m程度まで	海底下100m程度まで	海底下300m程度まで	浅部からやや深部まで	海底下数km程度まで
						

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る
ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・**音源の種類**
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

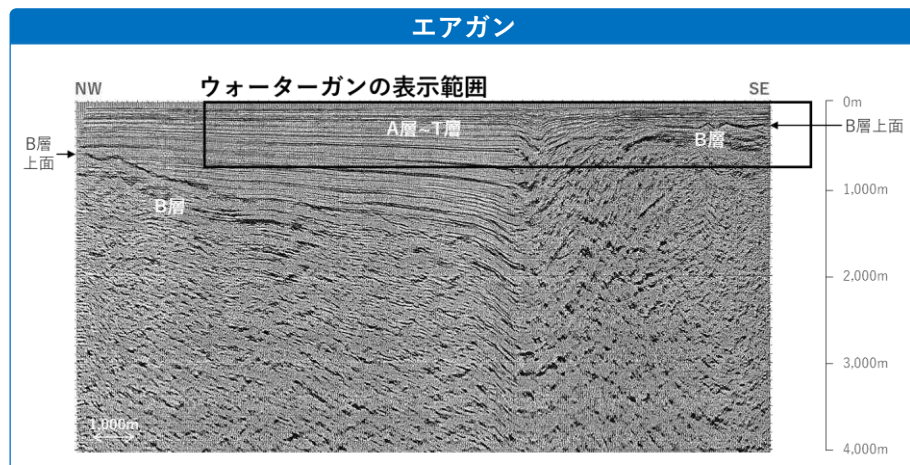
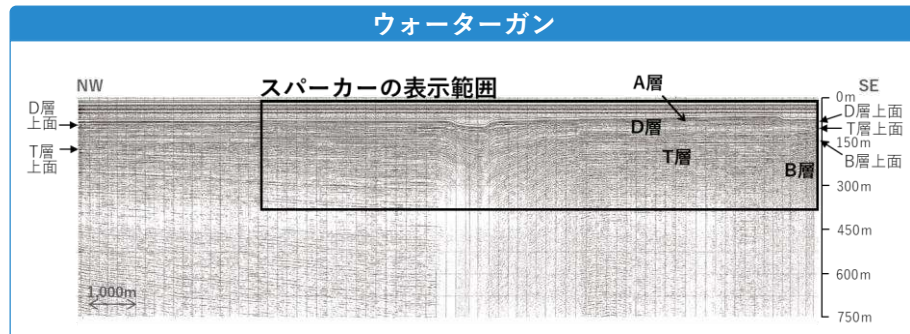
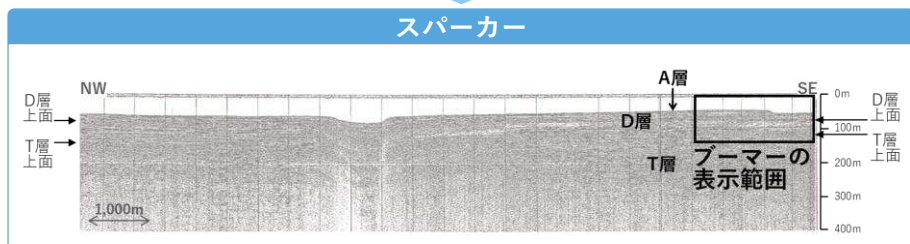
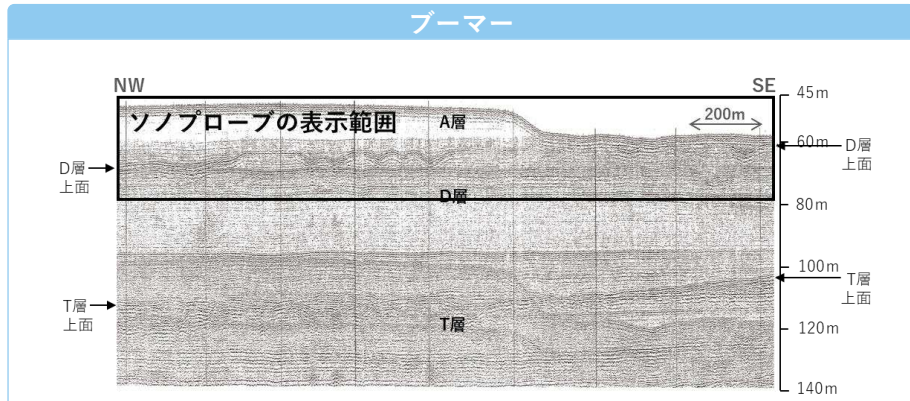
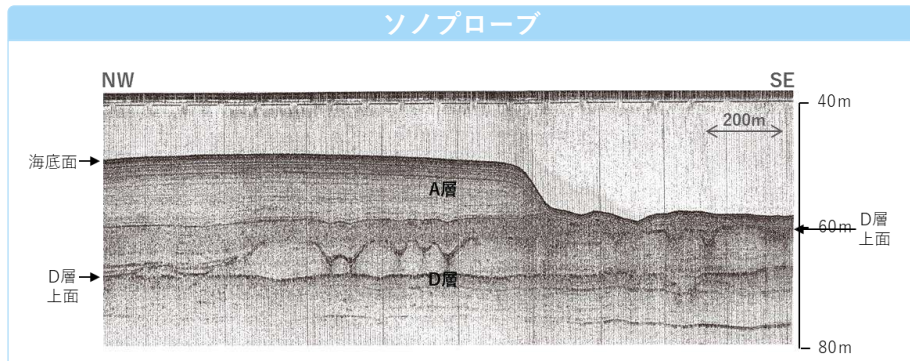
2-3 火山のまとめ

おわりに

補足

海域の活断層調査は目的に応じた“音源”を用いる必要がある(2/2)

○ 伊予灘における音源ごとの海上音波探査記録の代表例を下図に示す。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- 活断層調査

- 音源の種類**

- 震源断層の把握

- 地質境界としての中央構造線

- 振り返り

イ 伝播特性

- 分析・評価

- 振り返り

ウ 増幅特性

- 地下構造調査の目的

- 敷地の地盤・速度構造

- 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

補足

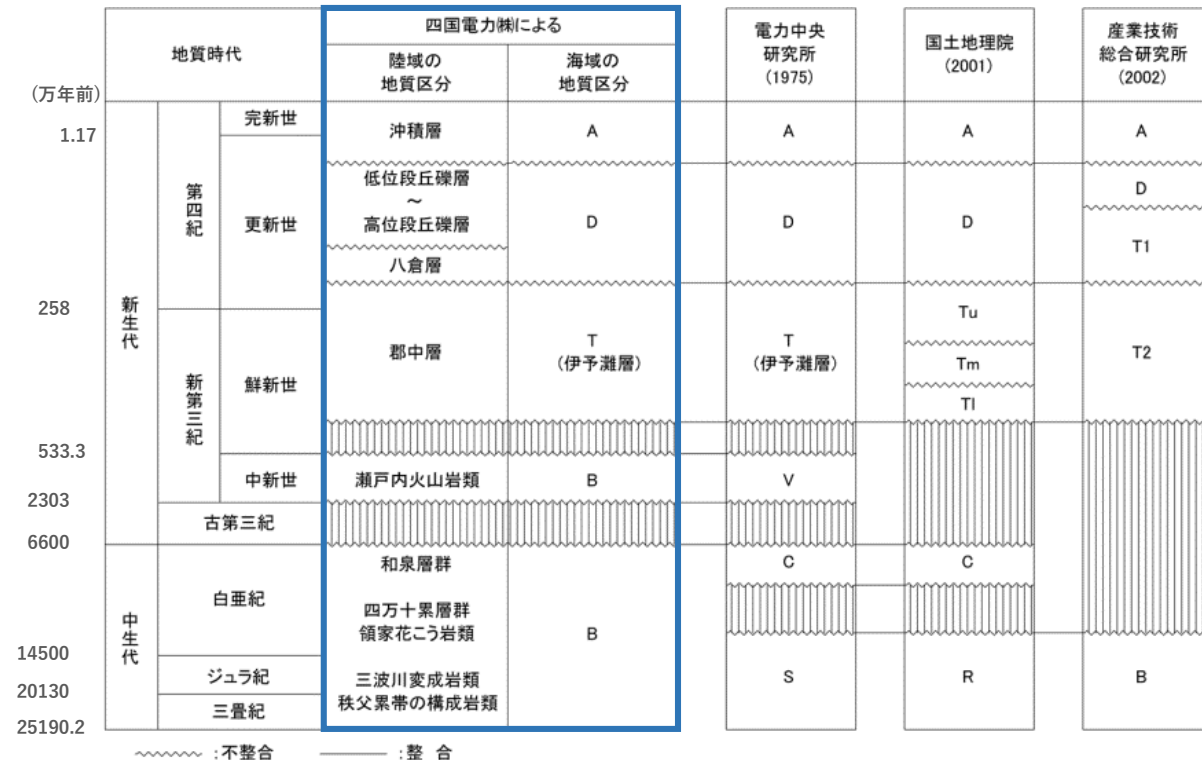
活断層か否かの判断にはD層上部以浅が重要

○伊予灘の地層を地質時代に応じて区分すると、新しい時代から順に**A層・D層・T層・B層**と区分することができる。

この区分は、**各調査機関で整合しており、高い信頼性**がある。

○活断層か否かは、**後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動の有無**によって判断される。

つまり、伊予灘における活断層調査では、海上音波探査により、**D層上部以浅の堆積物中に、震源断層の活動痕跡である変位があるか否かの調査・確認が必要**である。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

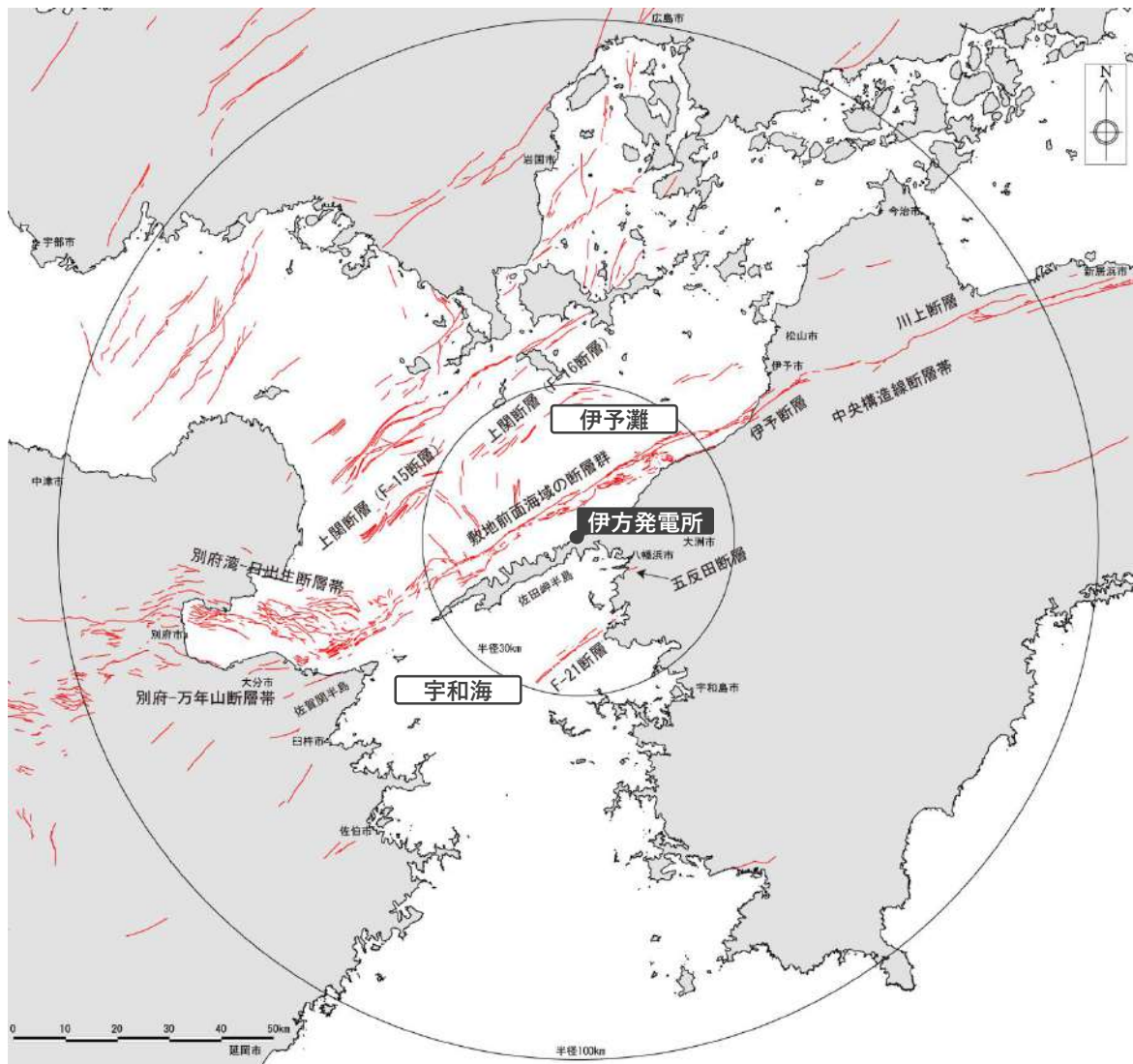
2-3 火山のまとめ

おわりに

余白

震源断層の把握(1/4)

○敷地に及ぼす影響が最も大きいと考えられる**中央構造線断層帯**について、調査により把握した同断層の位置を次頁に示す。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・**震源断層の把握**

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

・中田 高・今泉俊文編, 2002, 活断層詳細デジタルマップ.

・産業技術総合研究所活断層・地震研究センター, 2012, 活断層データベース, <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/activefault/index.html>.

・島崎邦彦・松岡裕美・岡村 眞・千田 昇・中田 高, 2000, 別府湾の海底活断層分布, 月刊地球/号外, 28, 79-84.

・七山 太・池田倫治・大塚一広・三浦健一郎・金山清一・小林修二・長谷川 正・杉山雄一・佃 栄吉, 2002, 伊予灘～佐賀関沖MTL活断層系の広域イメージングとセグメント区分, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 活断層・古地震研究報告, 2, 141-152.

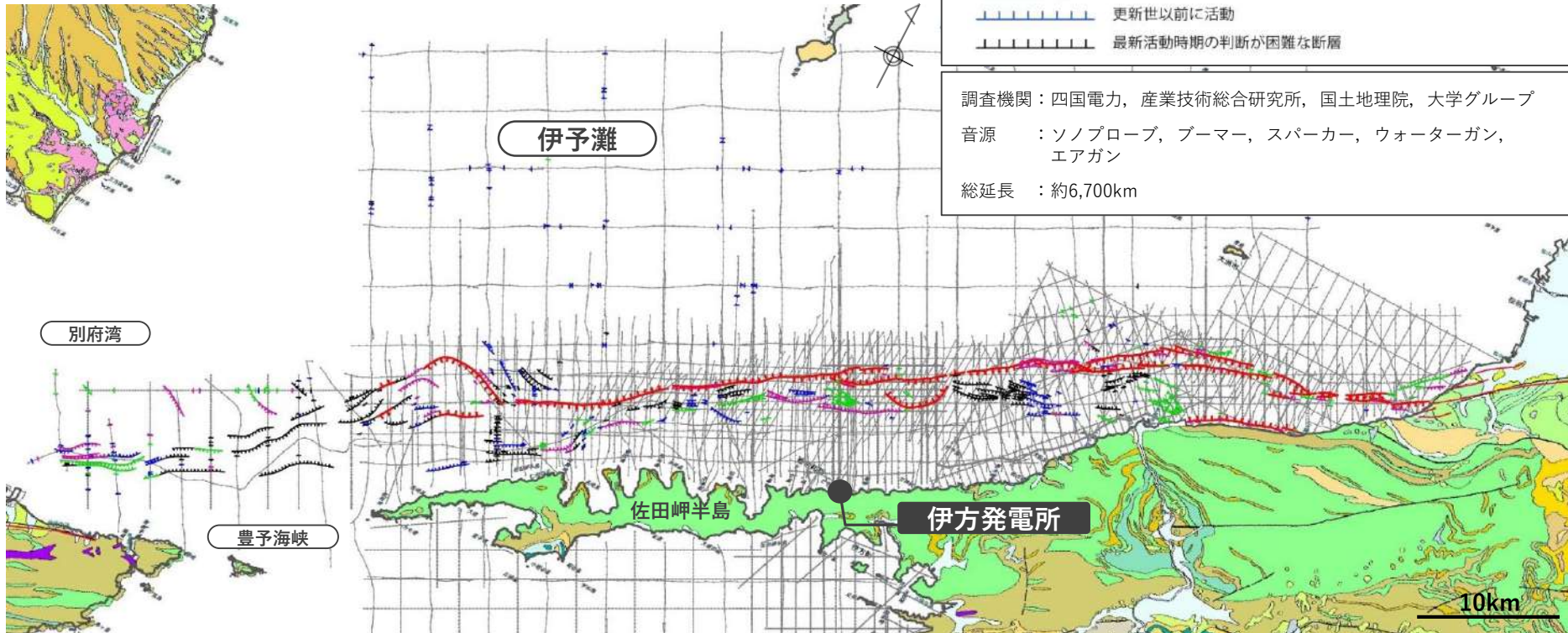
・田中雅章・小西克文・國西達也・清水雄一・高智英二郎, 2010, 瀬戸内海西部海域における活断層の発見とそのテクニクスについて, 日本応用地質学会平成22年度研究発表会, 93.

震源断層の把握(2/4)

争点整理表 第3の2(3)

○変位の累積が顕著に大きく、海底に変位を伴う断層()は、敷地の沖合約8kmを通過する。

○なお、佐田岬半島北岸部に活断層が存在しないことは後述する。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・**震源断層の把握**

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

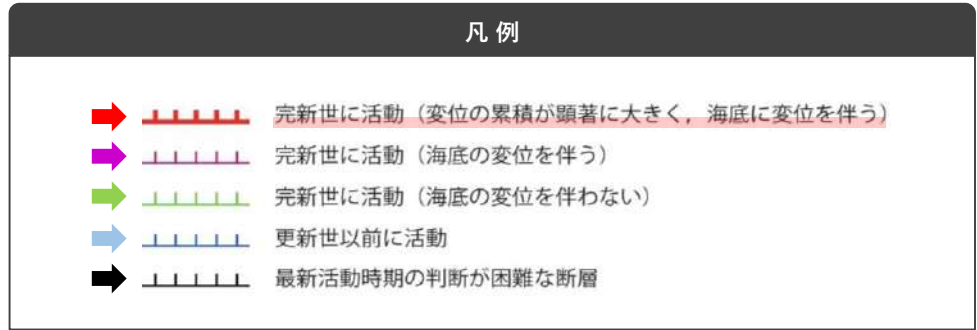
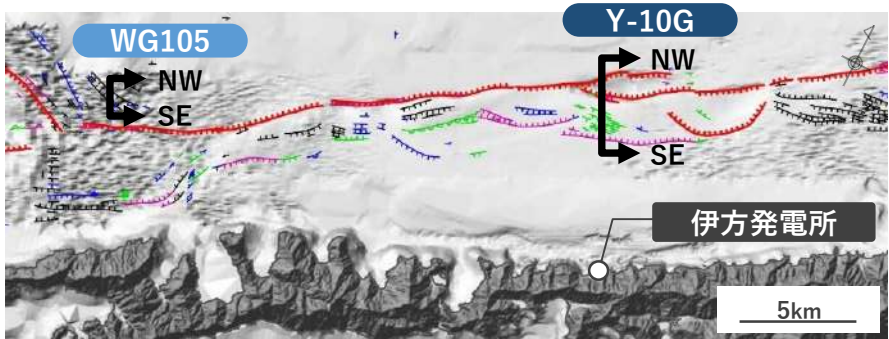
2-3 火山のまとめ

おわりに

震源断層の把握(3/4)

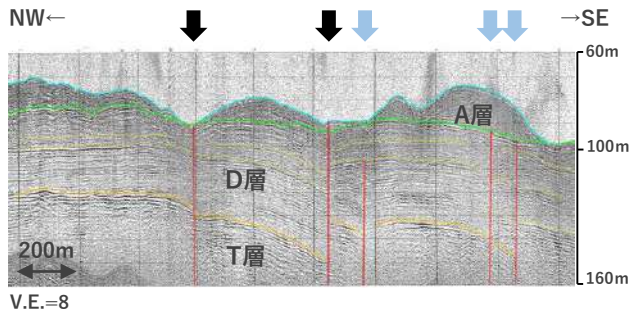
争点整理表 第3の2(3)

○変位の累積が顕著に大きく、海底に変位を伴う断層()が、敷地の沖合約8kmに認められる(**Y-10G**)。



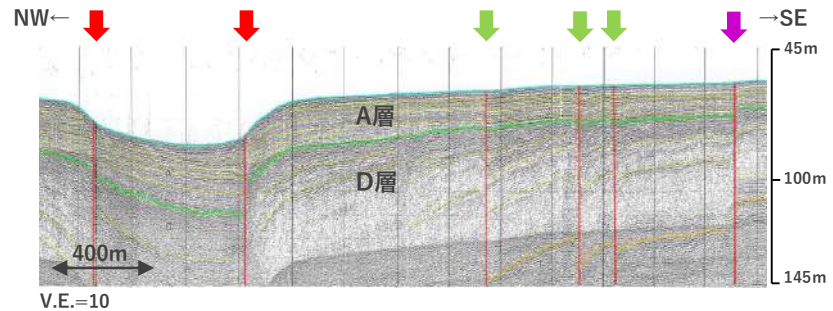
活動性の低い例(↓)

WG105
(産業技術総合研究所によるブーマー)



活動性の高い例(↓)

Y-10G
(ブーマー)



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・**震源断層の把握**

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

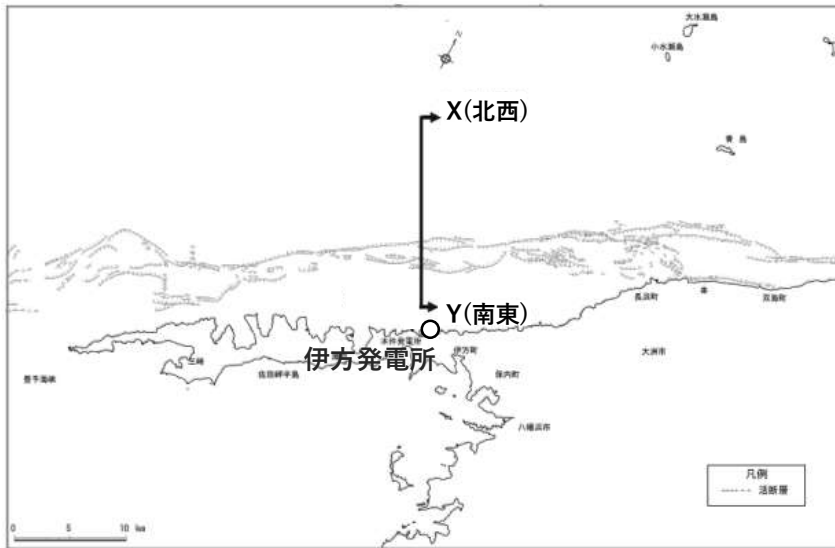
震源断層の把握(4/4)



