

## 研究計画（案）説明資料



# 震源近傍の地震ハザード評価手法の高度化に関する研究 事前評価 説明資料

令和元年10月

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

地震・津波研究部門

# 目次

1. 背景
2. 目的
3. 研究の概要
4. 研究計画（行程表）

# 1. 背景

規制基準では、基準地震動策定を行うに当たって、震源を特定して及び震源を特定せず策定する2種類の地震動に対して、各種の不確かさを考慮して適切に評価することを求めている。これまでに、近年国内で起きた内陸地殻内地震（以下「内陸型地震」という。）に係る地震動解析及び震源を特定せず策定する地震動の標準応答スペクトルの検討、並びに海外で起きたプレート間地震及び海洋プレート内地震（以下「海溝型地震」という。）に係る調査・解析を行い、地震動及び震源断層パラメータの不確かさや震源断層パラメータの既往の経験式との整合性等に関する知見が蓄積された。

事業者に求めた安全性向上評価においては、確率論的リスク評価手法の活用が見込まれており、このリスク評価のために、確率論的地震ハザード評価における不確かさを適切に評価し同評価手法の信頼性向上を行うことが重要である。これまでに、断層モデル法を用いた確率論的地震ハザード評価の試解析を行い、確率論的地震ハザードの不確かさの取り扱いに関する知見を得た。

地震ハザード評価の観点からは、地震動に加え、地震による地盤の変位（ずれ）の評価も重要である。規制基準では、耐震重要施設を変位が生ずるおそれがない地盤に設けることを要求している。また、同基準では、地盤に変位を与える要因として、「震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む」としており、これまでに、国内外の断層変位データを収集・分析し、断層変位に係る知見を得てきた。

## 2. 目的

関連評価ガイドの策定及び安全性に係る評価の高度化に資するため、また、将来の規制活動への反映に向けた科学的・技術的知見を蓄積するため以下の地震ハザード評価に係る研究を行う。

### (1) 断層モデル法の精度向上に係る検討

熊本地震の知見を踏まえ、断層浅部破壊を考慮した特性化震源モデルの設定手法を検討するとともに、検証解析やパラメータ分析を行い、特性化震源モデルの不確かさに係る知見を蓄積することにより、断層モデル法の精度向上を図る。

### (2) 震源を特定せず策定する地震動の検討

震源を特定せず策定する地震動に関して新たな観測記録による追加解析や知見の蓄積に基づく分析・検討を行い、地震動評価の精度向上を図る。

### (3) 確率論的地震ハザード評価に係る不確かさの検討

活断層による地震の規模と発生頻度及び地震動不確かさの取扱い方法を検討し、確率論的地震ハザード評価手法の高度化を図る。

### (4) 断層変位評価に係る知見の蓄積

断層変位として特に識別可能な副断層に着目し、室内模擬実験及び数値解析を実施するとともに、断層変位の観測データの分析や断層変位評価のためのモデル化を行うことにより、断層変位評価における不確かさの低減を図る。

## 3. 研究の概要

- (1) 断層モデル法の精度向上に係る検討
- (2) 震源を特定せず策定する地震動の検討
- (3) 確率論的地震ハザード評価に係る不確かさの検討
- (4) 断層変位評価に係る知見の蓄積

# (1) 断層モデル法の精度向上に係る検討

## 【令和元年度までの主要成果】

- 内陸型地震に関して、熊本地震を含め国内地震を対象に地震動解析を行い、震源断層パラメータの既往の経験式との整合性や震源断層パラメータの不確かさ等に関する知見を蓄積した(図1-1)。
- 海溝型地震に関して、主に海外の地震を対象に調査解析を行い、震源断層パラメータの経験式の妥当性に関する知見を蓄積した(図1-2)。
- これまでの調査・解析の結果、震源断層パラメータは既往経験式とほぼ整合していることが分かった。

## 【課題】

- 学協会の動向や熊本地震の知見を踏まえ、内陸型地震における浅部断層破壊のモデル化に関する知見を蓄積する必要がある。また、海溝型地震については震源特性に関するデータが乏しいことから、強震動再現解析等の検討事例を増やし、強震動生成域の位置や面積等特性化震源モデルに係る知見を蓄積する必要がある。