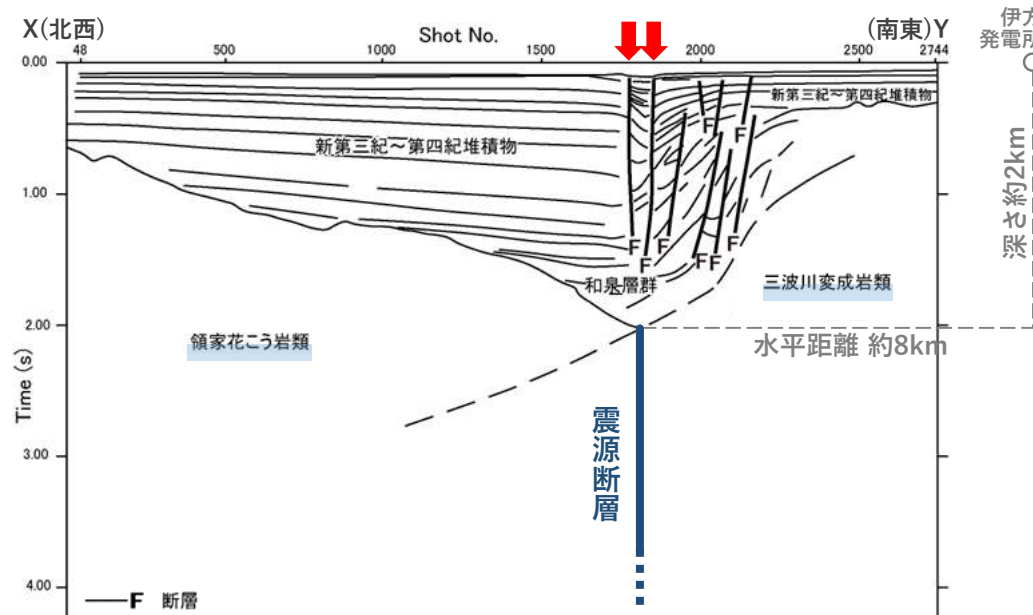
争点整理表 第3の2(3)

震源断層のまとめ

- 敷地の沖合では深さ2kmの付近で地震基盤となり得る硬い三波川変成岩類と領家花こう岩類とが会合している。
- 深さ2kmより浅い場所にある複数の断層(右下図 F)は、地下深部でこの会合部へ収斂している。
- この会合部の下に震源断層が存在すると推定され、敷地との水平距離は約8kmである。



平面図



断面図

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・**震源断層の把握**

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

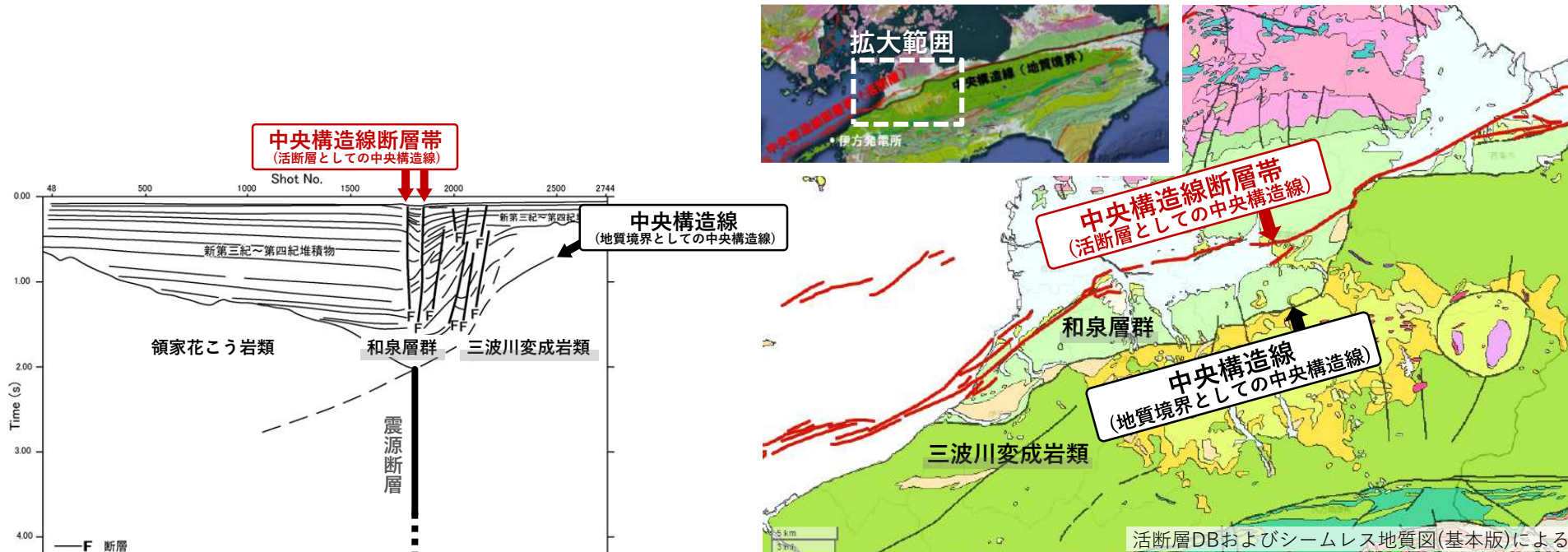
余白

補足 地質境界としての中央構造線

-活断層としての中央構造線とは異なる-

争点整理表 第3の2(1)

- 地質境界としての中央構造線は、四国北西部において和泉層群と三波川変成岩類との境界のことをいう。
- 一方、「活断層としての中央構造線」は、将来地震を発生させる可能性があるかどうかの観点から、「地質境界としての中央構造線」とは区別して検討する必要がある。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価

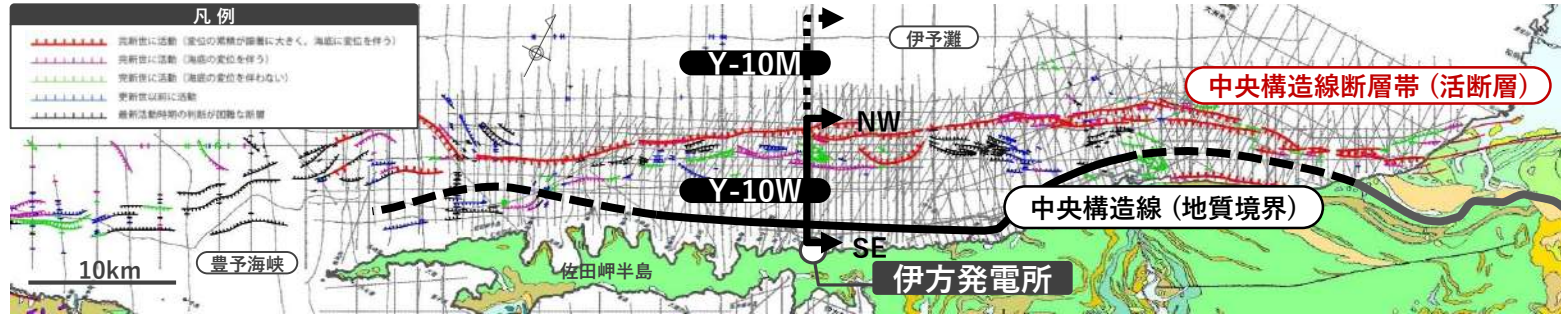
2-3 火山のまとめ

おわりに

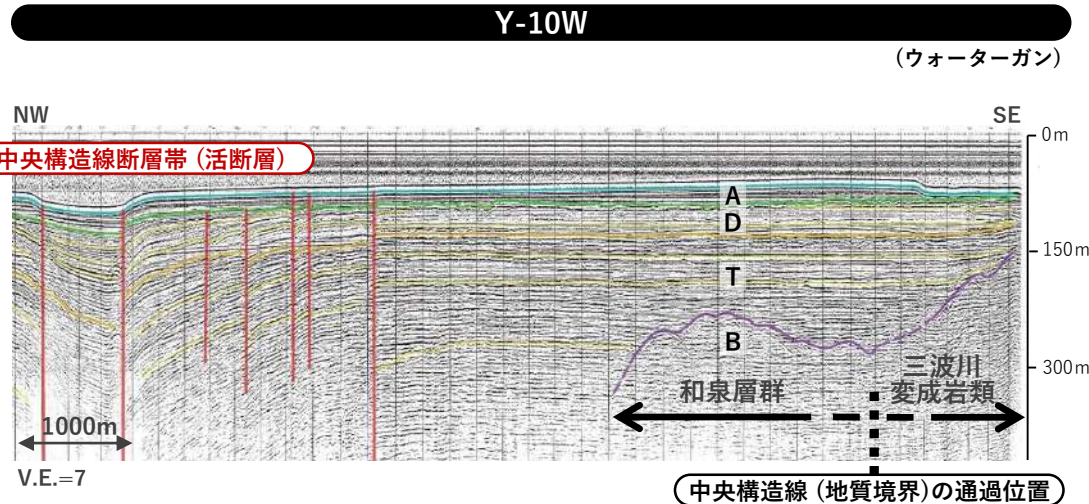
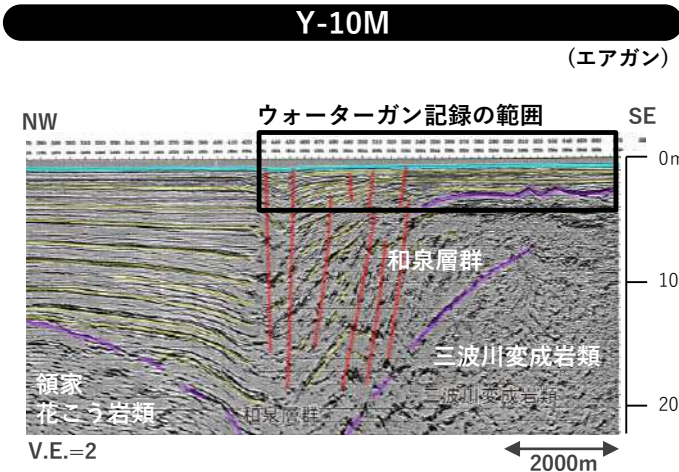
佐田岬半島北岸に活断層がないこと(1/2)

争点整理表 第3の2(4)

○地質境界としての中央構造線(和泉層群／三波川変成岩類境界)は佐田岬半島北岸(敷地の沖合1~2km程度)を通過する。



○被告は、敷地の沖合約8kmの中央構造線断層帯の位置を把握する過程で、この地質境界としての中央構造線(和泉層群／三波川変成岩類境界)が、海底の活断層分布と対応しないことを確認している。



はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
 - 地震と地震動
 - 周期
 - 応答スペクトル
 - 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

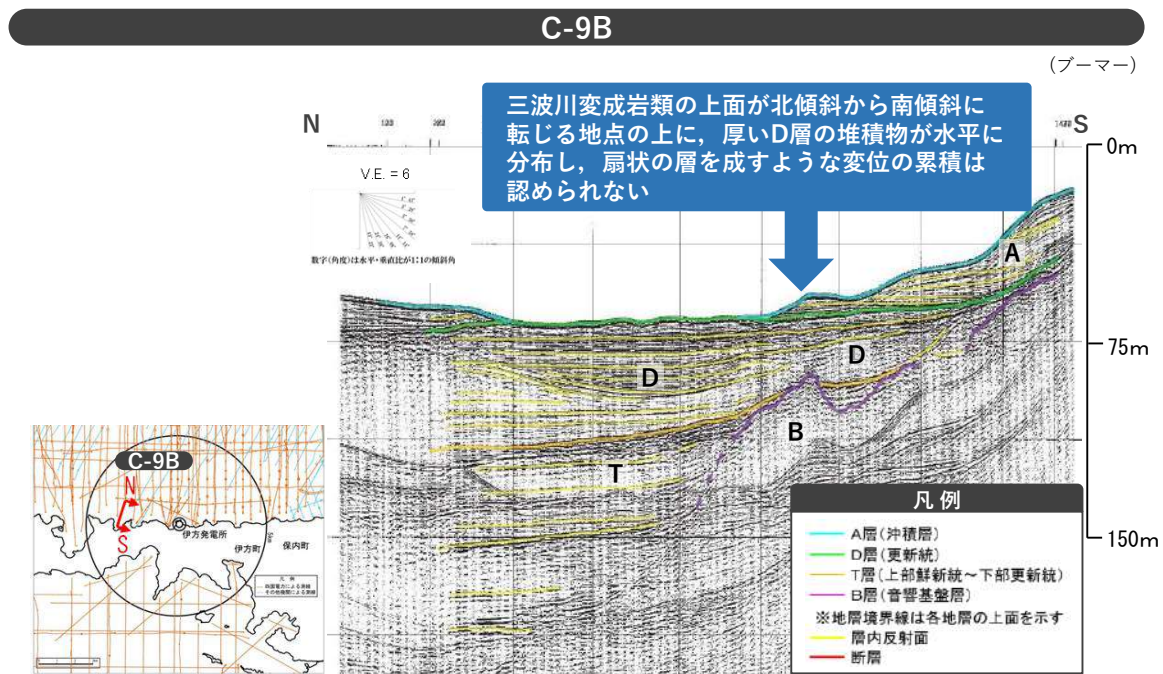
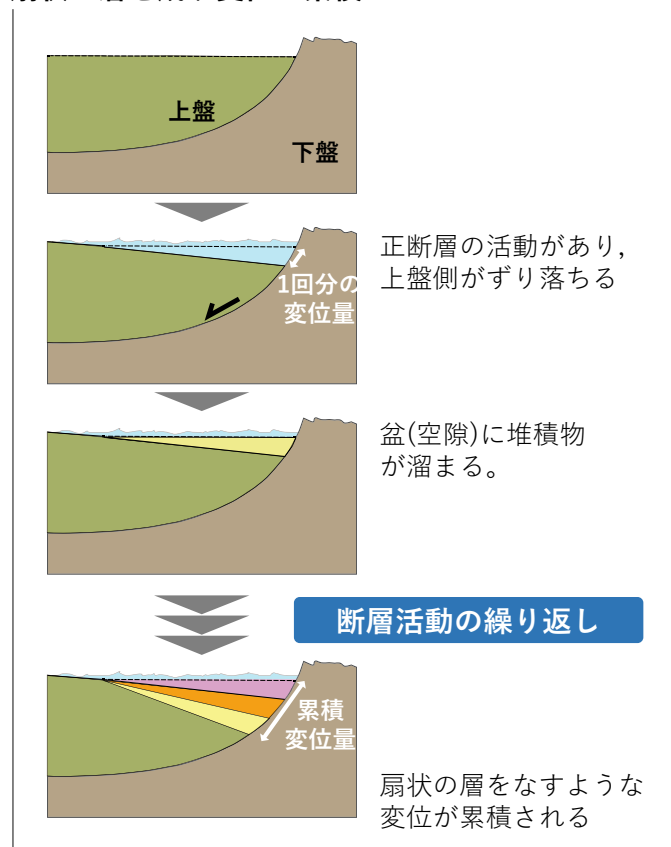
佐田岬半島北岸に活断層がないこと(2/2)

争点整理表 第3の2(4)

○仮に、原告らが主張するように、地質境界としての中央構造線が正断層運動を繰り返していた場合、**扇状の層を成すような変位の累積**が認められるはずである。

○しかしながら、三波川変成岩類の上面が北傾斜から南傾斜に転じる地点の上に**厚い堆積物(D層)**が水平に分布していることが確認でき、**扇状の層を成すような変位の累積は認められない**。

扇状の層を成す変位の累積



はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

- (1) 調査で地域特性を知る
ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・**地質境界としての中央構造線**
・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

- 2-1 火山の基礎知識
2-2 火山評価の骨子
(1) 立地評価
(2) 影響評価
2-3 火山のまとめ

おわりに

余白

a 査読論文

争点整理表 第3の2(7)

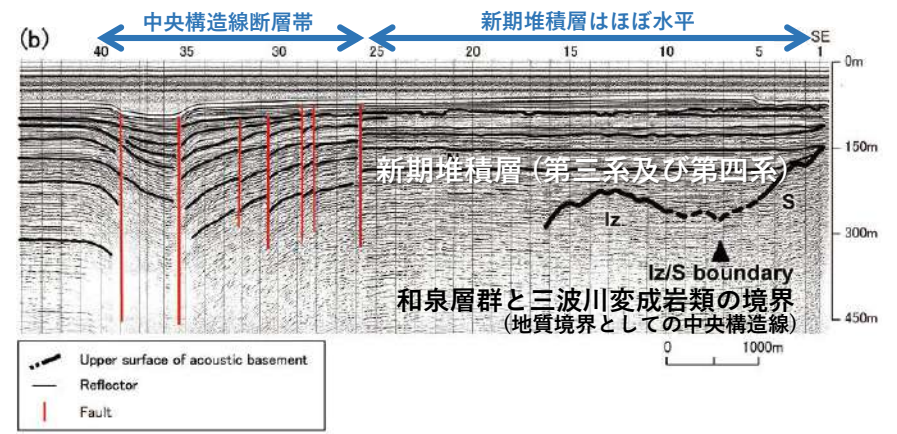
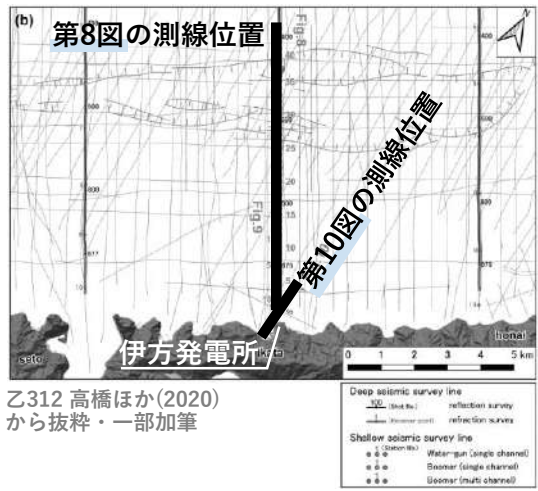
○佐田岬半島北岸の地質境界としての中央構造線が活断層でないことについては、**査読論文**(高橋ほか(2020))として掲載された。

*Iz/S境界：和泉層群と三波川変成岩類の境界（地質境界としての中央構造線）

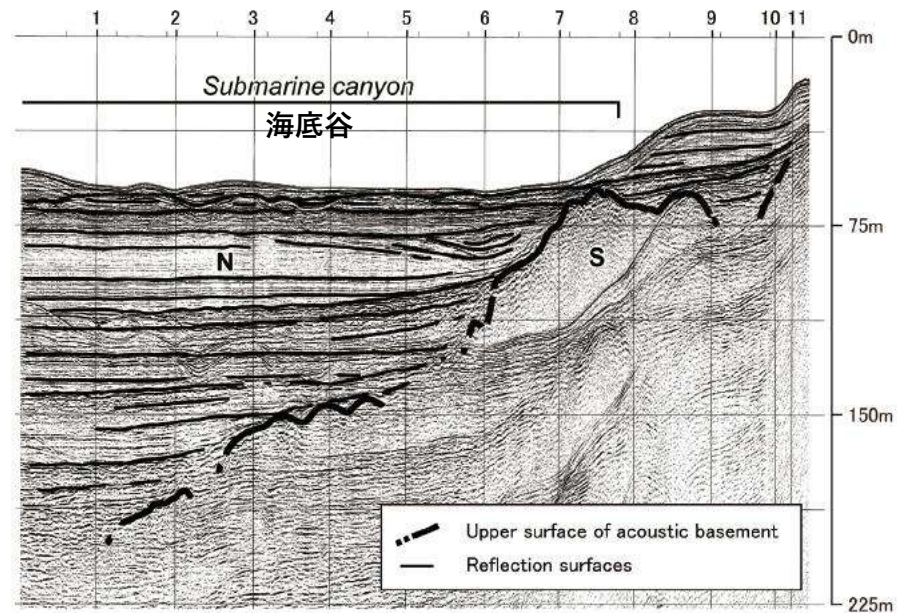
【乙312 高橋ほか(2020)から抜粋】

伊予灘中部の浅部音波探査断面（第8図）では、沖合の新第三系及び第四系に中央構造線活断層系による変形構造が明瞭に認められる。一方で、Iz/S境界上端付近(第8図の測点番号7付近、第9図の測点番号5付近)を含む沿岸部では、**新第三系及び第四系は和泉層群及び三波川変成岩類をほぼ水平に覆っている。**

下位の地層はほぼ水平で、活構造を示唆する累積的な変形は認められないことから、この海底谷は潮流の作用により形成された構造である可能性が高い。以上のことから、**伊予灘中部ではIz/S境界に第四紀以降の活動はない**と判断される



第8図



第10図

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - 活断層調査
 - 音源の種類
 - 震源断層の把握
 - 地質境界としての中央構造線**
 - 振り返り

イ 伝播特性

- 分析・評価
- 振り返り

ウ 増幅特性

- 地下構造調査の目的
- 敷地の地盤・速度構造
- 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価
- 2-3 火山のまとめ

おわりに

b 多数の専門家の意見(1/2) ▶▶ 争点整理表 第3の2(6)(8)

○高橋ほか(2020)の信頼性と学術的価値は関連分野の専門家による査読を通じて担保されている。

【乙310 長谷川意見書から抜粋】

活断層研究に投稿された高橋ほか(印刷中)は2名の査読者と1名の担当編集委員による査読を受けており、[海域活断層や地震探査に精通した専門家によってその信頼性と学術的価値が担保](#)されています。

○その他、多数の専門家が佐田岬半島北岸部に活断層が存在しないとの見解を示している。

岡田篤正名誉教授 (乙311)

活断層研究の第一人者であり、特に「中央構造線断層帯」については、1960年代後半に中央構造線沿いに横ずれの長大な活断層があることを最初に指摘し、半世紀に亘ってライフワークとして誰よりも日数をかけて現地を歩いてきた人物。

佃栄吉氏 (乙115)

国の研究機関である産業技術総合研究所地質調査総合センター(旧工業技術院地質調査所)のセンター長(地質部門全体のトップ)を務め、実際に伊予灘での活断層調査にも携わってきた人物。地震本部の元委員でもあり、産業技術総合研究所の多数の職員が第二版の議論に専門家として協力していることから、議論の記録確認と関係者からの聞き取りを行っている。

奥村晃史教授 (乙120)

世界各地で地震と活断層に関する実証的な研究を展開しており、変動地形学および地質学の専門家として、第二版の改訂に長期評価部会委員として携わった人物。

金折裕司氏 (乙119)

45年以上に亘って断層の野外調査および断層内物質の分析に関する研究に携わり、[上載地層法](#)の概念について、[関連学会の主査](#)として多数の専門家の見解をとりまとめた人物。

長谷川修一教授 (乙310)

元応用地質学会会長であり、四国の地質と災害をテーマとして調査・研究を行い、[中央構造線](#)について断層の活動性等の多様な観点から研究を進めてきた人物。

山崎晴雄名誉教授 (乙112)

榊原正幸教授 (乙116)

上田圭一氏 (乙121)

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・**地質境界としての中央構造線**
・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価
・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法
イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

b 多数の専門家の意見(2/2)

争点整理表 第3の2(6)(8)

○これまで述べたとおり、被告による詳細な活断層調査の結果から、佐田岬半島北岸部に活断層がないことが確認されている。

○原告らは、三次元地震探査が必要などと述べるが、専門家の見解として「三次元地震探査を実施しなくとも活断層の有無を判断できる」旨が意見書として提出されている。

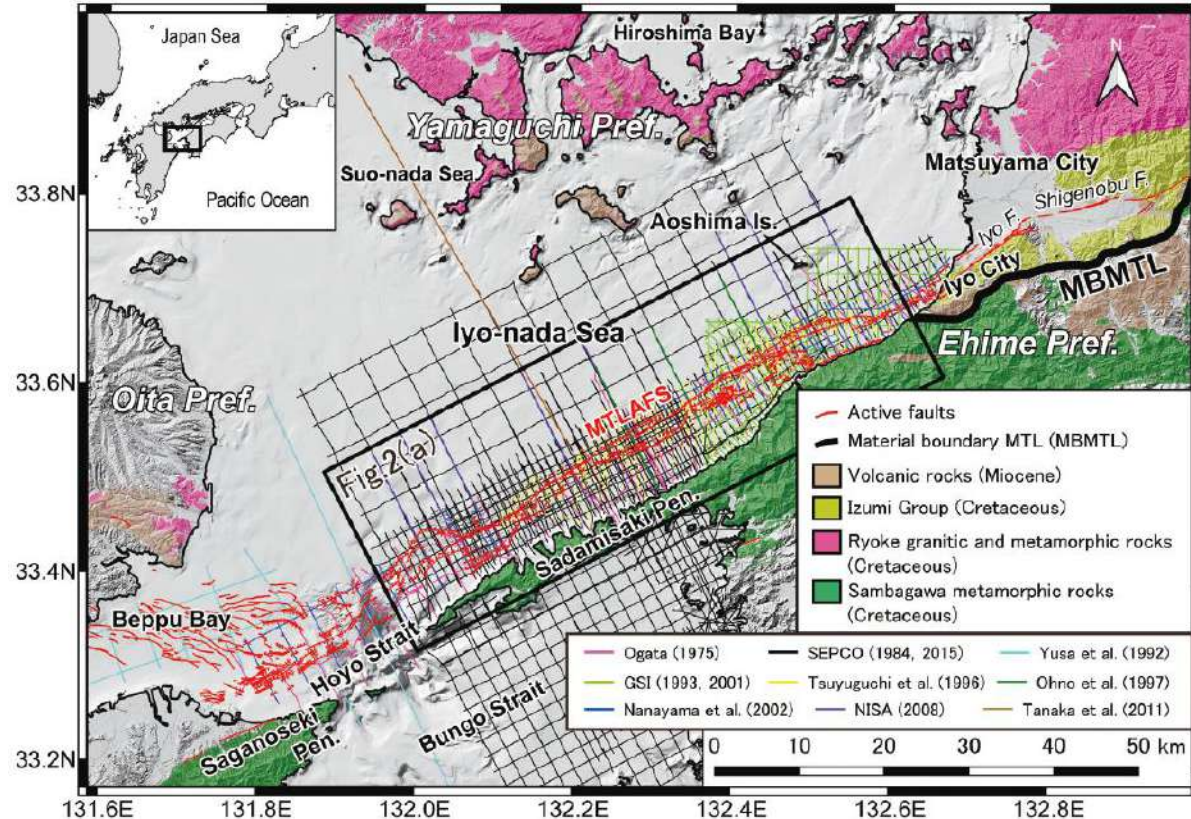
【乙310 長谷川意見書から抜粋】

伊予灘では既に各種の音源を用いた**二次元地震探査が縦横無尽に行われており** (図9)、深部から浅部に至る二次元地震探査断面から「Iz/S境界の上端を覆う新第三系及び第四系はほぼ水平で、第四紀以降の活動は認められない。」ことが高橋ほか(印刷中)によって示されたわけですから、**三次元地震探査を実施しなくとも活断層の有無を評価することに問題ない**ことが分かります。

【乙121 上田意見書から抜粋】

伊予灘ではこのような詳細な調査により浅い方から海底地形、D層(更新統)上面、T層(鮮新統~下部更新統)上面の形状が明らかとされ、**X線CTスキャンで砂層中を見るかのように、地形・地質構造が三次元的に把握**されております。

乙312 高橋ほか(2020)第1図を抜粋



はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
 - 地震と地震動
 - 周期
 - 応答スペクトル
 - 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

- (1) 調査で地域特性を知る
 - ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・**地質境界としての中央構造線**
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

- 2-1 火山の基礎知識
- 2-2 火山評価の骨子
 - (1) 立地評価
 - (2) 影響評価
- 2-3 火山のまとめ

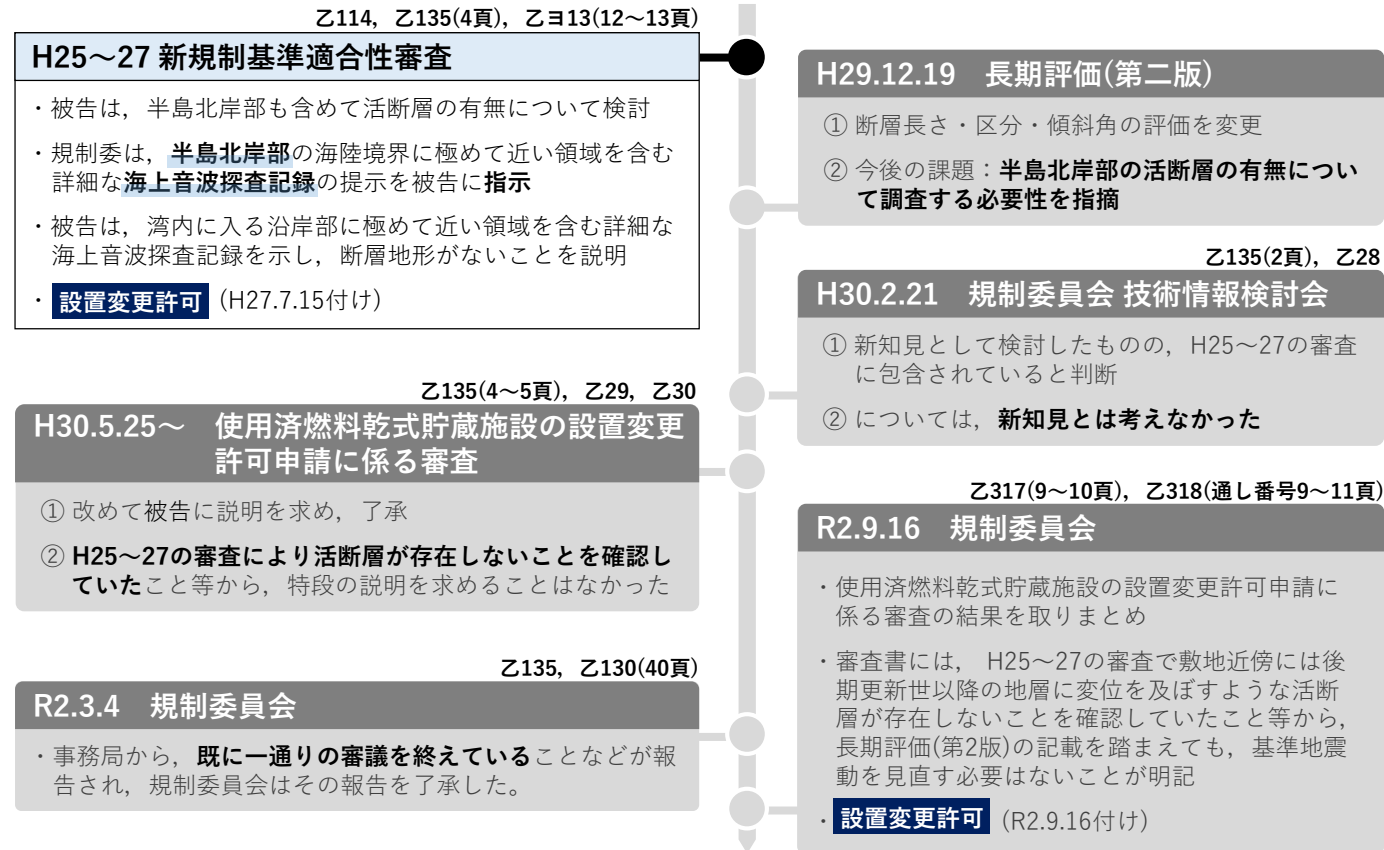
おわりに

C 規制委員会による許可 ▶▶ 争点整理表 第3の2(6)(8)

○佐田岬半島北岸部の活断層の有無について、規制委員会は、

H25～27の新規制基準適合性審査の中で活断層が存在しないことを確認済み

として、使用済燃料乾式貯蔵施設の**設置変更許可申請を令和2年9月16日付けで許可した。**



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・**地質境界としての中央構造線**
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

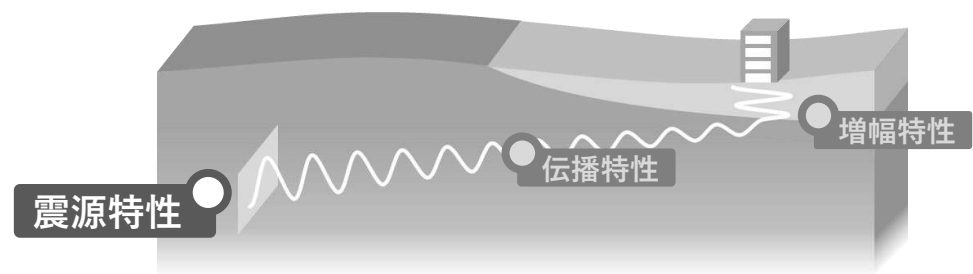
震源特性の振り返り

- 敷地の沖合約8kmには中央構造線断層帯があり、敷地に及ぼす影響が最も大きい。
- 被告は、詳細な活断層調査・文献調査等により、中央構造線断層帯の性状を把握した。

📄 性状の詳細は、被告準備書面(3)第1の3(1)(21頁以下)を参照

- また、佐田岬半島北岸の地質境界は活断層でない。

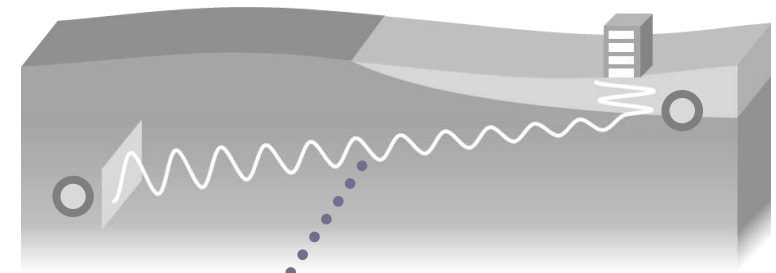
- a** 佐田岬半島北岸の地質境界は活断層でないことを示す**査読論文**
- b** 多数の専門家が活断層はないことを認めている
- c** 規制委員会による**設置変更許可** (H27.7.15付, R2.9.16付)



- はじめに
- 1 地震
 - 1-1 地震動の基礎知識
 - 地震と地震動
 - 周期
 - 応答スペクトル
 - 地域特性
 - 1-2 地震動評価の骨子
 - (1) 調査で地域特性を知る
 - ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・**振り返り**
 - イ 伝播特性
 - ・分析・評価
 - ・振り返り
 - ウ 増幅特性
 - ・地下構造調査の目的
 - ・敷地の地盤・速度構造
 - ・振り返り
 - エ 小括
 - (2) 不確かさを考慮した評価
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデル
 - エ 不確かさ考慮モデル
 - オ Ss策定結果
 - 1-3 地震のまとめ
- 2 火山
 - 2-1 火山の基礎知識
 - 2-2 火山評価の骨子
 - (1) 立地評価
 - (2) 影響評価
 - 2-3 火山のまとめ
- おわりに

(1) 十分な調査で地域特性を知る

- ア 震源特性の評価
- イ **伝播特性** の評価
- ウ 増幅特性の評価
- エ 小括



伝播特性

震源から放出された地震波は、**震源からの距離**とともにその**振幅を減じながら**地下の岩盤中を伝播していく。

☞ 地震波の到来方向によって伝播の仕方に違いがあるのかを把握することが大切

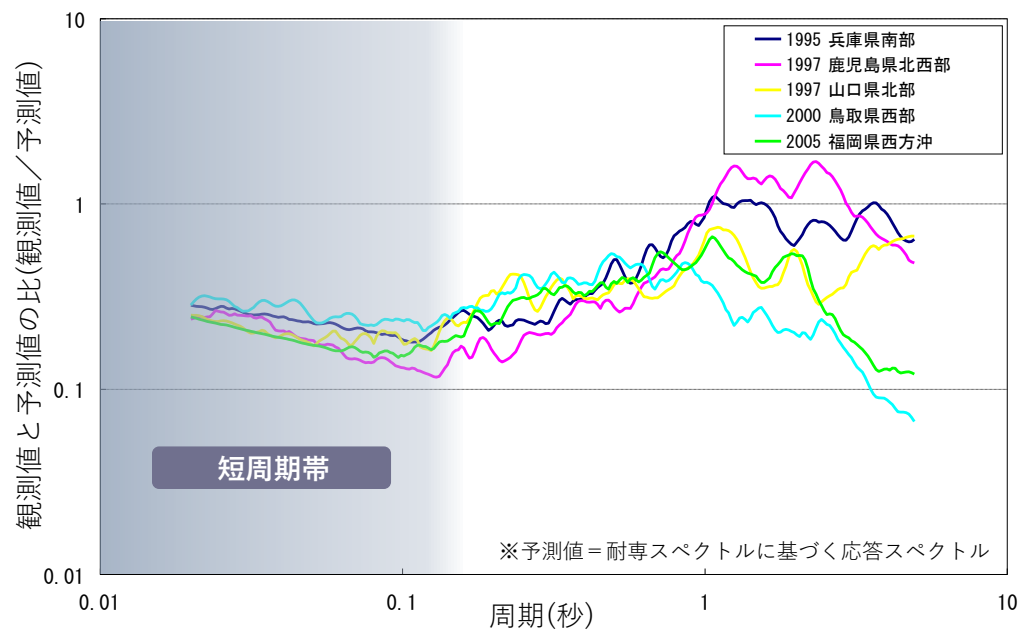
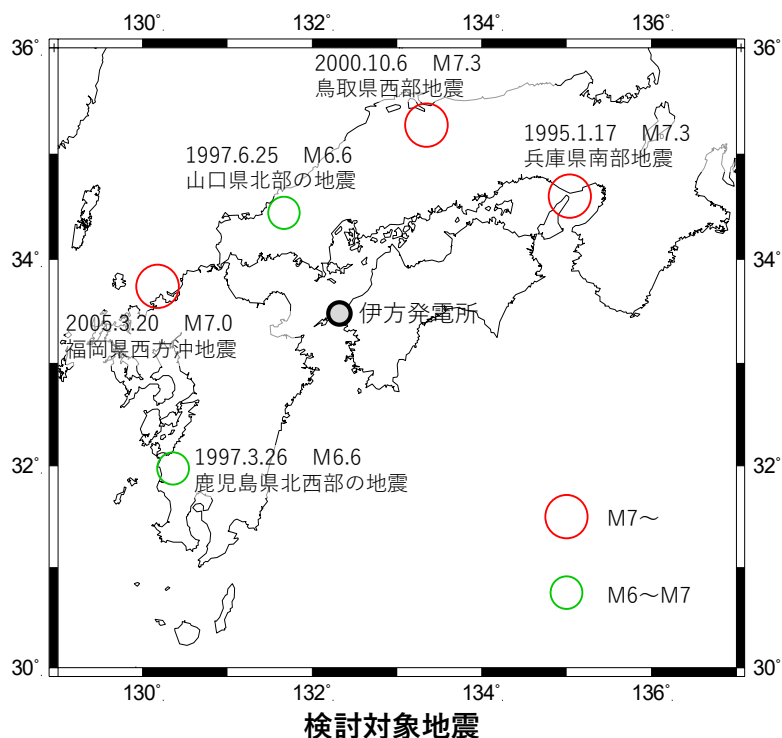
観測記録を用いた分析

■ 到来方向によって「伝播特性」に差異はないか？

争点整理表 第3の1(3)

○実際の地震観測記録を用いて、震源との距離と地震規模から「敷地での地震動レベルを推定」した上で、「実際に観測された地震動レベル」がそれよりも大きいか小さいかという観点から分析した。

○その結果、短周期側では観測値が予測値よりも小さい傾向を示すとともに、**到来方向による差異も小さく、伝播特性が異なる傾向は見られない。**



観測記録と耐専スペクトルによる予測値の比較
(南北・東西平均)

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

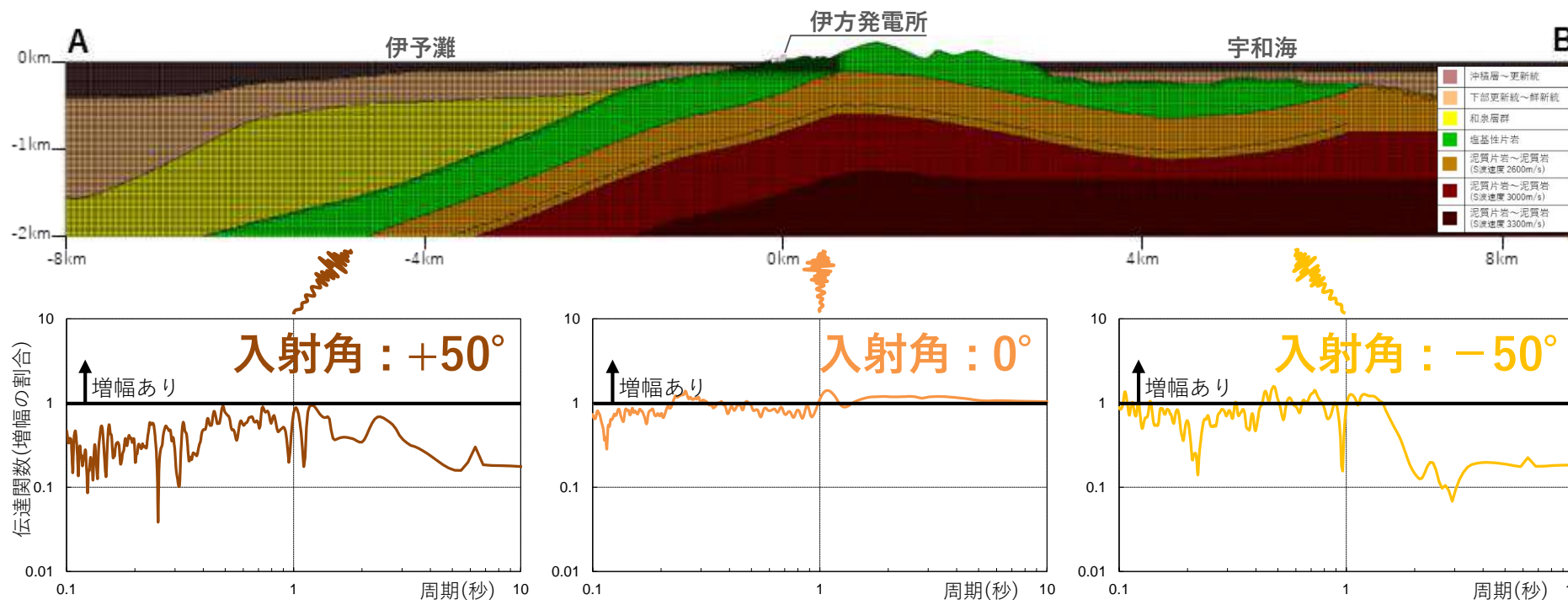
おわりに

解析的な分析

到来方向によって「伝播特性」に差異はないか？

争点整理表 第3の1(3)

- また、敷地周辺の地下構造をモデル化し、**到来方向(入射角)を変えた3種類の地震波**を入力し、**到来方向別の伝播特性**の検討を行った。
- その結果、地下深部からの顕著な増幅がないことを確認し、**到来方向によって伝播特性が異なる傾向がないことを解析的にも確認した。**



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

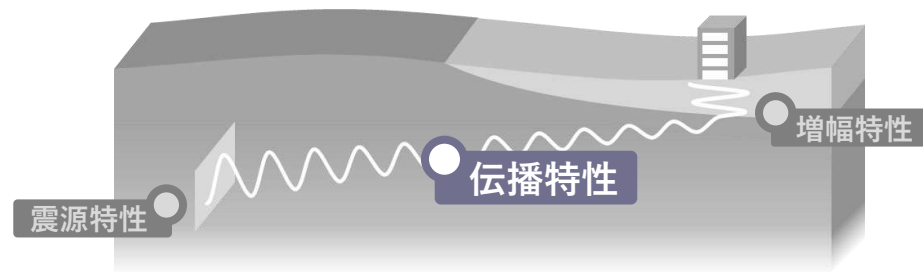
(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

● 伝播特性の振り返り

○敷地への地震動の伝播経路において、「地震動の顕著な増幅」や「到来方向によって伝播特性が異なる傾向」はなく、到来方向の違いによる地震動の増幅はない。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・**振り返り**

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

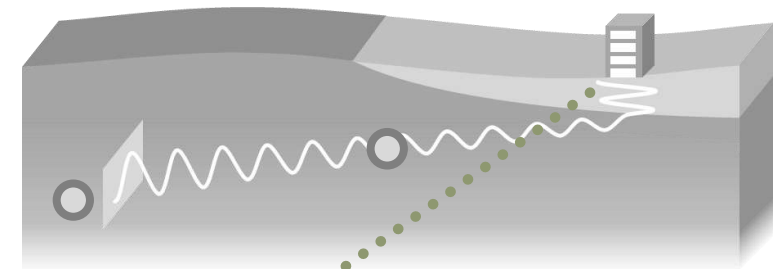
(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに


(1) 十分な調査で地域特性を知る

- ア 震源特性の評価
- イ 伝播特性の評価
- ウ **増幅特性** の評価
- エ 小括



増幅特性

地震波は、硬い地盤から**軟らかい地盤**に伝わる際に**振幅が大きくなる性質**を持っているため、軟らかい地盤上の地点では、岩盤上の地点に比べて大きな揺れ(地震動)をもたらすことになる。岩盤上の観測地震波と軟弱地盤上の観測地震波とを比較すると、その大きさに数倍程度の差が生じる場合もある。

 評価地点の地盤、地下構造がどういったものを把握することが大切

地下構造調査の目的

争点整理表 第2の3, 第3の1(5)(6)

地下構造調査の目的

○地下構造調査の目的は、地震動の顕著な増幅をもたらす地域特性(増幅特性)の有無を把握して地震動評価を適切に行うため。

新規制基準の定め

○新規制基準は、特異な地下構造により地震動が増幅される場合があることを踏まえ、地下構造を三次元的に把握することを要求しており、「地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討する」と定めている。

○上記の定めは、「地下構造について三次元的に把握すること」は求めているものの、「三次元探査(三次元の物理探査)」や「地下構造モデルを三次元のものとする」を求めているわけではない。このことは、新規制基準の策定に携わった専門家自身が明言している。

地質構造と速度構造※

○地震動評価の観点からは、地下の速度構造※を把握することが大切であり、速度構造が均質なものであれば、地質構造として多少の褶曲や傾斜があっても影響は小さい。

○被告は、次ページ以降で説明する各種の調査結果から、伊方発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすものではなく、地震動評価上、成層かつ均質な地下構造(速度構造)であることを確認している。

※ 速度構造：地盤には硬いものも軟らかいものもあるところ、地震波は、硬い地盤では速く、軟らかい地盤では遅く伝播する。
速度構造とは、これらの地震波の伝播速度の地盤における分布状況のことをいう。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り

イ 伝播特性
・分析・評価
・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法
イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識
2-2 火山評価の骨子
(1) 立地評価
(2) 影響評価
2-3 火山のまとめ

おわりに

敷地の地盤

争点整理表 第3の1(1)

○伊方発電所付近には、非常に堅硬かつ緻密な結晶片岩からなる三波川変成岩類が広がりをもって分布しており、敷地近傍の地質・地質構造は長期にわたって非常に安定している。

○また、炉心付近の地盤は**S波速度が2.6km/s**に達している。

これは、S波速度3km/s以上が目安とされ、それよりも深部では地盤構造が地震動に大きく影響しないとされる「**地震基盤**」にも相当する**非常に堅硬な岩盤**であり、敷地の地盤構造が地震動の**顕著な増幅が発生するとは考え難いものである**ことを意味している。



宮崎ほか(2016)より引用

S波速度：地盤及び岩盤中では、縦波(波の進行方向と振動方向が同じ波)及び横波(波の進行方向と振動方向が直角をなす波)との2種類の弾性波が伝わる。地震学では、縦波をP波、横波をS波と呼び、P波、S波の伝播する速度をそれぞれP波速度、S波速度と呼ぶ。一般に、S波速度が概ね**700m/s以上であれば硬い岩盤**であるとされている。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