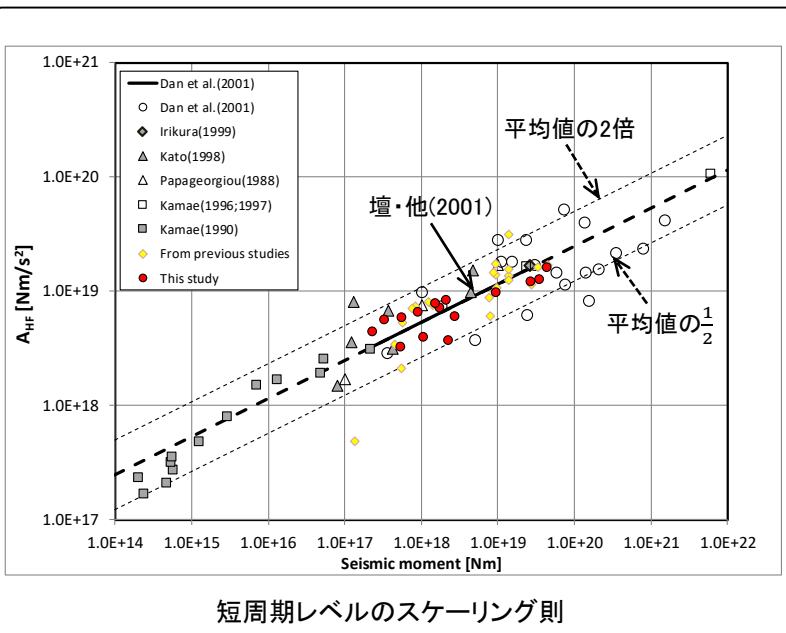


図1-1 内陸型地震の特性化震源モデルに係る知見の蓄積

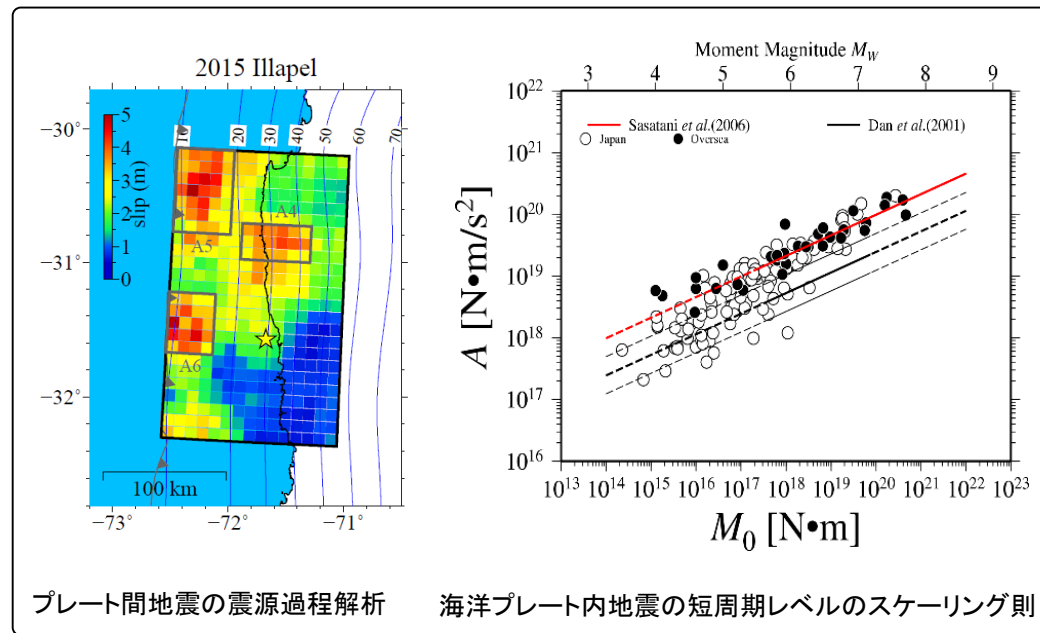


図1-2 海溝型地震の特性化震源モデルに係る知見の蓄積



【令和2年度以降の研究内容】

- a. 内陸型地震の特性化震源モデルに係る知見の蓄積
- 平成28年熊本地震の知見を踏まえて、国内外の内陸型地震における地震動の検証解析を行い、地震発生層以浅の断層破壊を考慮した特性化震源モデルの構築について検討する(図1-3)。
  - 国内外の内陸型地震における地震動の検証解析や断層パラメータ相関性の分析を行い、特性化震源モデルにおける経験式の検証及びそれらの不確かさの取り扱いの精緻化について検討する。
- b. 海溝型地震の特性化震源モデルに係る知見の蓄積