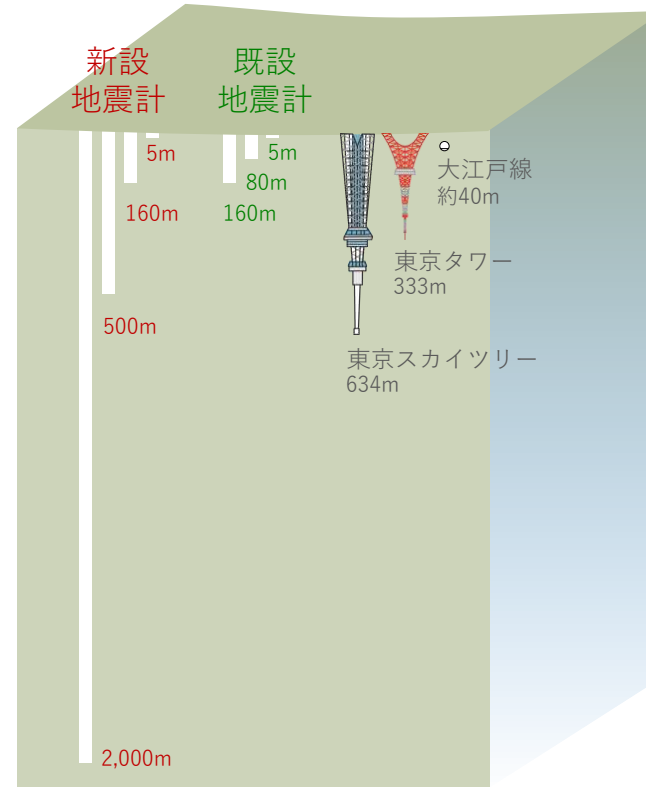
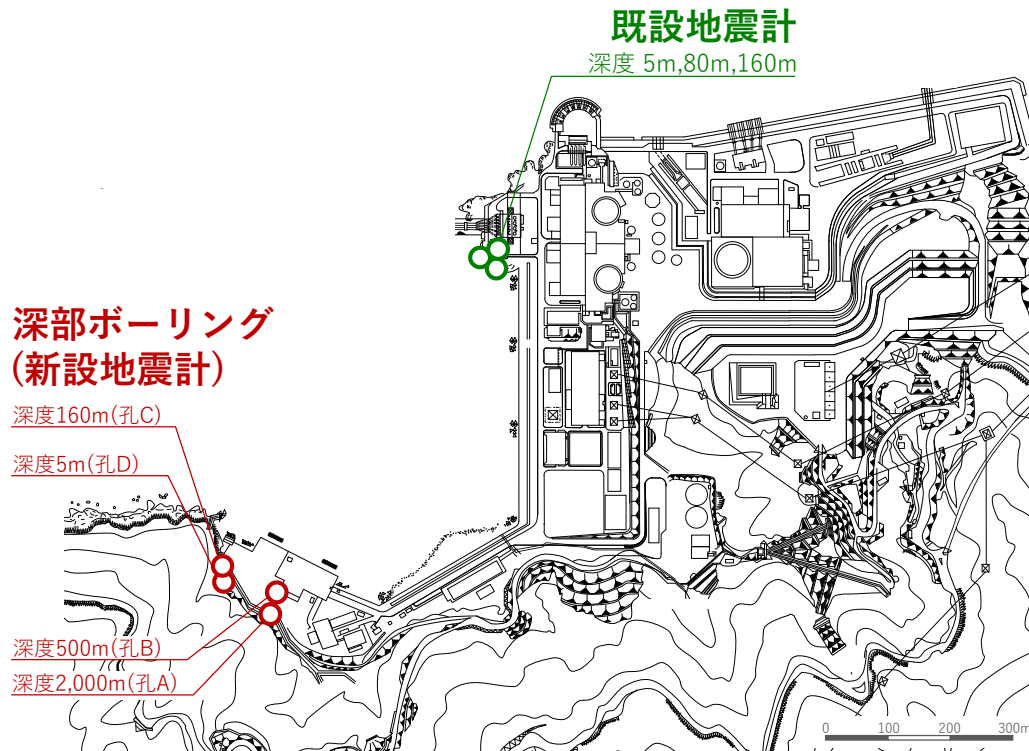
2-3 火山のまとめ

おわりに

深部ボーリング(1/2)

争点整理表 第3の1(2)

○敷地地盤に起因する地震動の増幅について検証するため、深部ボーリングにより深度2,000mまでの地盤物性を測定した。あわせて、地震観測を実施している。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

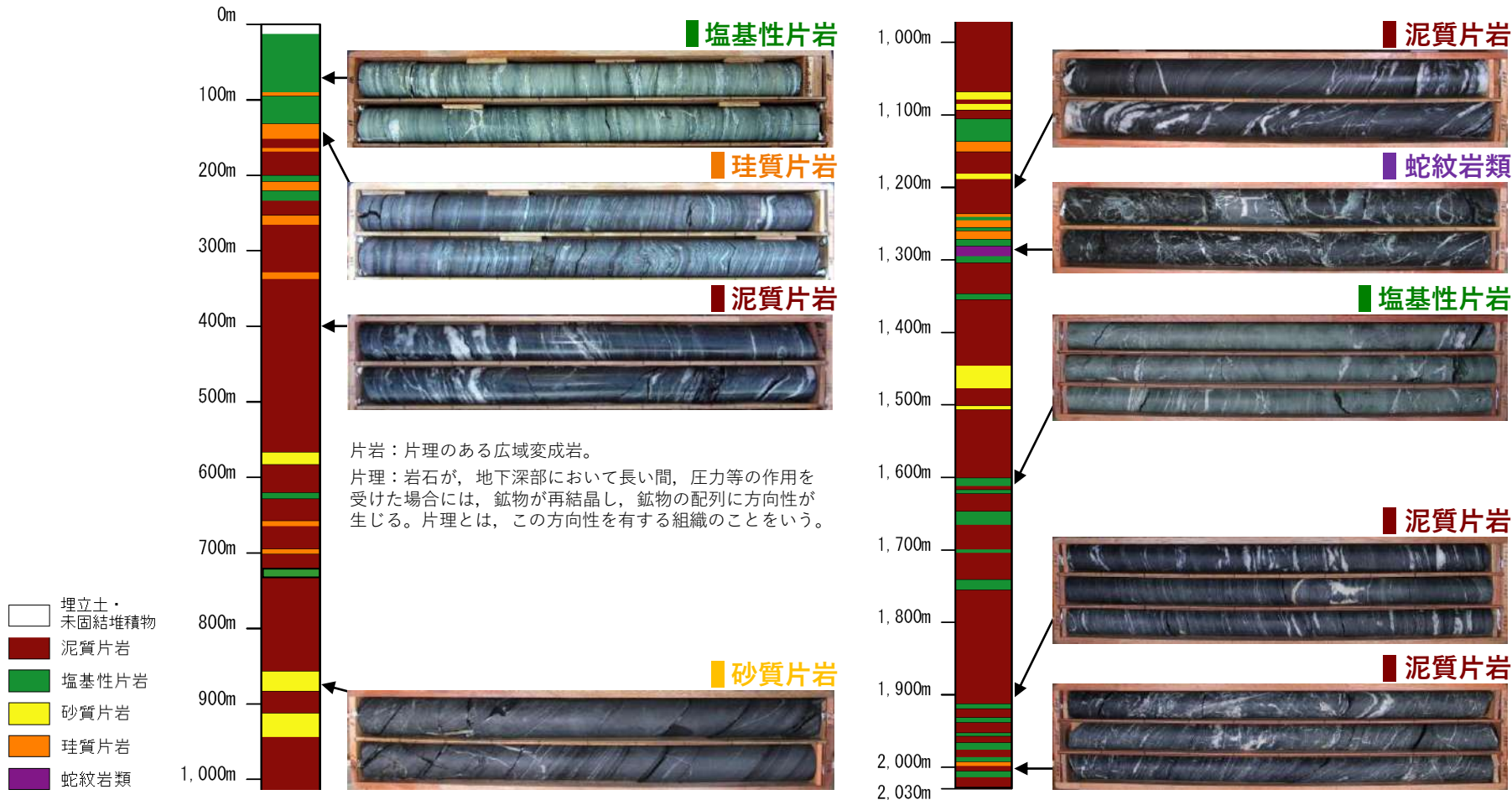
2-3 火山のまとめ

おわりに

深部ボーリング(2/2)

争点整理表 第3の1(2)

○岩石コアの観察によると、深度2,000mまで三波川帯の堅硬かつ緻密な結晶片岩が分布している。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

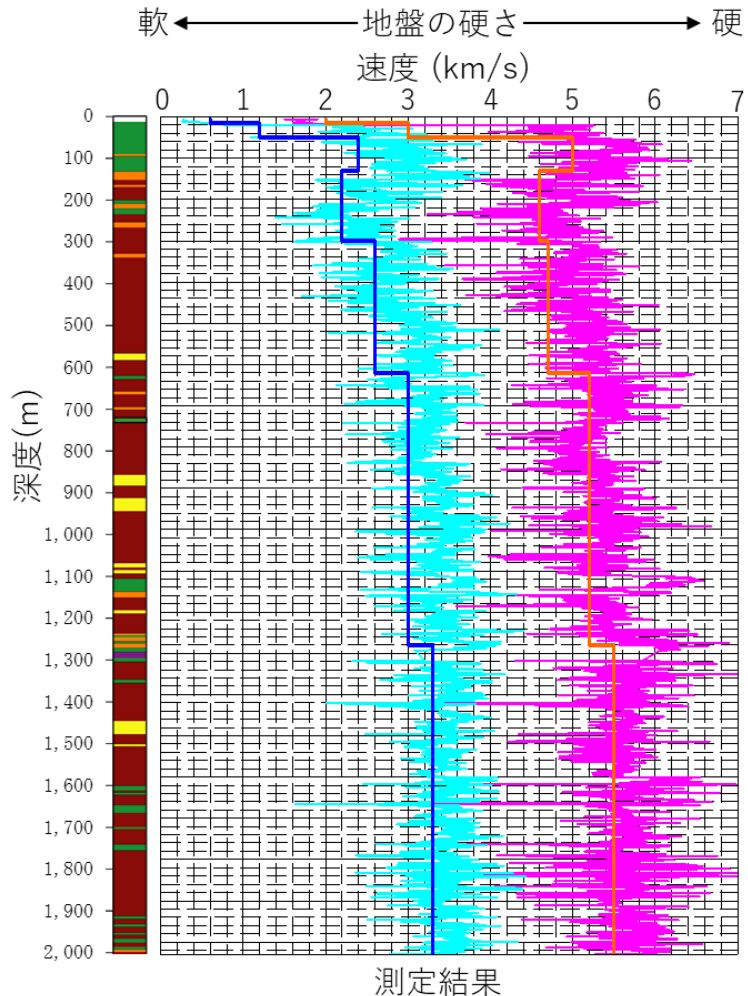
2-3 火山のまとめ

おわりに

敷地の速度構造(1/3)

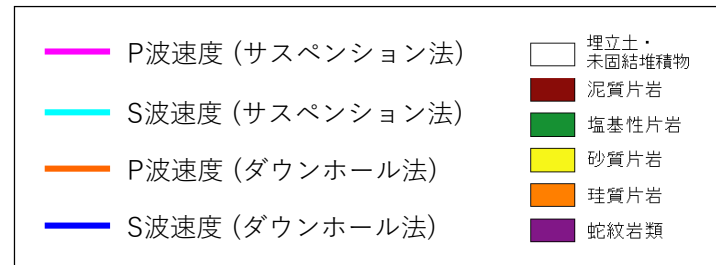
PS検層による確認

争点整理表 第3の1(2)



○深部ボーリング地点では、地表付近に薄く分布する風化岩等を除くと、地下浅部から地下深部まで**非常に大きい速度(S波速度：Vs=2.2~3.3km/s)**を示している。

○速度は深度方向に漸増するものの、**地震動増幅の要因となる極端な速度構造の変化は見られない。**



サスペンション法： 発振器と受振器が組み込まれた測定器を用い、孔内で発振及び受振を行い、孔内のP波速度、S波速度を得る方法。

ダウンホール法： 地表で発振した地震波をボーリング孔内で受振し、地下のP波速度、S波速度等を得る手法。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

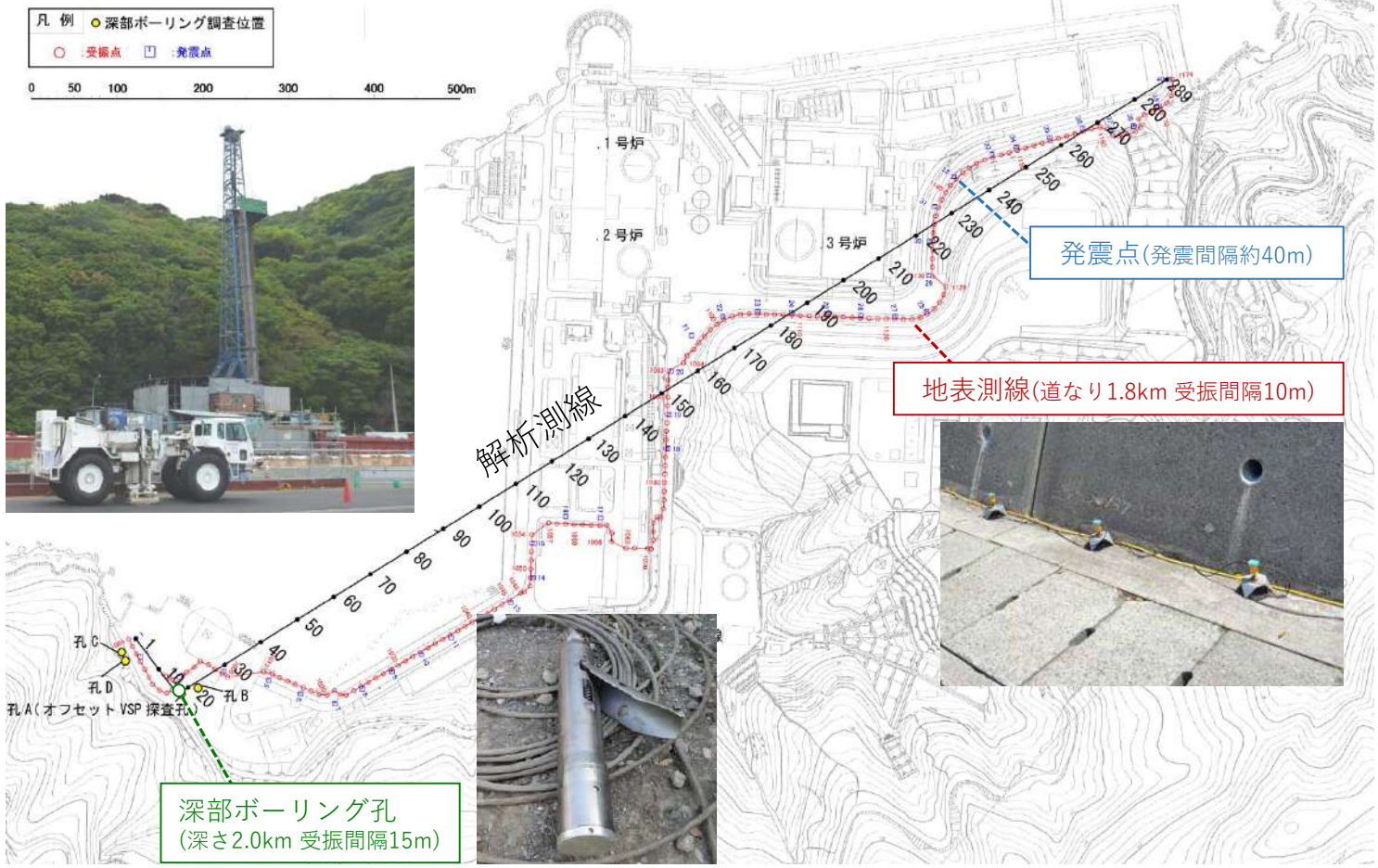
おわりに

敷地の速度構造(2/3)

■ オフセットVSP探査による確認

▶▶ 争点整理表 第3の1(2)

○さらに、深部ボーリング孔と3号炉心付近とを結ぶように設置した震源(□)からの地震波を地表の受振器(○)及びボーリング孔内の受振器で観測し、敷地の速度構造を検討した。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

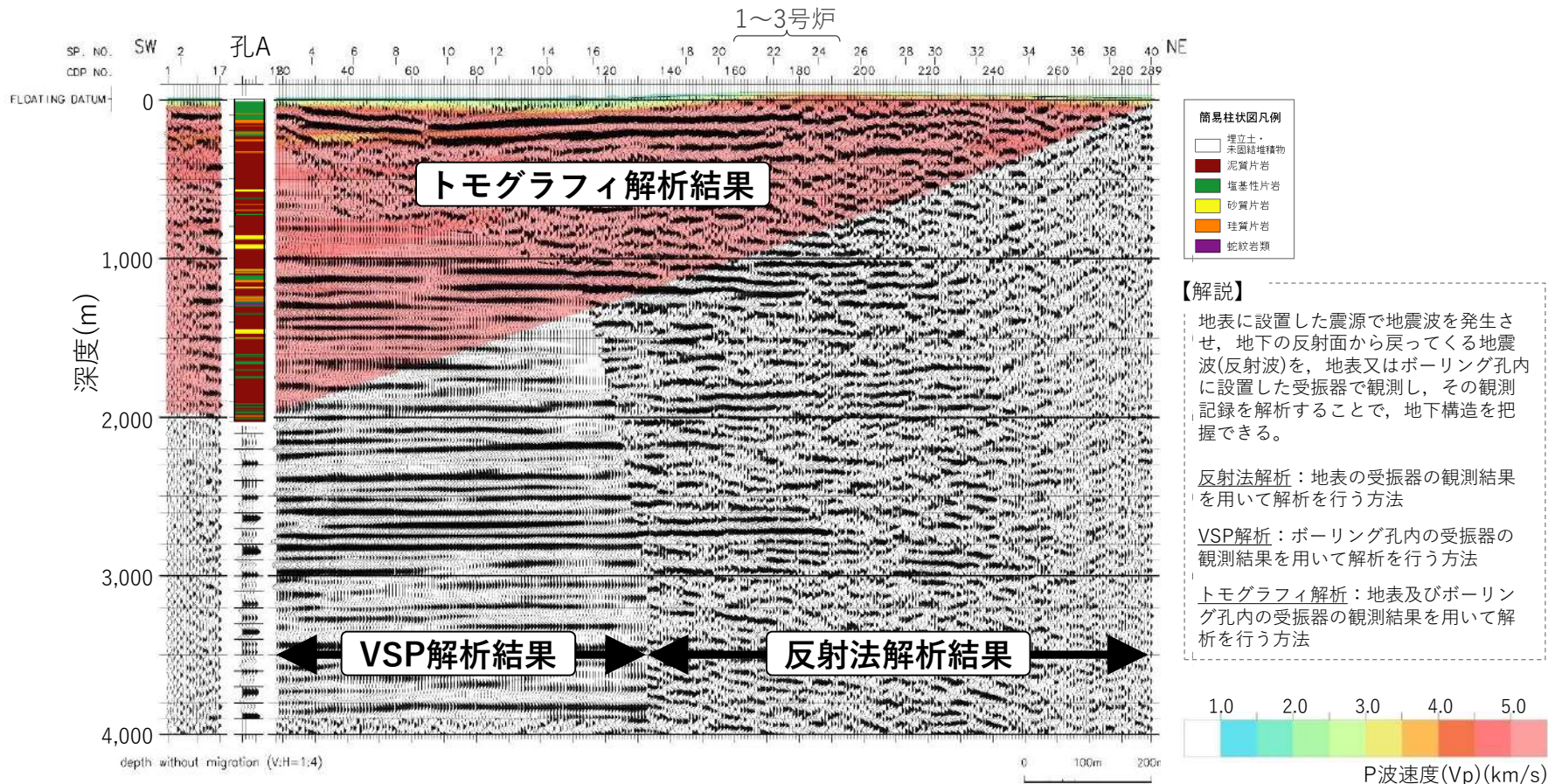
おわりに

敷地の速度構造(3/3)

■ オフセットVSP探査による確認

争点整理表 第3の1(2)(4)

- その結果、地震動の特異な増幅の要因となる低速度域及び褶曲構造はいずれも認められず、敷地の地盤の速度構造は水平成層かつ均質である。
- 原子力規制委員会は、被告による地下構造の評価が新規制基準に適合していることを確認している(乙ヨ13(11~12頁))。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

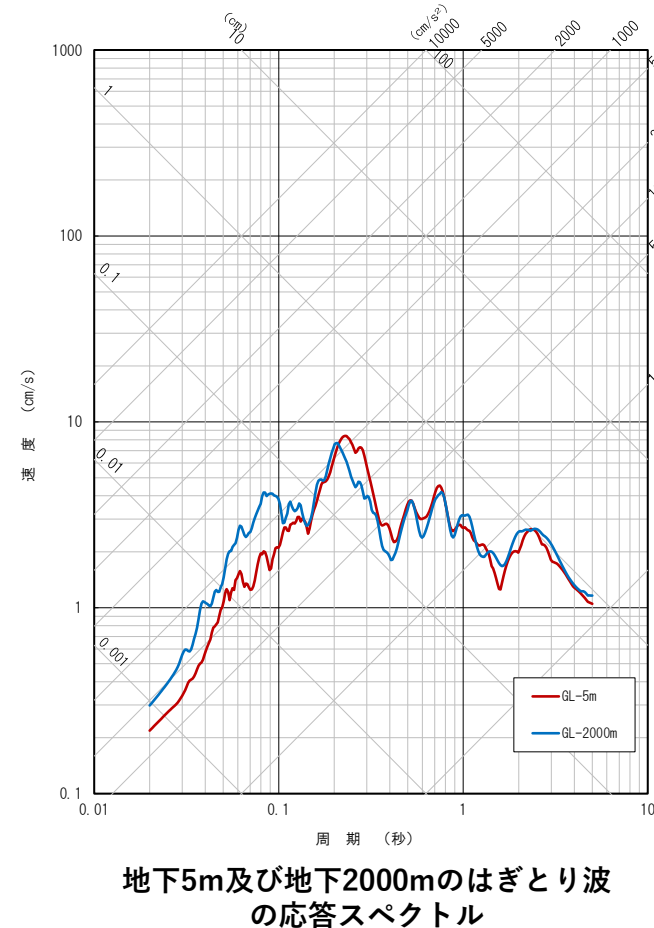
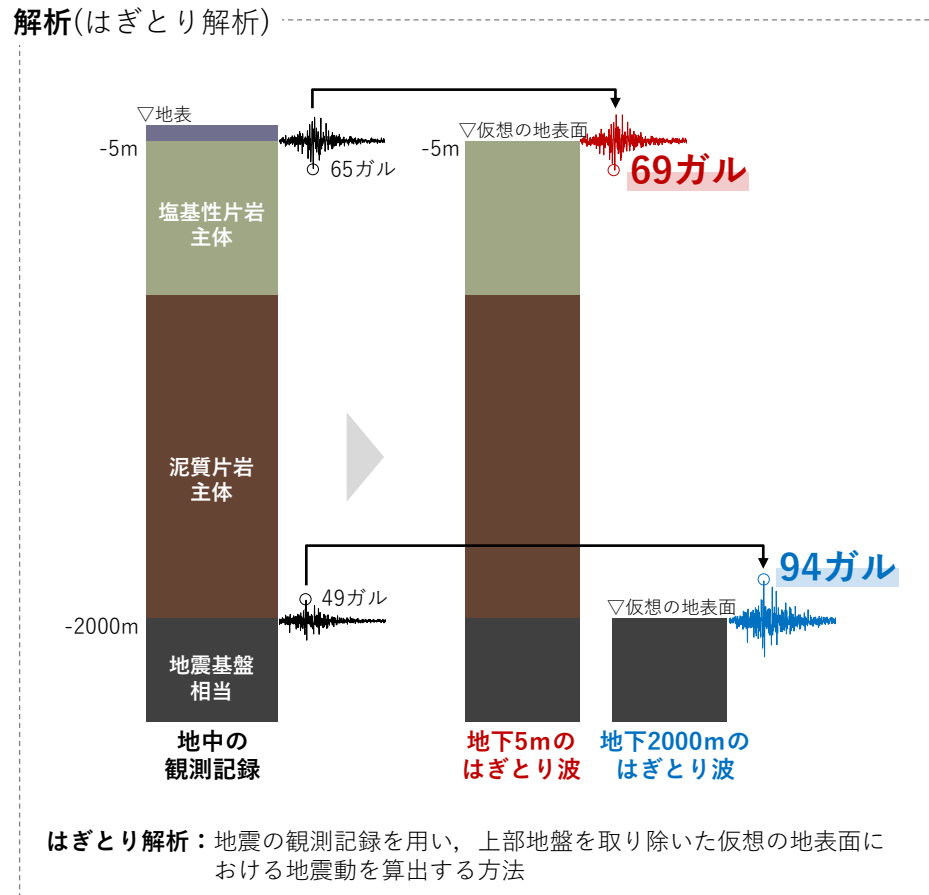
- (1) 立地評価
- (2) 影響評価
- 2-3 火山のまとめ

おわりに

補足 | 実際の観測記録を用いた増幅特性の評価

争点整理表 第3の1(3)

○2014年3月14日伊予灘地震において、深部ボーリング孔に設置した地中の地震計で得られた観測記録を用いた解析を実施し、**地下2000mから地下5mへの顕著な増幅が無いことを確認した。**



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

補足 | 三次元探査の必要性に関する専門家の意見



争点整理表 第2の3, 第3の1

- これまで述べたとおり、被告による詳細な地下構造調査の結果から、伊方発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすものではないことが確認されている。
- 原告らは、三次元探査が必要などと述べるが、被告による地下構造調査が十分に詳細なものであって、**三次元探査の実施の必要がないこと**については、**専門家が明言**している。

釜江克宏京都大学名誉教授(特任教授)

地震動評価に関する専門家として、原子力発電所の地震動評価の審査や新規規制基準の策定に携わった

【乙321 釜江意見書から抜粋】

「あくまで「信頼性の高い地震動評価が目的」なのであって、地下構造を精緻に描き出すことが目的ではないことに留意すべきである。強震動評価の観点からは、速度構造が均質なものであれば、地質構造として多少の褶曲や傾斜があったとしても影響は小さく、その観点からすれば、解放基盤表面から地震基盤までの**地下構造が水平成層構造と認められる場合にまで三次元物理探査等を駆使して精緻な三次元地下構造モデルを作成することは「地下構造モデルの精度に囚われすぎ」た行為であって、地震動評価上は必ずしも必要なものではない。**」(乙321(34頁))

「伊方発電所の敷地は、周辺に三波川変成岩類が広く分布する単純な地下構造であることが知られており、解放基盤表面のS波速度が2.6 km/sと日本の原子力発電所の中でも特に堅硬な地震基盤にも相当する岩盤であることを踏まえると、硬質かつ均質な岩盤が広く厚く分布し、地震動の顕著な増幅が生じるとは考え難い地盤条件であることから、そもそも**三次元物理探査に基づく三次元地下構造モデルの必要性に乏しいサイト**である。」(乙321(35頁))

鈴木茂之岡山大学名誉教授

地質・構造地質学が専門

【乙323 鈴木意見書から抜粋】

「一般には、ボーリング調査で軟弱な岩盤を掘削した場合、コアリングの影響によってコア形状が著しく劣化することが知られています。その点、伊方の深部ボーリングでは、その全長にわたって連続して良好なコアが取得されており、顕著な破碎帯もなく、伊方発電所の岩盤は非常に堅硬かつ緻密で発電所を支持する岩盤として申し分のないものであることがよく分かりました。また、深くなるほどコア採取が難しくコアリングで劣化しやすいですが、伊方の深部ボーリングでは、1,800m以深の最深部においても連続した良好なコアが採取されていました。」(乙323(4頁))

「伊方発電所の敷地において三次元探査を実施すべきとする見解があるようですが、伊方発電所近傍の三次元的な地質構造が地質調査に基づいて十分に明らかにされており、地震動の増幅特性を把握することを目的とした調査としては十分な結果が得られていると思います。そもそも**伊方発電所のような工学的に均質・堅硬な岩盤において三次元探査を実施したとしても、地震動の増幅特性を考慮する上での情報が増加するとは考えられません。**」(乙323(6頁))

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価
・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法
イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

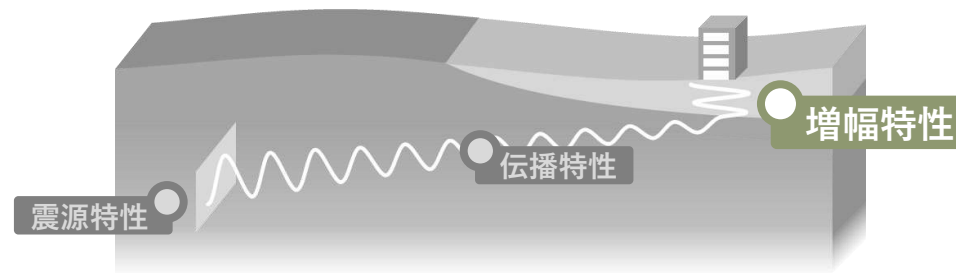
(1) 立地評価
(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

増幅特性の振り返り

- 敷地地盤は**地下深部まで非常に硬い岩盤**である。
- 被告は、地表踏査、ボーリング調査、深部ボーリング調査、オフセットVSP探査に加えて、敷地で得られた地震観測記録の分析等を総合して、**伊方発電所敷地及び敷地近傍の地下構造を三次元的に把握**した。
- 敷地の地盤は水平成層かつ均質な速度構造で、**特異な増幅特性を有する地盤ではない**。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

(1) 十分な調査で地域特性を知る

ア 震源特性の評価

イ 伝播特性の評価

ウ 増幅特性の評価

エ 小括

地域特性のまとめ

震源特性

～敷地及び敷地周辺の詳細な地質調査を実施～

- 伊方発電所の沖合約8kmに中央構造線断層帯があり，敷地に及ぼす影響が最も大きい。
- 被告は，詳細な活断層調査により，中央構造線断層帯の性状を把握した。
- また，佐田岬半島北岸の地質境界は活断層でない。

伝播特性

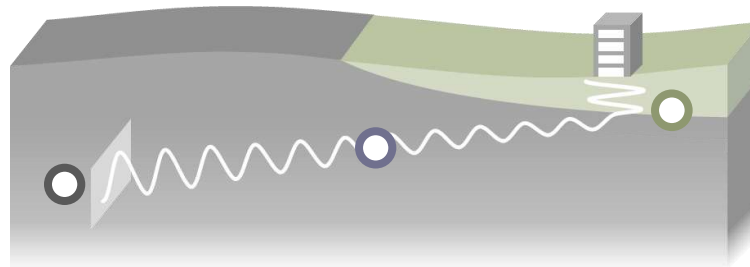
～敷地の観測記録に基づく分析や解析的な分析を実施～

- 敷地への地震動の伝播経路において，「地震動の顕著な増幅」や「到来方向によって伝播特性が異なる傾向」はなく，到来方向の違いによる地震動の増幅はない。

増幅特性

～深部ボーリング調査や深部地震計の観測記録に基づく分析を実施～

- 敷地地盤は地下深部まで非常に硬い岩盤である。
- 被告は，地表踏査，ボーリング調査，深部ボーリング調査，オフセットVSP探査に加えて，敷地で得られた地震観測記録の分析等を総合して，伊方発電所敷地及び敷地近傍の地下構造を三次元的に把握した。
- 敷地の地盤は水平成層かつ均質な速度構造で，特異な増幅特性を有する地盤ではない。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

- (1) 十分な調査で地域特性を知る
- (2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデルの設定
 - エ 不確かさ考慮モデルの設定
 - オ 基準地震動の策定結果

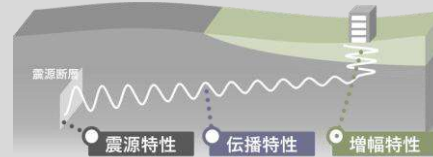
評価手法

ここまでの説明内容

地震による揺れの大きさは3つの地域特性によって決まる

- **震源特性** 震源の大きさ・マグニチュードなど
- **伝播特性** 震源からの距離など
- **増幅特性** 地盤の硬さなど

伊方発電所周辺で発生する地震の
3つの地域特性を十分に把握することが重要



ここからの説明内容

① 応答スペクトルに基づく評価

地震規模や震源距離等の少ないパラメータで平均的な地震動を評価するのに適している。

||

『簡便な手法』

で地震動レベルを評価する

② 断層モデルを用いた手法による評価

多くのパラメータが必要であるが、詳細な地震動を評価するのに適している。

||

『より精緻な手法』

で実像を捉える

これらを併用することで、より信頼性の高い評価手法としたうえで、不確かさを考慮することで保守的な基準地震動の策定が可能

基本スタンス(1)

十分な調査で
地域特性を知る



基本スタンス(2)

信頼性の高い手法を用いた
うえで不確かさを考慮

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

評価手法

■ 経験的な手法

① 応答スペクトルに基づく評価

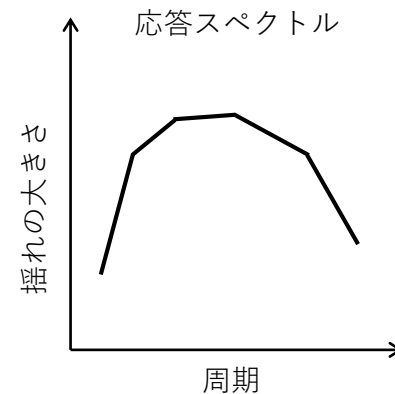
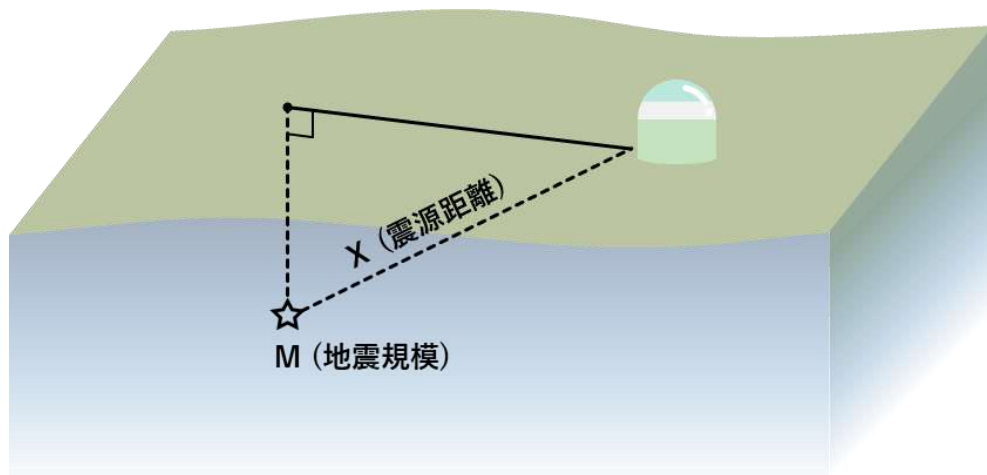
地震規模 + 距離 → 地震の揺れの大きさ

○過去の地震記録における「**地震規模** (M:マグニチュード)」及び「**震源から評価地点までの距離**(X)」と「**地震による揺れの大きさ**(応答スペクトル)」の関係から導かれた距離減衰式により応答スペクトルを作成する方法。

○様々な距離減衰式が提案されており、原子力発電所の地震動評価で用いられている「**耐専スペクトル**」はその一つ。

○震源を点と仮定し、地震規模や震源距離等の**少ないパラメータで地震動を評価するのに適している**。

○距離減衰式を作成する上で**用いた観測記録が豊富な範囲では、信頼性の高い評価が可能**。



☞ 「応答スペクトルに基づく評価」については、乙324(16~22頁)でも解説しているので参照されたい。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価
・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

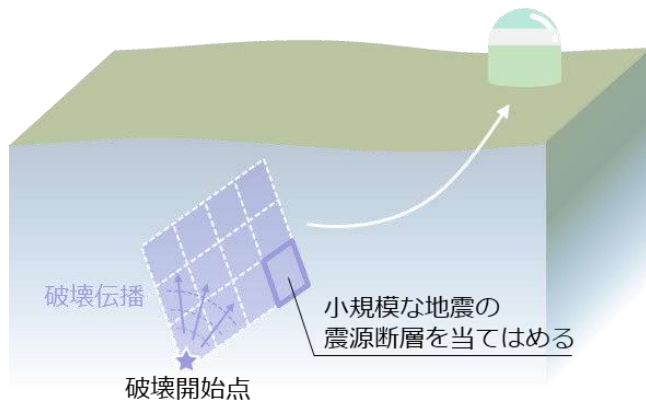
評価手法

② 断層モデルを用いた手法による評価

■ 詳細な解析による手法

多くのパラメータ → 地震の揺れの大きさ

- 断層モデルは震源の断層面を詳細にモデル化したもの。
- まず小規模な地震での地震波を設定し、次に大規模な地震の破壊過程(破壊の順番、時間のずれ等)を考慮し、順次足し合わせを行い、大規模な地震の地震動を求める。
- 多くのパラメータが必要であるが、詳細な地震動を評価するのに適している。
- 各種のパラメータの設定には、断層面積と地震規模との関係など、過去の地震の経験から導かれた相似則である「スケーリング則」が用いられる。



「断層モデルを用いた手法による評価」については、乙324(23~37頁)でも解説しているので参照されたい。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価
・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

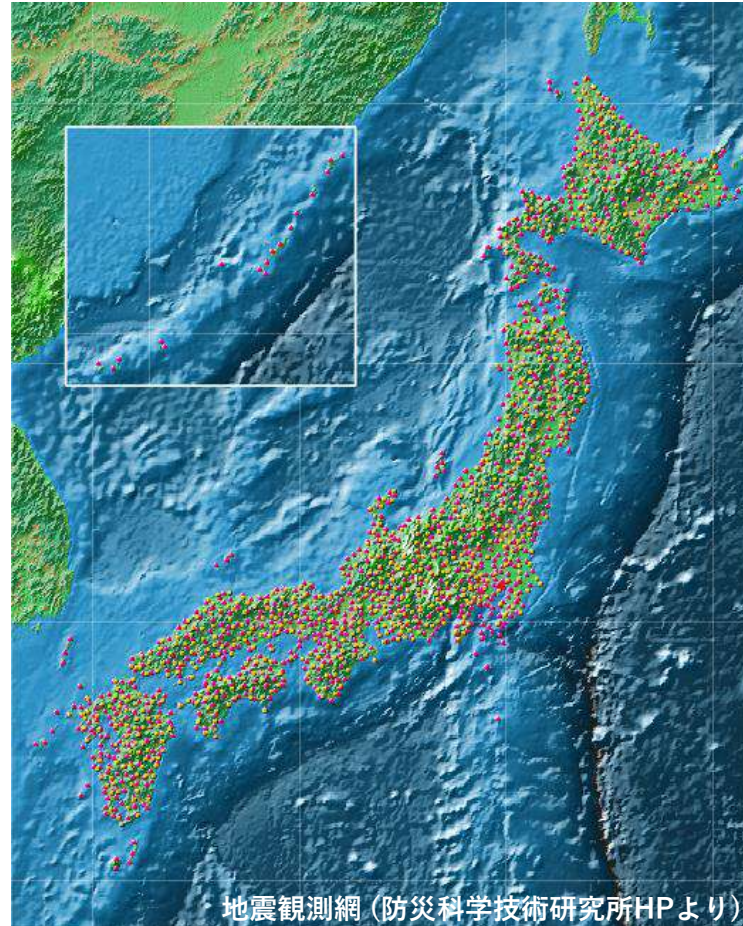
評価手法の発展

争点整理表 第2の1(2)

○応答スペクトルに基づく手法及び断層モデルを用いた手法による地震動評価は、**過去に発生した地震の経験式(距離減衰式やスケーリング則)に基づく評価手法**であり、様々な地震記録を用いた検証がなされた**信頼性の高い評価手法**である。

○1995年兵庫県南部地震の経験を活かし、地震に関する調査研究を政府として一元的に推進するため、**地震調査研究推進本部**が作られた。

○兵庫県南部地震以降、防災科学技術研究所は**全国各地に強震観測網を整備**しており、**観測記録に基づく各種研究**が多様な研究機関等により鋭意進められ、地震動評価の信頼性向上につながっている。



地震観測網(防災科学技術研究所HPより)

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

- (1) 十分な調査で地域特性を知る
- (2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデルの設定
 - エ 不確かさ考慮モデルの設定
 - オ 基準地震動の策定結果

不確かさの考慮



争点整理表 第2の1(3)

[再掲] 地震動評価手法の信頼性は高い

- ・ 応答スペクトルに基づく手法及び断層モデルを用いた手法による地震動評価は、過去に発生した地震の経験式(距離減衰式やスケーリング則)に基づく評価手法であり、様々な地震記録を用いた検証がなされた信頼性の高い評価手法である。
- ・ 1995年兵庫県南部地震以降、地震動評価に係る各種研究が進められてきており、地震動評価の信頼性は日々向上している。

したがって、詳細な調査に基づき把握した伊方発電所の地域特性 [基本スタンス(1)] を踏まえれば、
信頼性の高い地震動評価が可能



ただし、地震動評価は自然現象を対象とするものであることから、
詳細な調査を尽くしてもなお不確かな部分は残る

そこで、そのような自然科学の不確実性を踏まえたうえでその点を保守的に考慮し、
余裕のある地震動として設定することで、将来発生する地震動に耐えられるよう
原子力発電所を設計することが可能

[基本スタンス(2)] 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮することが重要

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・ 活断層調査
 - ・ 音源の種類
 - ・ 震源断層の把握
 - ・ 地質境界としての中央構造線
 - ・ 振り返り

イ 伝播特性

- ・ 分析・評価
- ・ 振り返り

ウ 増幅特性

- ・ 地下構造調査の目的
- ・ 敷地の地盤・速度構造
- ・ 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮**
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

不確かさの考慮

争点整理表 第2の1(3)(5)(6)(9)(10)

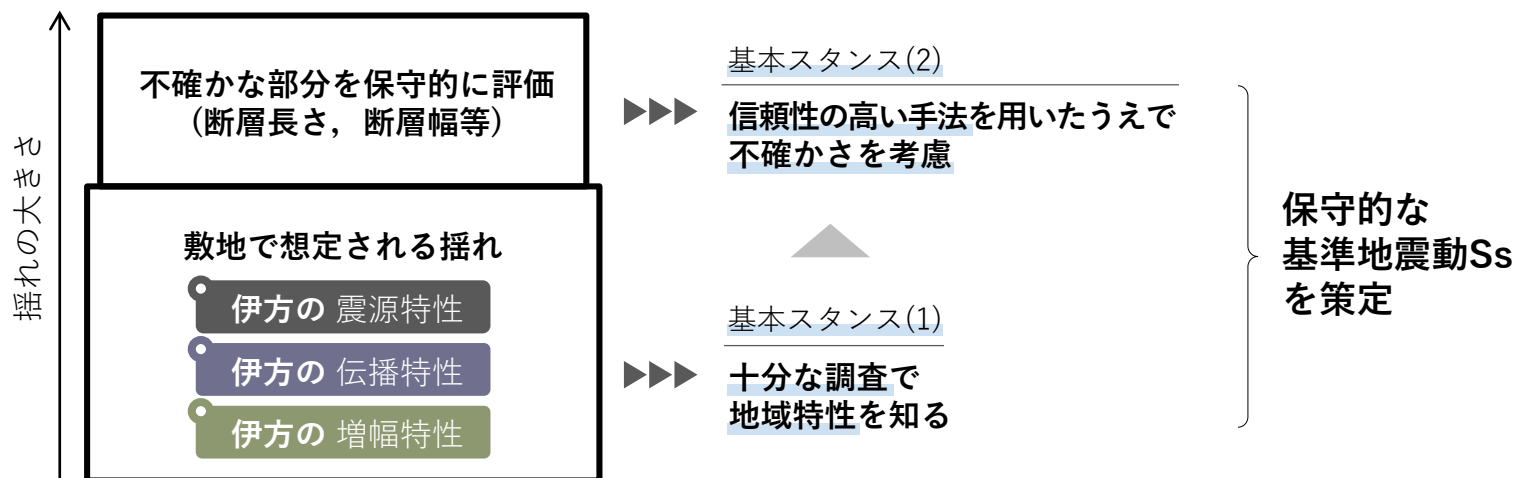
基準地震動の評価にあたっては、不確かさを考慮して保守的に評価

敷地の地域特性(震源特性, 伝播特性, 増幅特性)を適切に反映する。

▶▶▶ 基本スタンス(1) 十分な調査で地域特性を知る

信頼性の高い手法を用いたうえで、自然科学の不確実性を踏まえ、評価する断層の長さを長くするなど、不確かさを考慮して保守的に評価する。

▶▶▶ 基本スタンス(2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

経験式のばらつきと不確かさの考慮

争点整理表 第2の1(3)(5)(6)(9)(10)

経験式の基データのばらつきをどう考えるか？

- 地震動評価に用いる経験式は、いずれも実際の地震観測記録等のデータを回帰分析し、それぞれの地震ごとの地域特性を捨象した科学的に有意な関係を表す関係式として作成されている。
- 地域特性が異なる様々な観測地点での観測記録(経験式の基データ)と、各観測記録を回帰して得られた平均的な値(経験式)との間に、乖離(ばらつき)が生ずるのは、むしろ当然である。

経験式を用いた評価手法の特徴

- 複数の地震の記録がある ▶▶ 様々な**震源特性**を含む
- 様々な方向から到来 ▶▶ 様々な**伝播特性**を含む
- 複数の観測点が存在する ▶▶ 様々な**増幅特性**を含む

各観測記録を回帰して経験式を作成

▶▶ **観測記録と経験式との間にばらつきが生ずるのは当然**

経験式のばらつきを生じさせている要因を勘案して、経験式に存在するばらつきが過小評価につながることを防ぐよう、伊方発電所の地域特性を踏まえて適切な配慮を行うことが重要

- 例えば、被告は、中央構造線断層帯に係る地震動評価において、詳細な調査に基づいて保守的に震源モデルを設定するとともに、経験式のばらつきが生じる要因を踏まえ、伊方発電所に係る地域特性が地震動の過小評価につながることを防ぐよう配慮して地震動評価を行っている。

伊方発電所の地域特性を踏まえた適切な配慮の例

経験式にばらつきが存在することを当然に認識した上で、当該経験式に保守的なパラメータを入力することなどにより不確かさを考慮
(不確かさを織り込んだ「基本震源モデル」及び更なる不確かさを重量させた「不確かさ考慮モデル」を作成)

複数のスケーリング則を用いることによっても、経験式が有するばらつきが過小評価につながることを防ぐよう配慮

etc.