- 国内外で発生した海溝型地震を対象に、震源及び地震動特性に関する解析及び分析を行い、地域性を考慮した特性化震源モデルの設定について検討する。

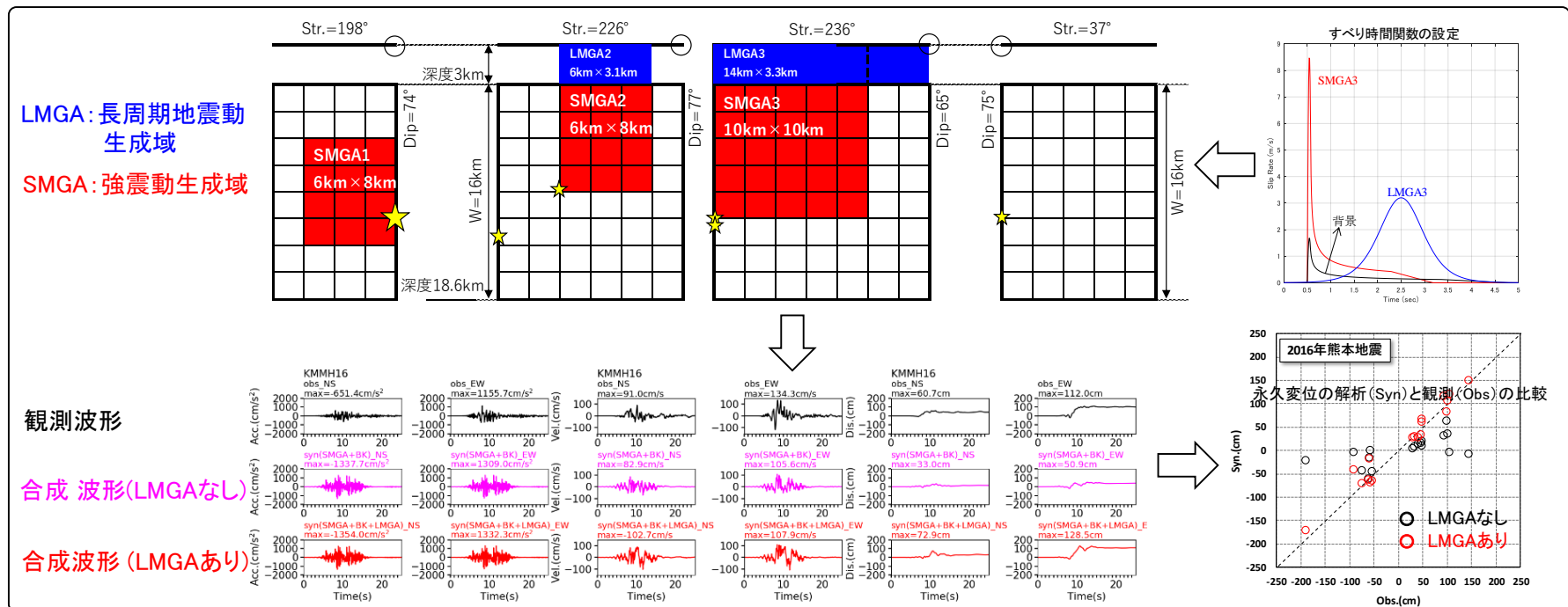


図1-3 浅部断層破壊を考慮した特性化震源モデルの構築に関する検討

## (2) 震源を特定せず策定する地震動の検討

### 【令和元年度までの主要成果】

- 「震源を特定せず策定する地震動」のうち「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」（Mw6.5程度未満の地震）について、下記検討を行い、「標準応答スペクトル」を策定した(図2-1)。
  - 過去の内陸地殻内地震（Mw5.0～6.5程度）の地震動観測記録の収集・分析
  - 震源近傍での地震基盤相当面における多数の地震動記録について統計的な処理
- 「標準応答スペクトル」は、基準地震動として新たに規制に反映されることになった（原子力規制委員会：令和元年8月）。