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価
・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

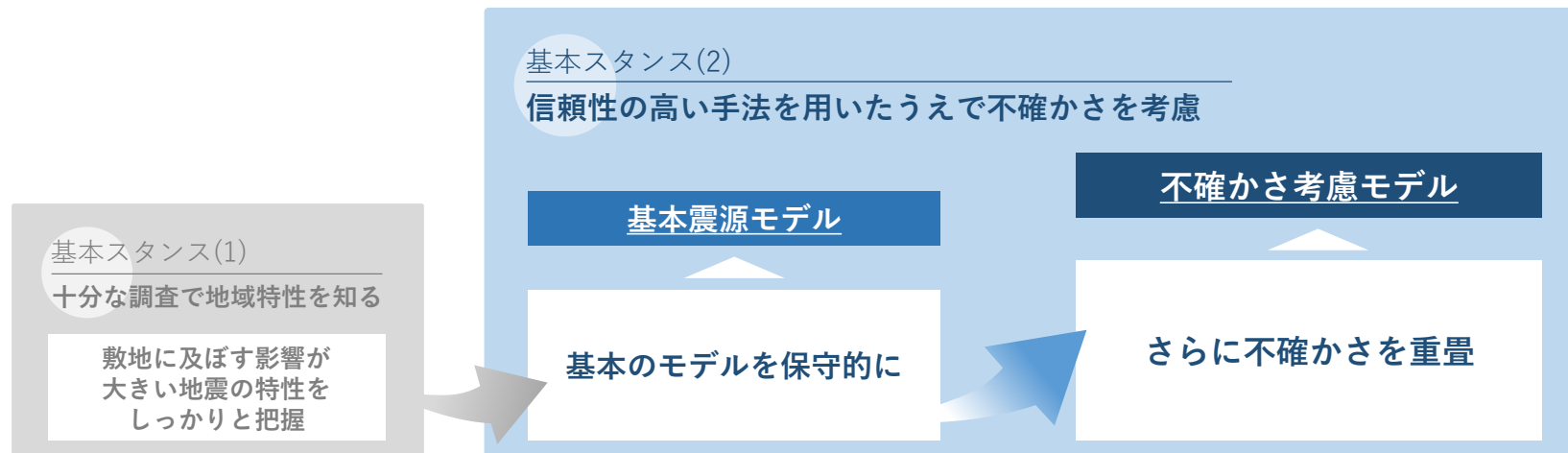
- (1) 十分な調査で地域特性を知る
- (2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデルの設定
 - エ 不確かさ考慮モデルの設定
 - オ 基準地震動の策定結果

震源モデルの設定方針

争点整理表 第2の1(3)(4)

「基本震源モデル」と「不確かさ考慮モデル」

- 「基本スタンス(2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮」に則り、調査を尽くしてもなお確実に捉えきれなかったような部分について、「不確かさ」としてあらかじめ織り込んだ上で **基本震源モデル** を構築。（基本震源モデル自体が既に保守的）
- さらに、地質調査や過去の地震による知見等から基本的な実体を把握できている部分についても、その調査の結果に不確かさを伴っていることを考慮して、独立した不確かさとして基本震源モデルに重畳させた **不確かさ考慮モデル** を構築。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ **基本震源モデル**

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

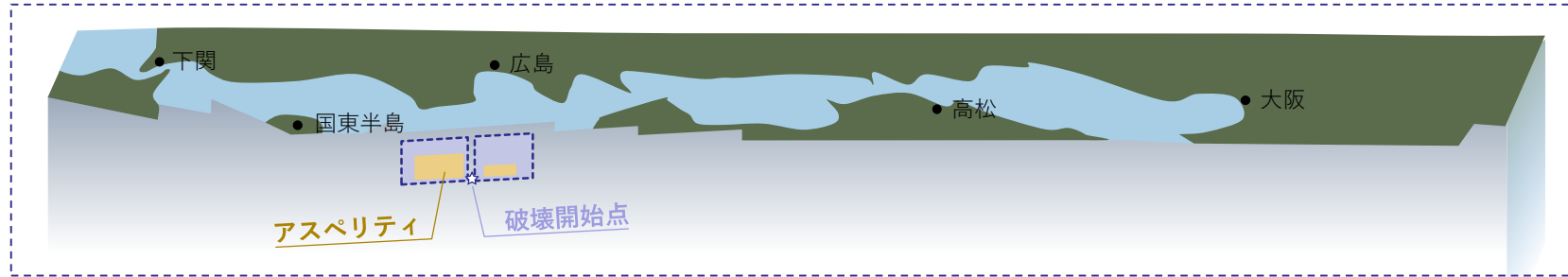
2-3 火山のまとめ

おわりに

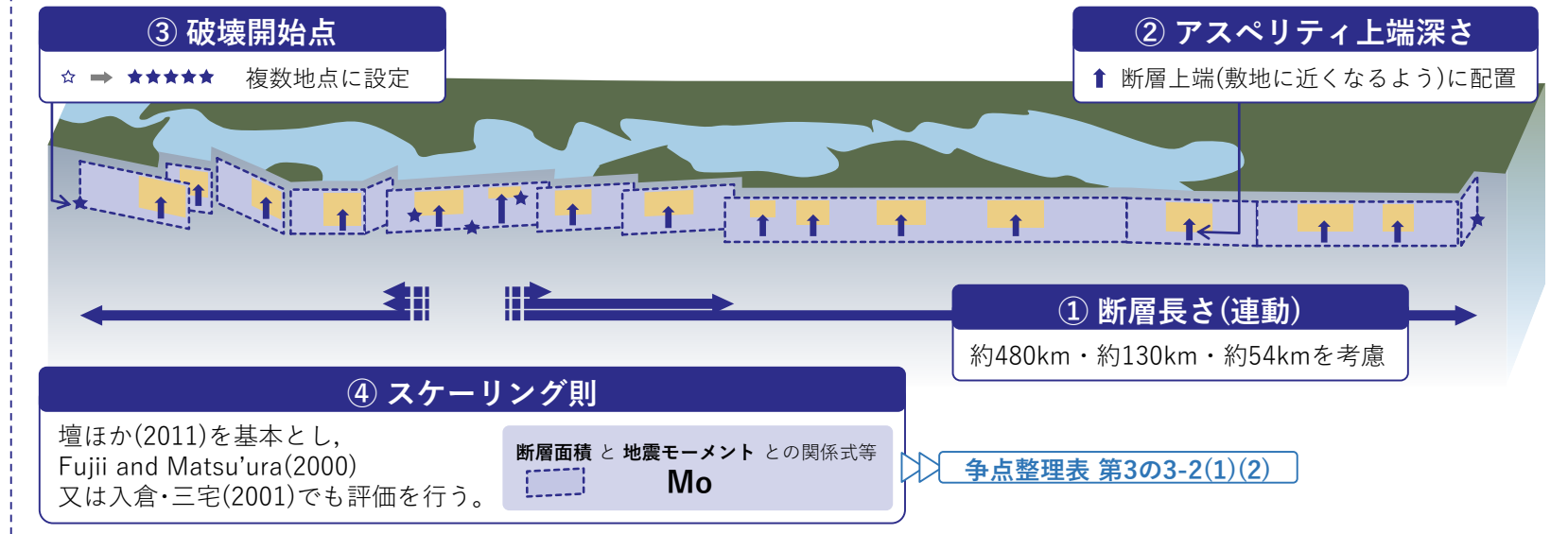
基本震源モデル



争点整理表 第2の1(3)



基本震源モデルに織り込む不確かさ



基本震源モデルに織り込む不確かさの詳細は、[仮処分事件のプレゼンテーション資料\(乙86\)](#)の54～64頁を参照

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - 活断層調査
 - 音源の種類
 - 震源断層の把握
 - 地質境界としての中央構造線
 - 振り返り

イ 伝播特性

- 分析・評価
- 振り返り

ウ 増幅特性

- 地下構造調査の目的
- 敷地の地盤・速度構造
- 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

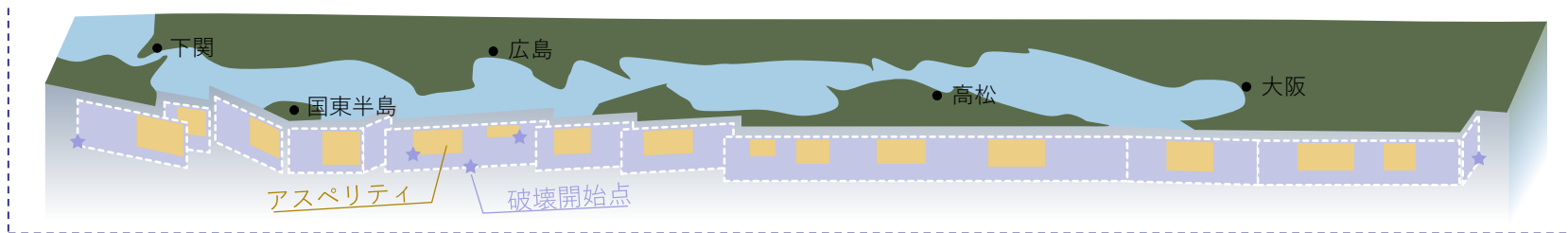
おわりに

- (1) 十分な調査で地域特性を知る
- (2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデルの設定
 - エ 不確かさ考慮モデルの設定
 - オ 基準地震動の策定結果

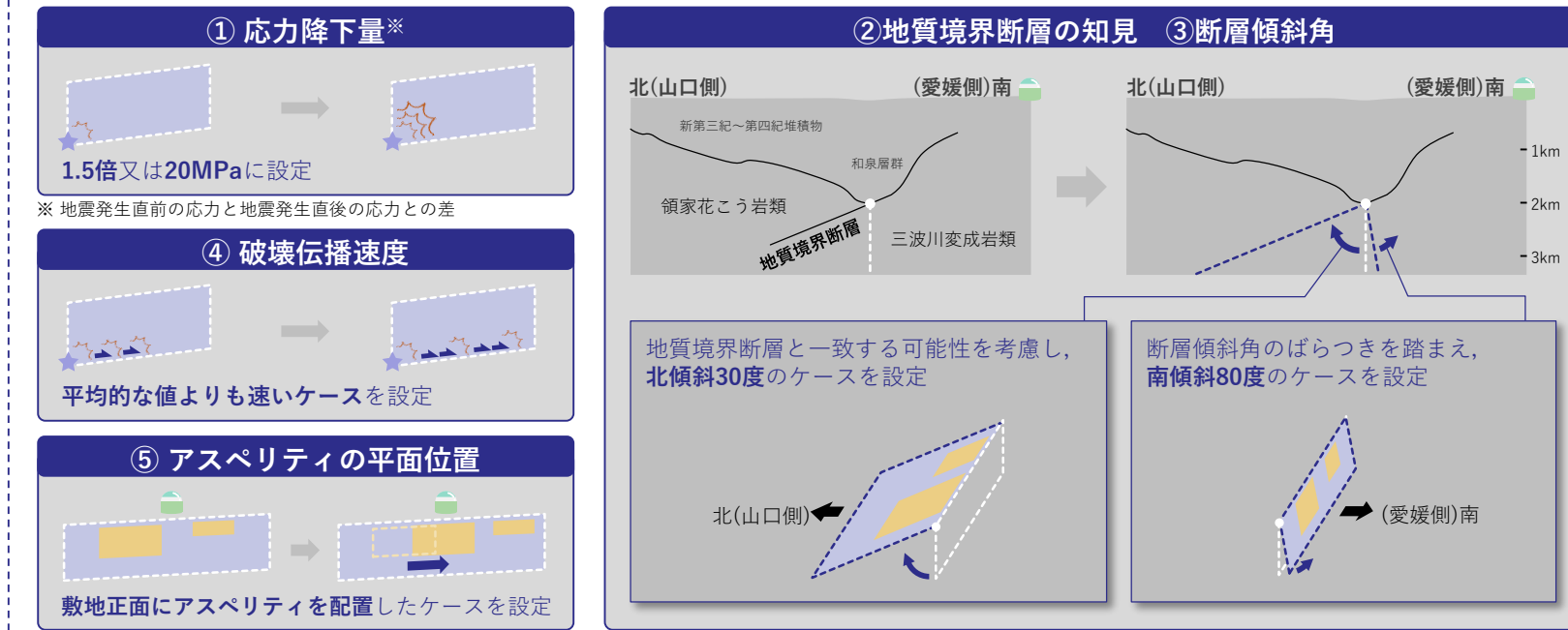
不確かさ考慮モデル

争点整理表 第2の1(3)(4)

基本震源モデルに織り込んだ不確かさ



基本震源モデルに対して独立に考慮する不確かさ



基本震源モデルに対して独立に考慮する不確かさの詳細は、仮処分事件のプレゼンテーション資料(乙86)の65～71頁を参照

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

地震動評価ケースの一覧

○各断層長さの震源モデルに対し、不確かさの考慮を踏まえ、地震動評価ケースを下記のとおり設定した。
(計102ケース)

- : 基本震源モデルに織り込む不確かさ
- : 基本震源モデルに独立して設定する不確かさ

【不確かさケース】

- ① 応力降下量1.5倍または20MPa
- ② 断層傾斜角が北傾斜30度
- ③ 断層傾斜角が南傾斜80度
- ④ 破壊伝播速度が速いケース
- ⑤ アスベリティを敷地正面に配置

No.	断層長さ	アスペリティ深さ	スケリング則	破壊開始点	不確かさケース				
					①	②	③	④	⑤
1	480 km	断層上端	壇ほか(2011)	3ケース	-	-	-	-	-
2				5ケース	○	-	-	-	-
3				3ケース	-	○	-	-	-
4				3ケース	-	-	○	-	-
5				3ケース	-	-	-	○	-
6				3ケース	-	-	-	-	○
7			Fujii and Matsu'ura(2000)	3ケース	-	-	-	-	-
8				5ケース	○	-	-	-	-
9				3ケース	-	-	-	○	-
10	130 km	断層上端	壇ほか(2011)	3ケース	-	-	-	-	-
11				5ケース	○	-	-	-	-
12				3ケース	-	○	-	-	-
13				3ケース	-	-	○	-	-
14				3ケース	-	-	-	○	-
15				3ケース	-	-	-	-	○
16			Fujii and Matsu'ura(2000)	3ケース	-	-	-	-	-
17				5ケース	○	-	-	-	-
18				3ケース	-	-	-	-	○

No.	断層長さ	アスペリティ深さ	スケリング則	破壊開始点	不確かさケース					
					①	②	③	④	⑤	
19	54 km	断層上端	壇ほか(2011)	3ケース	-	-	-	-	-	
20				5ケース	○	-	-	-	-	
21				3ケース	-	○	-	-	-	
22				3ケース	-	-	○	-	-	
23				3ケース	-	-	-	○	-	
24				3ケース	-	-	-	-	○	
25				入倉・三宅(2001)	3ケース	-	-	-	-	-
26					5ケース	○	-	-	-	-
27			3ケース		-	○	-	-	-	
28			3ケース		-	-	○	-	-	
29			3ケース		-	-	-	○	-	
30			3ケース		-	-	-	-	○	

※1: 経験的グリーン関数法で評価を行う
 ※2: Fujii and Matsu'ura(2000)の地震動評価ケースは、壇ほか(2011)による評価結果から影響が大きい不確かさケース(①, ④)について考慮
 ※3: 破壊開始点3ケースは、断層下端3箇所(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域の断層群のアスベリティ下端2箇所を追加。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

- (1) 十分な調査で地域特性を知る
- (2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮
 - ア 評価手法
 - イ 不確かさの考慮
 - ウ 基本震源モデルの設定
 - エ 不確かさ考慮モデルの設定
 - オ 基準地震動の策定結果

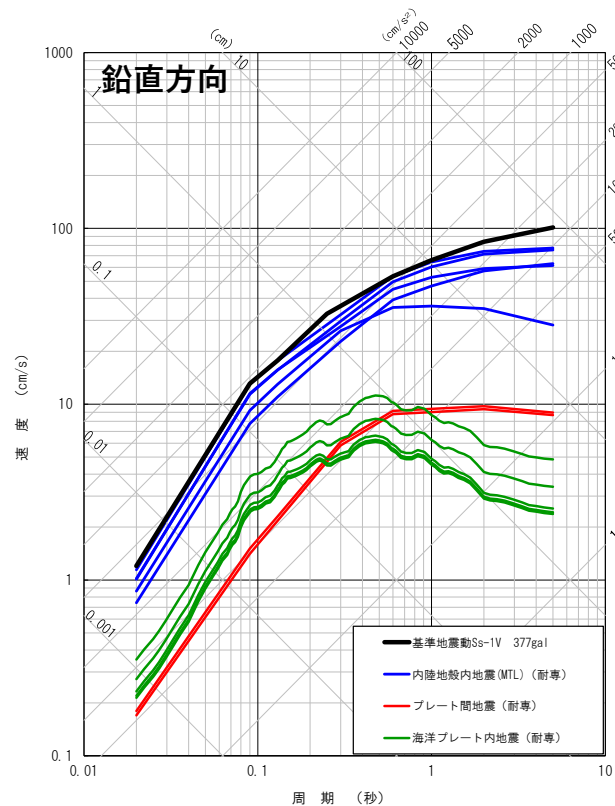
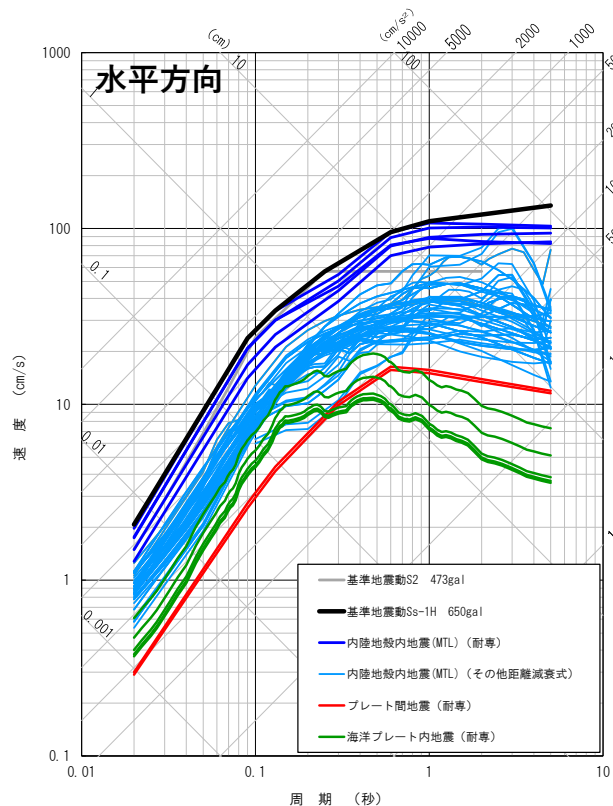
Ss-1

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

争点整理表 第2の1(7)

基本スタンス(2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮

○応答スペクトルに基づく評価結果を包絡するように、基準地震動Ss-1を設定する。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

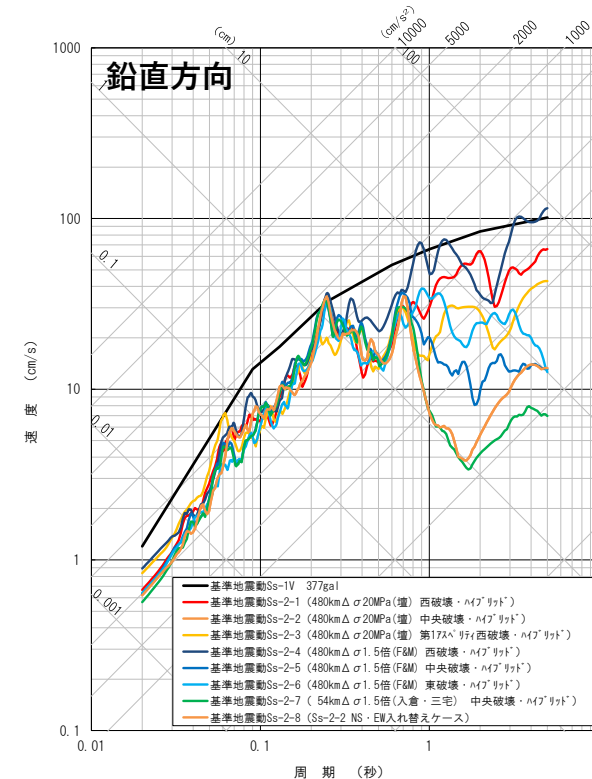
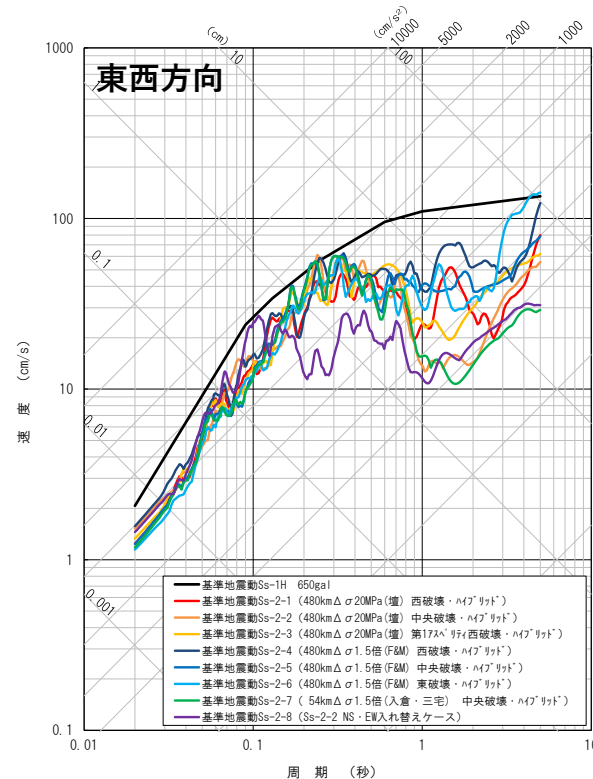
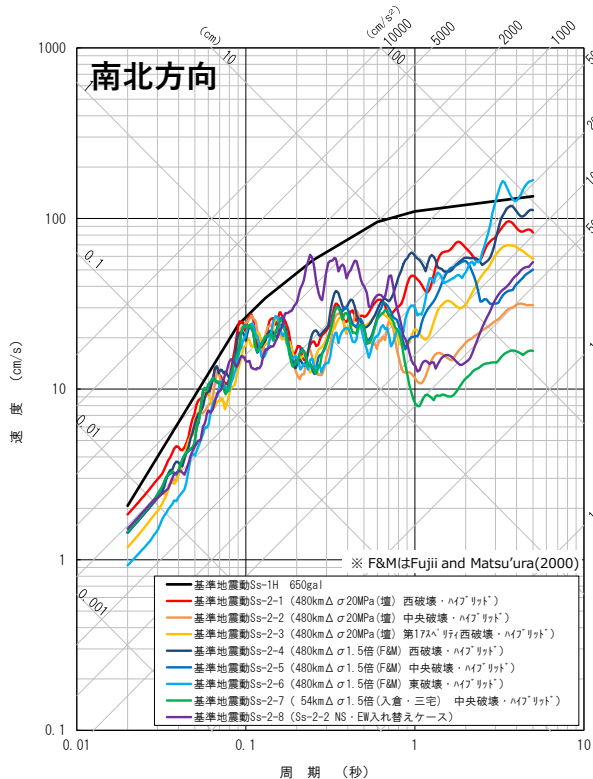
おわりに

Ss-2

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

争点整理表 第2の1(7)

○断層モデルを用いた手法による評価結果のうち、**基準地震動Ss-1を一部周期帯で超過するケースとしてSs-2-1～Ss-2-8を設定した。**



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

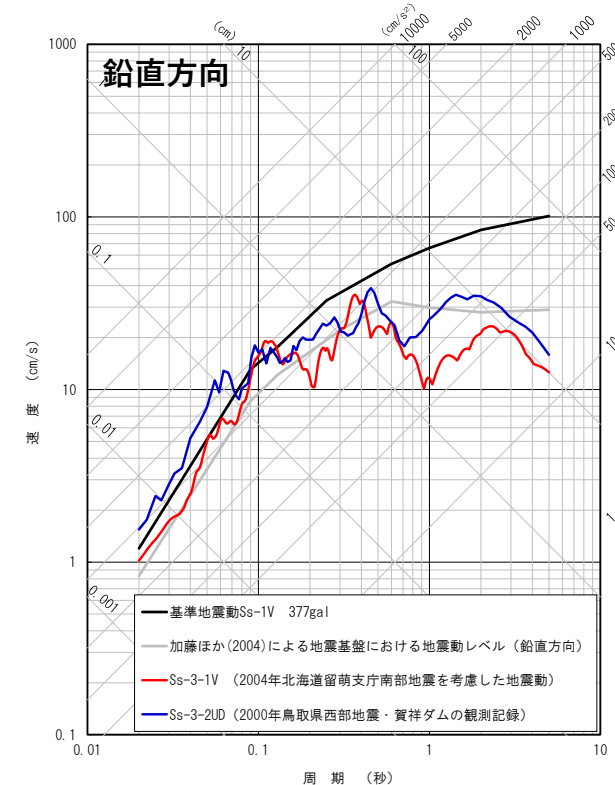
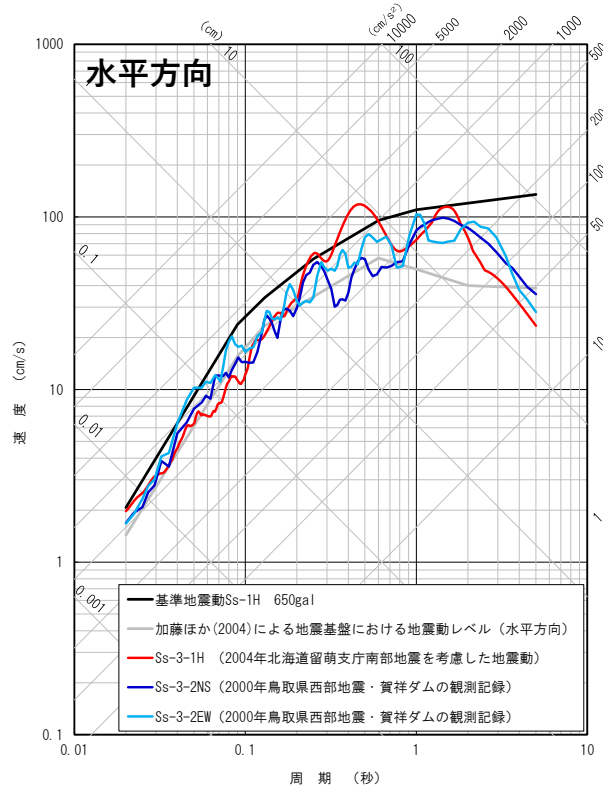
Ss-3

震源を特定せず策定する地震動

争点整理表 第2の1(7)

○2004年北海道留萌支庁南部地震の解放基盤波及び2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム(監査廊)の観測記録が基準地震動Ss-1を上回ることから、基準地震動Ss-3として選定する。

○いずれの地震動も、伊方発電所の解放基盤表面のS波速度(2600m/s)と比べて軟らかい地盤の地震動(賀祥ダム：約1200～1300m/s、留萌：938m/s)であり、伊方発電所の解放基盤表面相当に補正をすれば地震動は小さくなると考えられるが、**保守的に地盤補正は行わずそのまま基準地震動として採用している。**



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - 活断層調査
 - 音源の種類
 - 震源断層の把握
 - 地質境界としての中央構造線
 - 振り返り

イ 伝播特性

- 分析・評価
- 振り返り

ウ 増幅特性

- 地下構造調査の目的
- 敷地の地盤・速度構造
- 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

基準地震動Ssの策定結果



争点整理表 第2の1(7)

基準地震動 S s				最大加速度(cm/s ²)			
				南北方向	東西方向	鉛直方向	
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法	設計用模擬地震波	Ss-1	650		377	
	断層モデルを用いた手法※	敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)	480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・西破壊	Ss-2-1	579	390	210
			480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊	Ss-2-2	456	478	195
			480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・第1アスペリティ西破壊	Ss-2-3	371	418	263
			480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・西破壊	Ss-2-4	452	494	280
			480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・中央破壊	Ss-2-5	452	388	199
			480km連動・F&Mの手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・東破壊	Ss-2-6	291	360	201
			54km・入倉・三宅の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5倍・中央破壊	Ss-2-7	458	371	178
			480km連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊・入れ替え	Ss-2-8	478	456	195
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動		Ss-3-1	620		320	
	2000年鳥取県西部地震賀祥ダムの観測記録		Ss-3-2	528	531	485	

※ 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による評価が支配的であり、海洋プレート内地震、プレート間地震の評価は敷地からの距離が遠いことなどにより基準地震動Ss-1に包絡されているため、Ss-2としては設定していない。

※ F&M : Fujii and Matsu'ura (2000)

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

地震のまとめ

1-3

地震のまとめ

○以上、ご説明してきたとおり、被告は、詳細な調査により伊方発電所の**地域特性を十分に把握**した上で、伊方発電所の敷地にもたらされる地震動を想定し、これを基に**不確かさを考慮して安全側に立った評価**を行い、耐震設計において基準とする地震動、すなわち、基準地震動Ssを策定している。

○基準地震動Ssの策定に当たって、被告が、

- (1) 十分な調査で伊方発電所の敷地及び敷地周辺の地域特性を把握していること
- (2) 信頼性の高い手法を用いたうえで不確かさを考慮して保守的に基準地震動Ssを策定していること

については、高度な専門性を有する**原子力規制委員会が確認**していることはもとより、**多くの専門家がその妥当性を認める**ところであり、高い信頼性が確保されている。

○被告の地震動評価は妥当なものであり、伊方発電所3号機の運転によって原告らの人格権を侵害する具体的危険、すなわち伊方発電所3号機において放射性物質を環境に大量に放出する事態が発生し、その放射性物質によって原告らの生命・身体が侵害される具体的危険はない。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

2

火山

火山の基礎知識

2-1

日本列島における過去の噴火

- 雲仙普賢岳(1991年)や御嶽山(2014年)の噴火は、その人的被害が大きかったがゆえに、一般には「大噴火」と言われることが多いが、**火山学的には小規模なもの**である。
- 阿蘇では4回の巨大噴火が発生している。**阿蘇4噴火**は、阿蘇の既往噴火の中で突出して大きいだけでなく、**第四紀(258万年前以降)に日本列島で起こった最大規模の噴火**である。
- 中田(2014,15)によると、大規模火砕流を伴う巨大噴火自体が日本列島全体で1万年に1回程度の事象であり、**阿蘇4噴火**と同規模の噴火は**さらに低頻度**の事象である。



※噴出量は、原則として、産業技術総合研究所の「1万年噴火イベントデータ集」に基づき、阿蘇4噴火は第四紀火山カタログ、草千里ヶ浜軽石噴火は宮縁ほか(2003)に基づく。

※2014年御嶽山、2018年草津白根山の噴火は水蒸気噴火のため噴出量が設定されない。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

巨大噴火

争点整理表 第4の1(2)

○カルデラとは、直径2km以上の火山性の陥没地形を指す。

○一般に破局的な噴火としてイメージされているカルデラ噴火は、大規模火砕流及び降下火砕物として膨大なマグマを短時間に噴出することによって生じた地下の空間に地表が陥没して大型のカルデラを形成させる噴火である。

このような大規模火砕流を伴う巨大噴火は、およそVEI6以上の巨大噴火で見られるようになり、過去のVEI7以上の噴火では、ほぼ例外なくこのタイプの噴火である。

○被告は、大型のカルデラを形成し大規模火砕流を伴う噴火を「巨大噴火」と呼んでいる。

火山爆発指数(VEI)とは？

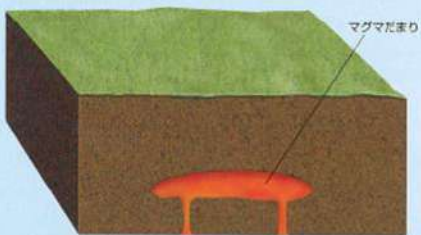
火山学的にみた噴火の規模を表す尺度には、様々なものがあるが、よく普及している尺度に火山灰や火山礫等の火砕物の噴出量に基づく火山爆発指数(VEI)がある。

VEIは、噴火によって生じた火砕物の体積から噴火規模を段階別に分類するもので、1回の噴火の噴出量が 10^4m^3 以下(0.00001km^3 以下)をVEI0、 10^{12}m^3 以上(1000km^3 以上)をVEI8として、この間を噴出量が10倍増えるごとに1段階上がるように7段階に分けている。

超巨大噴火の発生のしくみ

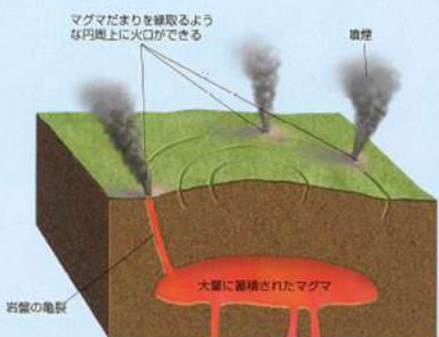
地下でマグマが蓄積されていき(1)、何らかのきっかけによって噴火が発生(2)、複数の火口が円周状につながって大量のマグマを噴出し(3)、円周の中が陥没したカルデラ地形が残される(4)。

1. マグマの蓄積



超巨大噴火が発生するには、地下に大量のマグマが蓄積されている必要がある。マグマだまりの構造は必ずしも明らかになっていない場合もあるが、超巨大噴火が発生する場所では、地下10キロメートルほどのところに薄い円盤状に広がっている場合が多いと考えられている。

2. 噴火の開始



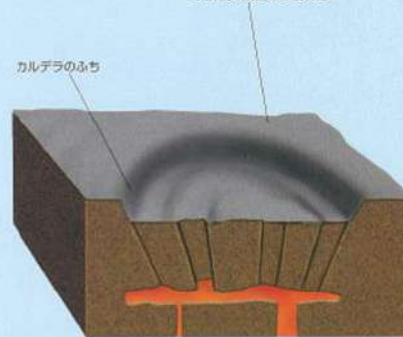
超巨大噴火を引き起こせるほどのマグマを蓄積した状態となった後、たとえばマグマの圧力によって岩盤の弱いところが破壊されてマグマが地表に達するなど、なんらかのきっかけによって噴火がはじまる。複数の火口ができ、これらはマグマだまりを採取する円周上にできる場合が多い。

3. 火口がつながって円周状に



噴火が継続することで火口が拡大し、円周上の火口どうしが連結、ひとつながりの火口となる。火口からは噴煙がはげしく噴出し、高度数十キロメートルまで到達する。火砕流が全方位に発生し、周囲を飲みこむ。火口が円周状につながって支えがなくなった岩盤は、陥没をはじめ。

4. カルデラを形成



噴火は数時間から数日継続し、終息する。円周状の火口の内側は大きく陥没し、巨大なカルデラ地形が形成される。カルデラの直径は数十キロメートルにもおよぶことがある。マグマの供給がなければ、マグマの蓄積がまたはじまり、数万年から数十万年後にはふたたび超巨大噴火が発生する。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

巨大噴火の噴出物の特徴

争点整理表 第4の1(2)

粘性の高いマグマ(珪長質マグマ)ほど、爆発的な噴火を起こしやすい

- マグマには、二酸化ケイ素(SiO_2)が多く含まれており、 SiO_2 の成分量が少ないマグマを**苦鉄質マグマ**(玄武岩質マグマ)、多いマグマを**珪長質マグマ**(流紋岩質マグマ)という。
- 苦鉄質マグマよりも、**珪長質マグマ**の方が粘性が高く、爆発的な噴火を起こしやすい。

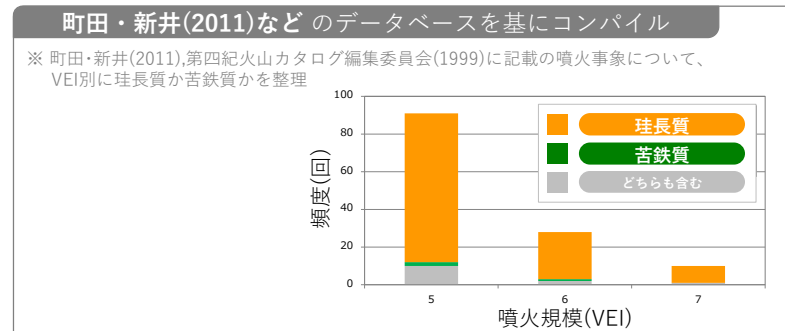
防災科学技術研究所 http://dil.bosai.go.jp/workshop/03kouza_yosoku/s12funka/f1funktatype.htm

	苦鉄質 (玄武岩質)	珪長質 (流紋岩質)
化学組成	←→	
岩石の名称	玄武岩	安山岩 石英安山岩 流紋岩
二酸化珪素の量	45% (少ない)	(多い) 75%
岩石の色	黒っぽい	白っぽい
噴出時の粘性	(小さい) 流れやすい	(大きい) 流れにくい
噴火様式	(非爆発的) 溶岩溢れ出し	(爆発的)

巨大噴火には、珪長質の巨大なマグマ溜まりが必要である

- 巨大噴火は、一般的に**珪長質マグマ**が主体とされている(荒牧,2003(乙159)など)。
過去の噴火における**VEI6以上の噴火は珪長質**に集中している(町田・新井,2011)。
- 巨大噴火では、**地下浅部にあらかじめ巨大なマグマ溜まりを形成する必要がある**(荒牧,2003(乙159), 下司,2016(乙154))。

荒牧(2003)(乙159) カルデラを形成する大規模火砕噴火の特徴は、地下数kmにあるマグマ溜まりに存在していた**大量の珪長質マグマ**が発泡し、急激な体積の膨張に伴ってマグマの一部が地表に噴出するというメカニズムにある。



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

火山評価の骨子

2-2

立地評価・影響評価とは？(1/3)

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

○**火山ガイド(乙150)**は、原子力発電所への火山影響を適切に評価するための方法や確認事項等を取りまとめたものであり、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を **立地評価** と **影響評価** の2段階で行うこととしている。

立地評価

立地評価とは、評価対象たる原子力発電所周辺の火山事象の影響を考慮して発電所を建設する敷地としての適性を評価することをいい、一定の地理的領域内に存在する火山の**将来の活動可能性を検討**するとともに、**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影響を及ぼす可能性**を評価するものである。

ここで「設計対応不可能な火山事象」とは、原子力発電所に到達することが想定される火山事象に対し、施設や設備の設計によっても安全機能の保持が不可能な火山事象をいい、具体的には、**火砕物密度流**等がこれに当たる。

影響評価

影響評価とは、立地評価の結果、**立地不適とされない原子力発電所について**、原子力発電所の運用期間中に生じ得る火山事象による影響を評価することをいい、「**設計対応可能な火山事象**」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。

ここで「設計対応可能な火山事象」とは、施設や設備の設計対応により安全機能の保持が可能な火山事象をいう。これは、火山灰をはじめとする**降下火砕物**等が該当する。

そして、「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によって対応することを意味し、例えば、火山灰の堆積荷重に耐え得るように建物を設計することがこれに該当する。また、「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応を意味し、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。

立地評価・影響評価とは？(2/3)

■ 巨大噴火の取扱い

▶▶ 争点整理表 第4の1(1)～(6)

○火山ガイドでは、**巨大噴火**について、現在の火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上、

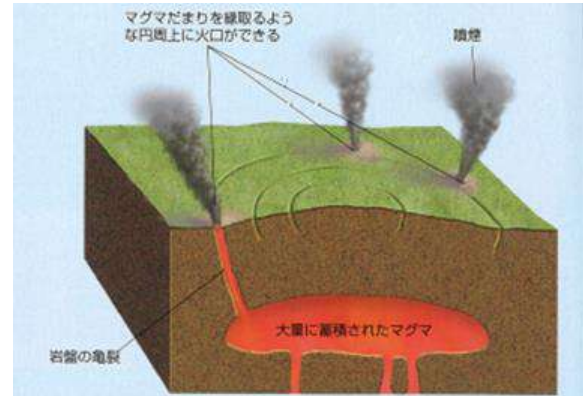
- ・火山の現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態ではないことが確認できること
- ・発電所の運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるといえないこと

が確認できた場合、『少なくとも運用期間中は、「巨大噴火の可能性が十分小さい」と判断できる』としている。

原子力発電所の運用期間中における 巨大噴火の発生可能性が十分に小さい かどうか判断することは可能

巨大噴火の時期等を的確に予測できるほど巨大噴火に至るメカニズムが明瞭に解明されていないにしても、巨大噴火のポテンシャルの有無を評価するに当たって、参照することのできる火山学の知見が一定程度蓄積されているのであるから、これらの火山学の知見に照らした火山学的調査を十分に行った上で、火山の現在の活動状況が巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか判断することは可能である。

「富士山噴火と巨大カルデラ噴火」ニュートンプレスより抜粋



▲ 巨大噴火が発生するには、地下に大量の珢長質マグマが蓄積されている必要がある。マグマだまりの構造は必ずしも明らかになっていないが、巨大噴火が発生する場所では、地下浅部に大量の珢長質マグマがあると考えられている。

○また、巨大噴火の可能性が十分に小さい場合、当該火山の最後の巨大噴火以降の最大の噴火規模を想定することが求められている。

はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
 - 地震と地震動
 - 周期
 - 応答スペクトル
 - 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

- (1) 調査で地域特性を知る
 - ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り
 - イ 伝播特性
 - ・分析・評価
 - ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

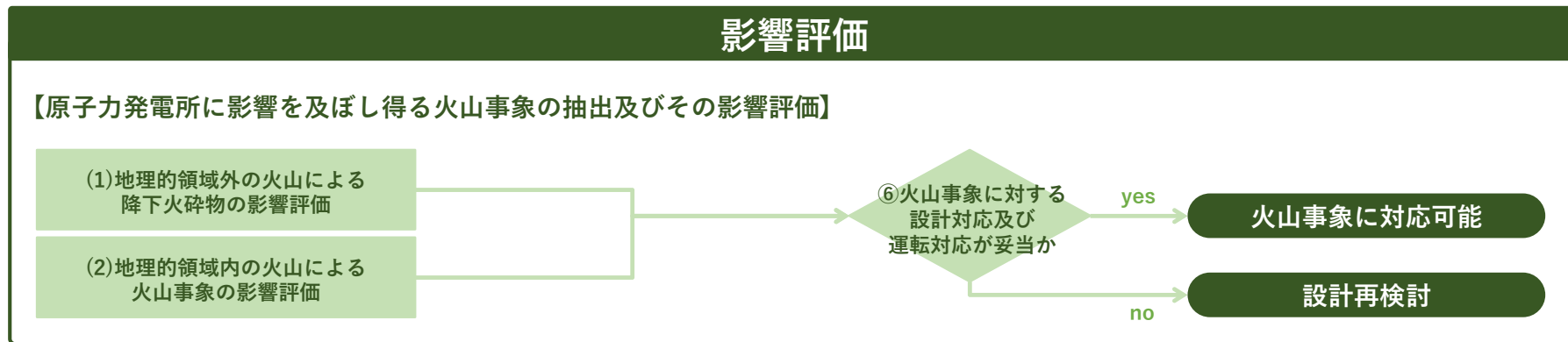
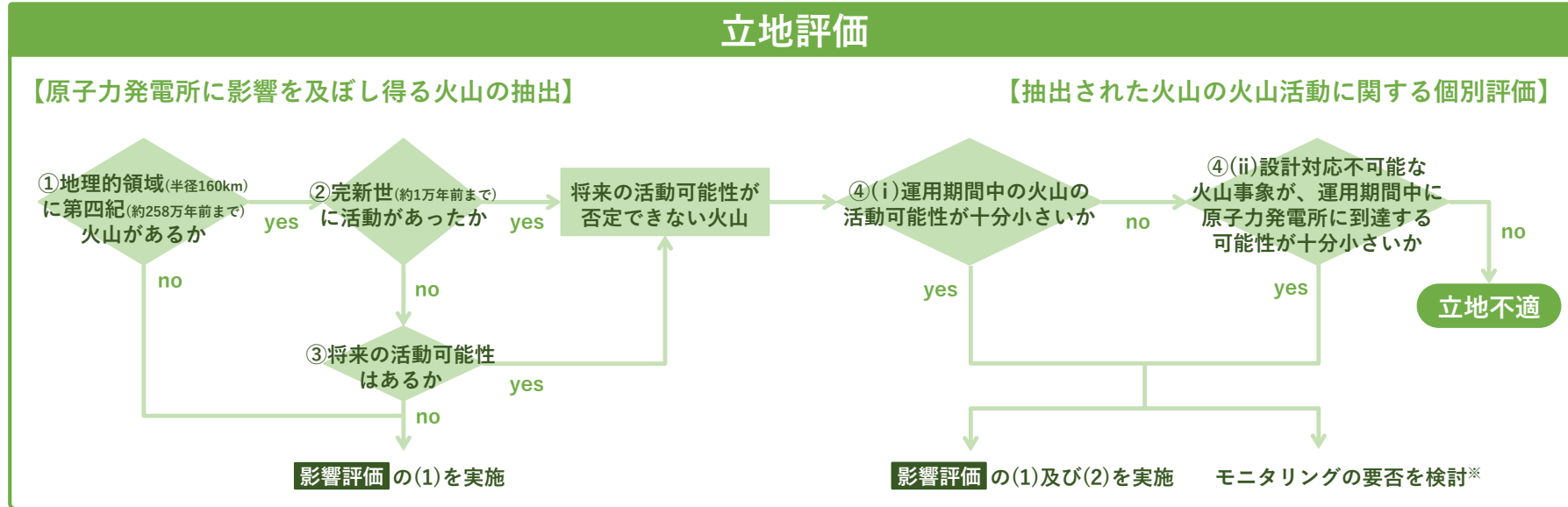
(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

立地評価・影響評価とは？(3/3)

各評価の流れ



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

- (1) 立地評価
- (2) 影響評価

立地評価の骨子

争点整理表 第4の1(8)(9)

- 立地評価において、地理的領域内(160km以内)に位置する計42火山から以下の5火山が抽出される。
- 過去に巨大噴火を生じさせた**阿蘇**は運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと判断できるかの検討が必要となる(概要は次頁)。

立地評価					
運用期間中の活動可能性を考慮すべき火山	鶴見岳 (85km)	由布岳 (89km)	九重山 (108km)	阿蘇 (130km)	阿武火山群 (130km)
想定する規模	既往最大規模の噴火			巨大噴火の可能性は十分小さく、最後の巨大噴火以降の最大規模の噴火	既往最大規模の噴火
火砕物密度流 (~160km)	○ 大規模火砕流は認められず、発電所に影響を及ぼす可能性はない	○ 火砕流堆積物の分布は九州内陸部に限られ、発電所に影響を及ぼす可能性はない	○ 後カルデラ期の火砕流堆積物は阿蘇カルデラ内に限られ、発電所に影響を及ぼす可能性はない	○ 大規模火砕流は認められず、発電所に影響を及ぼす可能性はない	○ 大規模火砕流は認められず、発電所に影響を及ぼす可能性はない
溶岩流(~50km)	調査対象外				
岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊(~50km)					
新しい火口の開口	○ 敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり、発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性はない				
地殻変動	○ 敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントから十分な離隔があり、発電所運用期間中に影響を及ぼす可能性はない				

○：発電所に影響を及ぼす可能性はない ※ 姫島は発電所運用期間中に噴火しない、高平火山群は鶴見岳に包含されるとそれぞれ評価、阿蘇火砕流も敷地まで達していないと評価

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - ・活断層調査
 - ・音源の種類
 - ・震源断層の把握
 - ・地質境界としての中央構造線
 - ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

阿蘇の評価(1/3)

争点整理表 第4の1(10)~(12)

○火山学は、地質学、岩石学、地球物理学、地球化学等の**幅広い分野**にまたがり、これらの知見を**総合的に判断**することで、**信頼性の向上**を図ることができる。

○様々な知見が、伊方発電所の運用期間中における阿蘇の**巨大噴火の可能性は十分に小さい**ことを支持する。

浅部に大規模な珪長質マグマ溜まりはない

乙206-2 (BBN報告書付録), 乙160 (Hill意見書), 乙208 (産総研報告書), 乙194 (Unglert et al., 2011)

カルデラ中央部の苦鉄質な噴出物の分布

乙163 (平ほか, 2010), 乙177 (三好報告書)

後カルデラ期の岩質の多様性

乙177 (三好報告書)

地震波探査(トモグラフィ)

乙167 (大倉報告書(Sudo and Kong, 2001))

地震波探査(レシーバ関数)

乙167 (大倉報告書(Abe et al., 2017))

1万年前以降の苦鉄質な活動

乙174 (Miyoshi et al., 2012), 乙177 (三好報告書)

測地観測

乙167 (大倉報告書), 乙189 (Nobile et al., 2017), 乙199 (村上・小川, 2004)

MT探査

乙190 (Hata et al., 2016)

地球物理学的調査

阿蘇4噴火後の大きな変化

岩石学的検討に基づく変化

乙177 (三好報告書)

マグマシステムの変化

乙206-2 (BBN報告書付録)

組成的な変化の傾向

乙181 (榊原意見書)

統計学的にも有意な変化

乙184 (隈元意見書)

定量的な評価

IAEA火山ガイド著者らによるBBN評価*

乙206 (BBN報告書)

その他

地球化学的調査

乙207 (産総研報告書)

UTコア中の類似火山灰

乙180 (Tsuji et al., 2017)

噴火ステージ論

乙247 (Nagaoka, 1988)

前兆現象がないこと

乙153 (小林報告書)

阿蘇4噴火を契機とした
大きな変化があり
巨大噴火が差し迫っていない

* IAEA火山ガイドの著者らの専門家判断に基づくBBN(ベイジアンビリーフネットワーク)を用いた阿蘇における巨大噴火の発生可能性の定量的な評価

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

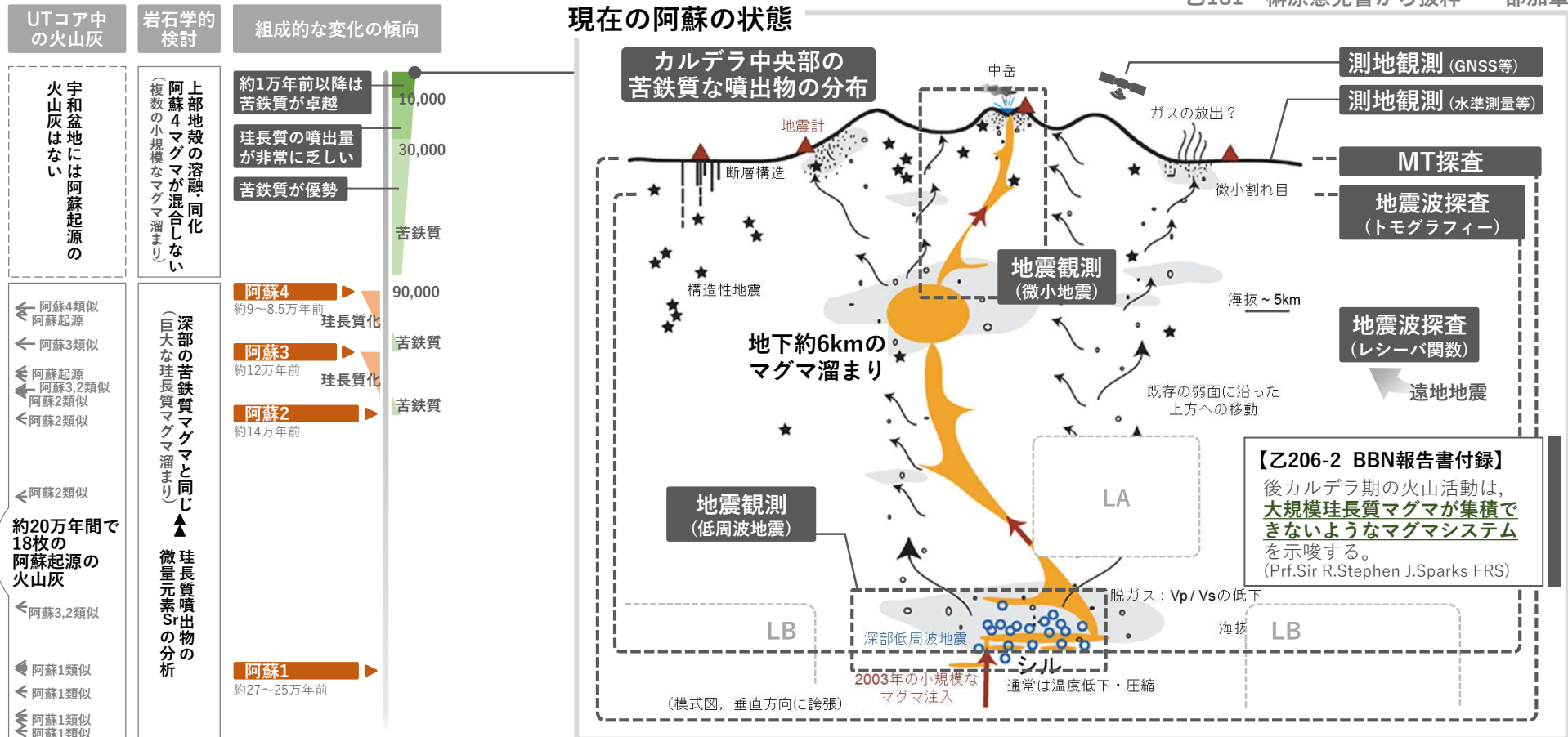
2-3 火山のまとめ

おわりに

阿蘇の評価(2/3)

争点整理表 第4の1(10)~(12)

- 阿蘇における多様な調査に基づけば、**阿蘇4噴火を契機にマグマシステムが大きく変化しており、現在の阿蘇に大規模な珪長質マグマ溜まりはない。**
- 様々な知見が、伊方発電所の運用期間中における阿蘇の**巨大噴火の可能性は十分に小さい**ことを支持する。



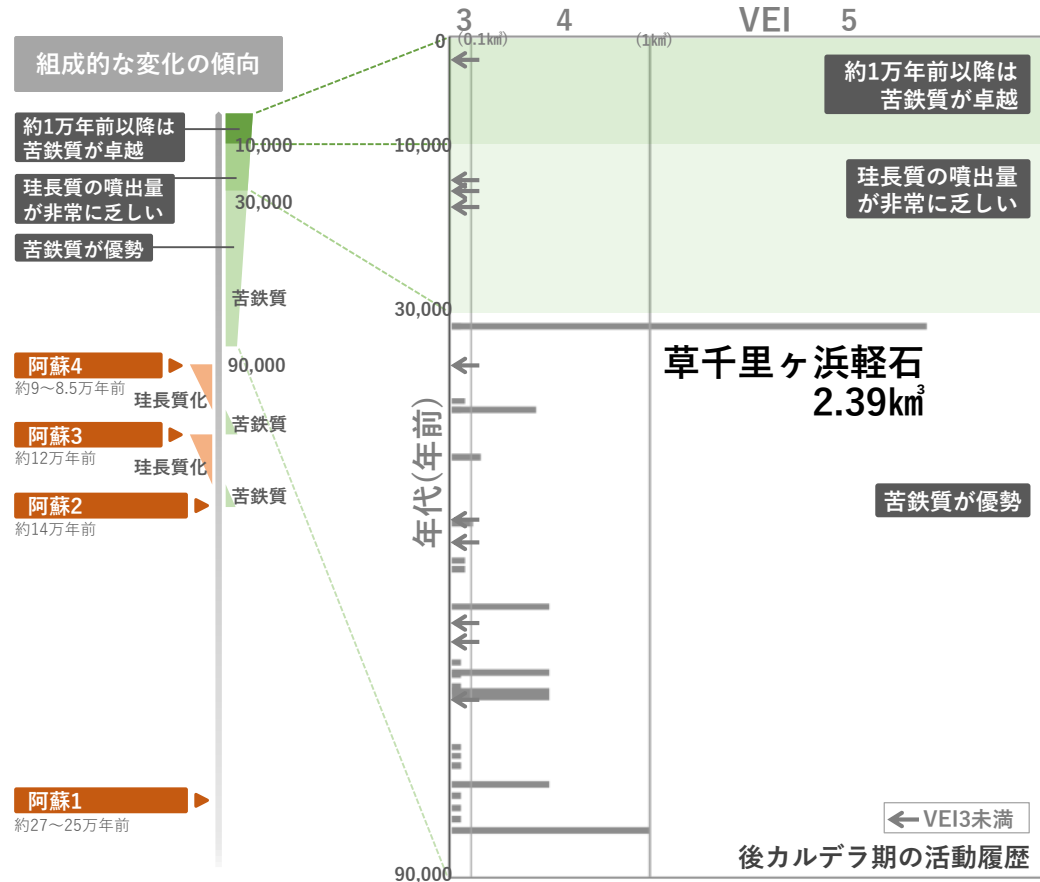
- はじめに
- 1 地震
- 1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性
- 1-2 地震動評価の骨子
(1) 調査で地域特性を知る
ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り
- イ 伝播特性
・分析・評価
・振り返り
- ウ 増幅特性
・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り
- エ 小括
- (2) 不確かさを考慮した評価
ア 評価手法
イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果
- 1-3 地震のまとめ
- 2 火山
- 2-1 火山の基礎知識
- 2-2 火山評価の骨子
(1) 立地評価
(2) 影響評価
- 2-3 火山のまとめ
- おわりに

阿蘇の評価(3/3)

阿蘇で想定する噴火規模

争点整理表 第4の1(12)(13),第4の2(5)

- 運用期間中における**巨大噴火の可能性は十分に小さい**阿蘇では、最後の巨大噴火以降の最大規模の噴火(草千里ヶ浜軽石)を考慮する。
- 阿蘇4噴火を契機とした大きな変化があること**からも草千里ヶ浜軽石を想定することが支持される。



【乙184 隈元意見書から抜粋】

阿蘇4噴火より後の後カルデラ火山活動である最近の約9万年間において宇和盆地に降灰が認められないことは、阿蘇カルデラの形成期間(阿蘇1噴火から阿蘇4噴火の期間)における宇和盆地における降灰間隔である約1万年に1回からは大きく外れた値である。

この地学的解釈について、このような大きなばらつきに比される事象が出現したと考えるよりも、むしろ、**阿蘇4噴火以前と以降で噴火活動の特性に相当な変化があったものと解釈**する方が妥当である。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

- 地震と地震動
- 周期
- 応答スペクトル
- 地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

- ア 震源特性
 - 活断層調査
 - 音源の種類
 - 震源断層の把握
 - 地質境界としての中央構造線
 - 振り返り

イ 伝播特性

- 分析・評価
- 振り返り

ウ 増幅特性

- 地下構造調査の目的
- 敷地の地盤・速度構造
- 振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

(1) 立地評価

(2) **影響評価**

影響評価の骨子

争点整理表 第4の2(1)(2)

影響評価					
運用期間中の活動可能性を考慮すべき火山	鶴見岳 (85km)	由布岳 (89km)	九重山 (108km)	阿蘇 (130km)	阿武火山群 (130km)
降下火砕物 (160km内外)	敷地に最も影響の大きい九重山について評価し、降下火砕物厚さを保守的に15cmと設定				
火山性土石流、 火山泥流及び洪水 (~120km)	○ 敷地から80km以遠で、敷地と海を隔てた九州に位置していることから、四国への到達は考えられない。したがって、火山土石流による影響はない			調査対象外	
火山から発生する飛来物（噴石） (~10km)					
火山ガス (160km)	○ 敷地から80km以遠の遠方に位置するとともに、敷地は沿岸部で瀬戸内海に向かって突き出した小半島に位置し、火山ガスが滞留するような地形ではない。したがって、火山ガスによる影響はない				
大気現象	○ 敷地から80km以遠の遠方に位置していることから、空振による超過圧力等の影響は考えられない。したがって、大気現象による影響はない				
熱水系及び地下水の異常	○ 敷地は山口県から別府湾に至る火山フロントと十分な離隔がある。また、敷地における深部ボーリング調査によると、深度2,000mにおける地温は約73°C、地温勾配は2.8°C/100mと低く、敷地付近の地質に過去に顕著な熱水活動を被った痕跡も認められない。したがって、熱水系による影響はない				
津波及び静振	○				
火山性地震とこれに関連する事象	津波評価及び地震動評価において敷地への影響を確認済				

○：発電所に影響を及ぼす可能性はない ※ 姫島は発電所運用期間中に噴火しない、高平火山群は鶴見岳に包含されるとそれぞれ評価

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

- ・活断層調査
- ・音源の種類
- ・震源断層の把握
- ・地質境界としての中央構造線
- ・振り返り

イ 伝播特性

- ・分析・評価
- ・振り返り

ウ 増幅特性

- ・地下構造調査の目的
- ・敷地の地盤・速度構造
- ・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

- イ 不確かさの考慮
- ウ 基本震源モデル
- エ 不確かさ考慮モデル
- オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

降下火砕物の設計層厚

争点整理表 第4の2(3)

○被告は、降下火砕物について、文献調査・地質調査・火山灰シミュレーション(九重第一軽石)を踏まえ、設計層厚を**保守的に15cm**に設定した。

文献調査

草千里ヶ浜軽石の四国への降灰報告はない。
四国南西端の宿毛において九重第一軽石が報告されている。

地質調査

宇和盆地において草千里ヶ浜軽石の降灰は認められない。
九重第一軽石は四国南西部への降灰があるが、敷地付近における降下厚さはほぼ0cm。

火山灰シミュレーション(九重第一軽石)

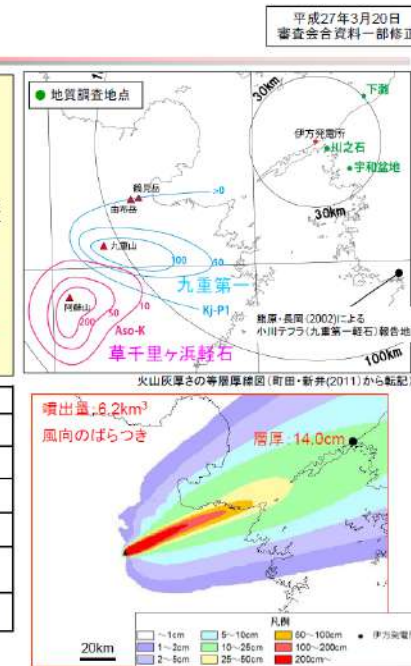
本来は風が安定して吹き難い本件発電所の方角に、降灰中、連続して吹き続けるという非常に保守的な条件設定に加え、噴出量として、保守的な6.2km³を提唱する長岡・奥野(2014)の知見を考慮し、堆積層厚14cmという結果を得た。

III. 影響評価

設計で考慮する降下火砕物の厚さ

- 地理的領域内の火山のうち九重山を給源とする九重第一軽石は東南東方向に細長い分布を示し、純層ではないものの四国南西端の宿毛市で火山灰の報告がある。
- 地質調査の結果、既存文献に示された通り、九重第一軽石の分布の長軸は四国南西端方向であり、敷地付近における降下厚さはほぼ0cmと評価される。また、九重第一軽石と同等の噴火が起こった時に、現在の気象条件を考慮して敷地にどのような降灰が想定されるかを降下火山灰シミュレーションによって検討した結果、ジェット気流がほぼ真西で安定する季節は敷地における降下厚さはほぼ0cmと評価される。
- ただし、同規模の噴火時に風向きによっては敷地において厚さ数cmの降下火山灰が想定され、さらに既存の知見よりも噴出量を大きく見積もると十数cmの降下火山灰が想定される。
- 原子力安全に対する信頼向上の観点から、既存の知見を上回る噴出量を考慮し、敷地において考慮すべき降下火砕物の厚さを保守的に15cmと評価する。

敷地からの距離	108km		
イベント名	九重第一軽石		
イベント年代	50ka		
地質調査に基づく敷地付近の火山灰厚さ	ほぼ0cm		
噴出量	2.03km ³	6.2km ³	
降下火山灰シミュレーションによる火山灰層厚	月別平均値の風	平均0.5cm (最大2.2cm)	平均1.5cm (最大6.9cm)
	不確かさの考慮	最大4.5cm	最大14.0cm



原子力規制委員会審査会合資料(平成27年4月3日)から抜粋

はじめに

1 地震

- 1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

- (1) 調査で地域特性を知る
ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り

- イ 伝播特性
・分析・評価
・振り返り

- ウ 増幅特性
・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

- ア 評価手法
イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

- 2-1 火山の基礎知識
2-2 火山評価の骨子
(1) 立地評価
(2) 影響評価
2-3 火山のまとめ

おわりに

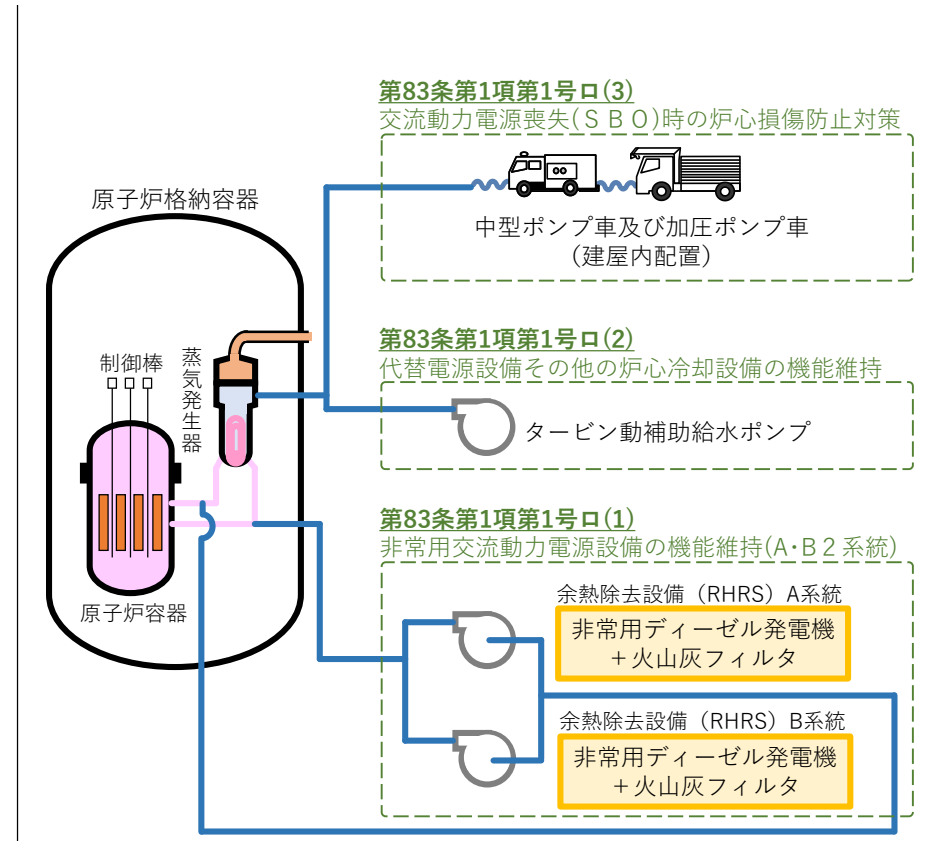
降下火砕物に対する安全確保対策

争点整理表 第4の2(4)(5)(7)

降下火砕物に対する安全確保対策

- 伊方発電所3号機は、降下火砕物の設計層厚15cmに対して、荷重による影響等を考慮した上で、安全機能が損なわれない設計としている。
- 非常用ディーゼル発電機については、火山ガイドを踏まえて保守的に設定した気中降下火砕物濃度を考慮しても故障等に至ることのないよう、火山灰フィルタの設置などで降下火砕物の侵入対策等を講じ、2系統を同時に機能維持できる。
- また、タービン動補助給水ポンプや建屋内に配置した可搬型ポンプなどの非常用ディーゼル発電機を使用しない炉心冷却手段を複数確保している。
- したがって、万が一、非常用ディーゼル発電機が降下火砕物の影響によって機能を喪失したとしても、長期間にわたって原子炉の冷却を継続し、伊方発電所3号機の安全を確保することができる。
- これらの降下火砕物に対する安全確保対策は、原子力規制委員会の厳格な審査を経て、新規制基準に適合していることが確認されている。

降下火砕物に対する安全確保対策のうち、「**实用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則**」(实用炉規則)の「**第83条第1項第1号ロ 火山現象による影響**」に対する対策の概要図



はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

降下火砕物に対する安全裕度

争点整理表 第4の2(6)

降下火砕物に対する安全裕度

○伊方発電所3号機の設計において考慮する降下火砕物の設計層厚15cmは、十分に保守性をもって設定した上で、荷重による影響、降下火砕物の大気中濃度に係る影響等、様々な影響を考慮しても伊方発電所3号機の安全性が損なわれないよう安全確保対策を講じている。

○そして、宇和盆地(愛媛県)のボーリング調査で取得した火山灰データ(UTコア)を活用した確率論的評価を行い、伊方発電所の敷地において**堆積層厚15cmの降灰は極めて低頻度の事象**であり、その低頻度の事象に対して安全確保対策を講じていること、すなわち、**安全確保対策が堆積層厚15cmに対して十分な安全裕度を有している**ことを確認している。

○また、UTコア中に挟在される火山灰のうち、**最大層厚は約40cm**である。火山灰層厚の確率論的評価の結果、約40cmの層厚を超える年超過確率は、 **2.8×10^{-6}** とさらに**極低頻度**。

○さらには、降下火砕物に対する**安全裕度評価**を行い、実現象よりも厳しい条件設定のもとでも、**少なくとも70cmの降下火砕物の堆積厚さに対して伊方発電所3号機の原子炉の冷却が可能**であること、すなわち、降下火砕物の設計上の堆積層厚15cmのみならず、阿蘇4噴火等の巨大噴火も含めた**既往最大の層厚約40cmに対して十分な安全裕度を有している**ことを確認している(乙319「安全性評価報告書(火山)」)。

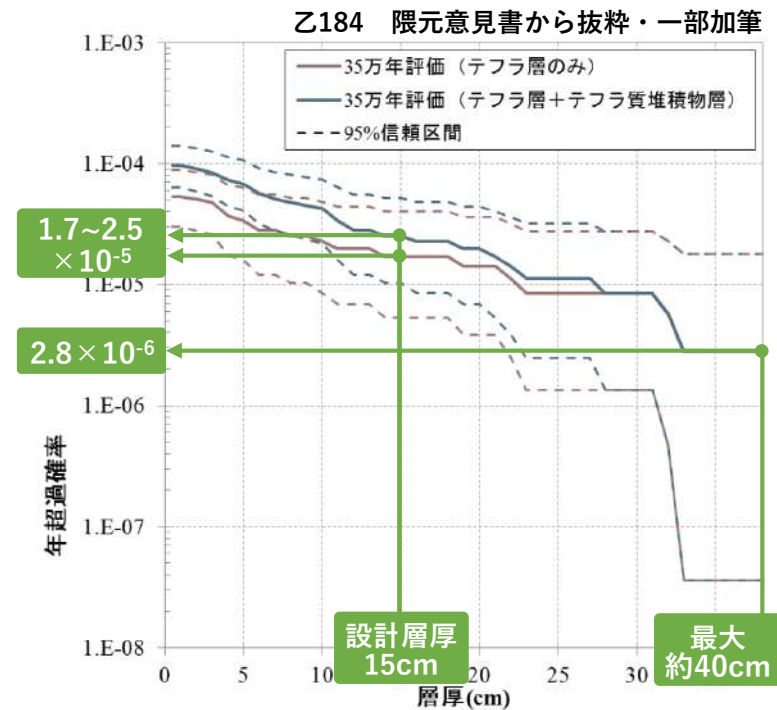


図4 35万年評価の確率論的評価結果 95%信頼区間

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識
地震と地震動
周期
応答スペクトル
地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性
・活断層調査
・音源の種類
・震源断層の把握
・地質境界としての中央構造線
・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価
・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的
・敷地の地盤・速度構造
・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法
イ 不確かさの考慮
ウ 基本震源モデル
エ 不確かさ考慮モデル
オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識


2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに

A green geometric graphic consisting of overlapping triangles and quadrilaterals, located in the top-left corner of the page.

火山のまとめ

2-3

火山のまとめ

○以上、ご説明してきたとおり、被告は、伊方発電所の運用期間中に設計対応が不可能な火山事象が伊方発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価している。また、降下火砕物等の火山事象について、伊方発電所に及ぼす影響を適切に評価し、火山事象によって伊方発電所3号機の安全性が損なわれないよう安全確保対策を実施している。

○被告は、火山事象をはじめとする自然現象には不確かさが存在することを認識した上で、原子力発電に求められる安全性や現在の火山学の知見を勘案し、様々な調査結果や専門家の意見を総合的に考慮して評価を行っています。

○被告の火山事象評価は妥当なものであり、伊方発電所3号機の運転によって原告らの人格権を侵害する具体的危険、すなわち伊方発電所3号機において放射性物質を環境に大量に放出する事態が発生し、その放射性物質によって原告らの生命・身体が侵害される具体的危険はない。

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識


2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに



おわりに

おわりに

- 福島第一原子力発電所の事故後、被告は、改めて地震や津波、火山事象をはじめとする自然現象に真摯に向き合い、また、科学に不確実性が伴うことは避けられないことを踏まえた上で、最新の科学的知見に照らして、より安全側の評価を重ね、伊方発電所の安全性が損なわれないよう対策の強化を図った。
- 伊方発電所3号機は、約3年間、700回近くに及ぶ審査会合やヒアリングを経て、原子力規制委員会による新規制基準の適合性確認を受け、2016年に運転を再開した。そして、被告は、運転再開後も最新の科学的知見を更新しつつ、伊方発電所3号機の安全性・信頼性の向上を図っている。
- 最後に、伊方発電所3号機が運転を再開した当時の被告の社長コメントの一部を紹介し、本日のプレゼンテーションを終わる。

当社といたしましては、「福島第一原子力発電所のような事故は決して起こさない」との強い決意の下、今後とも、安全対策に終わりはないことを肝に銘じ、伊方発電所3号機の安全・安定運転に向け、不断の努力を重ねてまいります。

四国電力株式会社 取締役社長 佐伯勇人

はじめに

1 地震

1-1 地震動の基礎知識

地震と地震動

周期

応答スペクトル

地域特性

1-2 地震動評価の骨子

(1) 調査で地域特性を知る

ア 震源特性

・活断層調査

・音源の種類

・震源断層の把握

・地質境界としての中央構造線

・振り返り

イ 伝播特性

・分析・評価

・振り返り

ウ 増幅特性

・地下構造調査の目的

・敷地の地盤・速度構造

・振り返り

エ 小括

(2) 不確かさを考慮した評価

ア 評価手法

イ 不確かさの考慮

ウ 基本震源モデル

エ 不確かさ考慮モデル

オ Ss策定結果

1-3 地震のまとめ

2 火山

2-1 火山の基礎知識

2-2 火山評価の骨子

(1) 立地評価

(2) 影響評価

2-3 火山のまとめ

おわりに