### 【課題】

- 新たな観測記録の収集・分析による標準応答スペクトルへの影響確認等、「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」で議論された中・長期的課題を継続的に検討する必要がある。

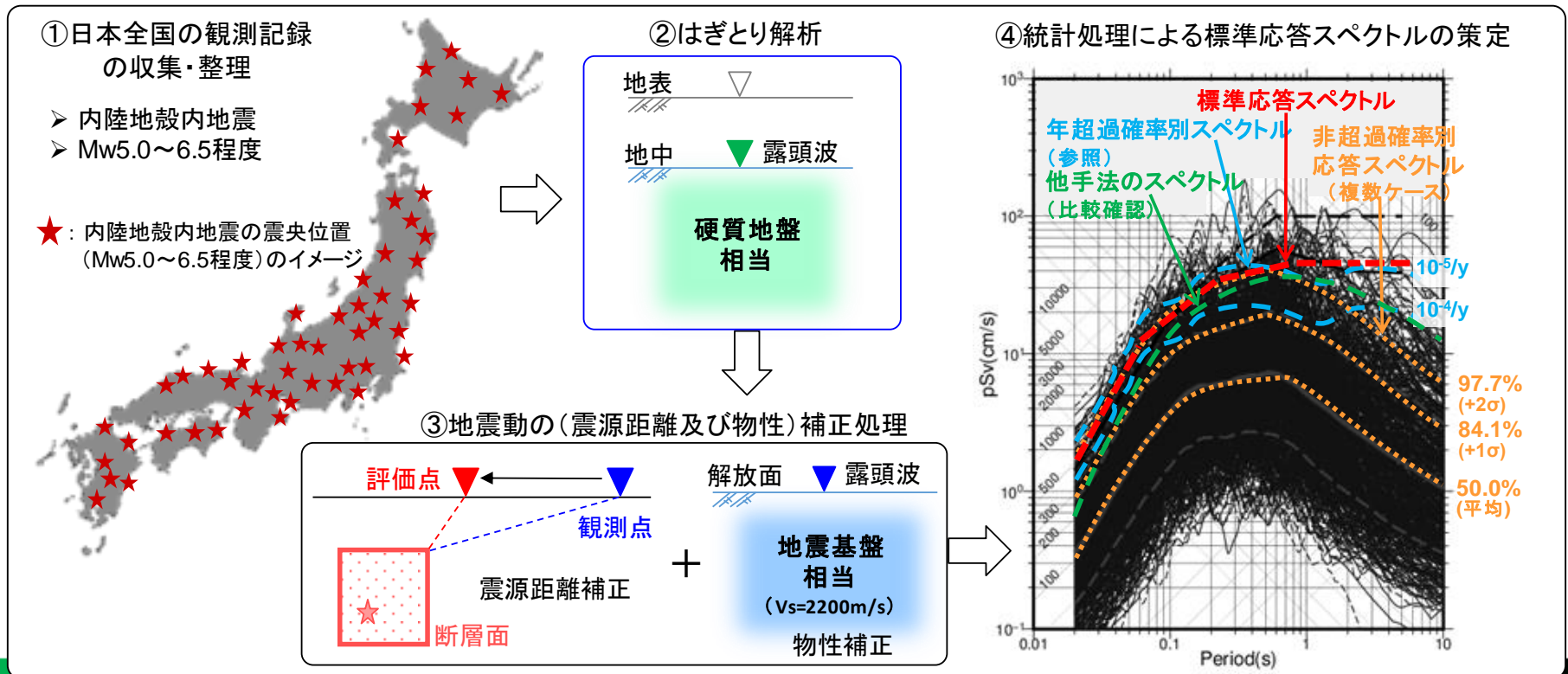
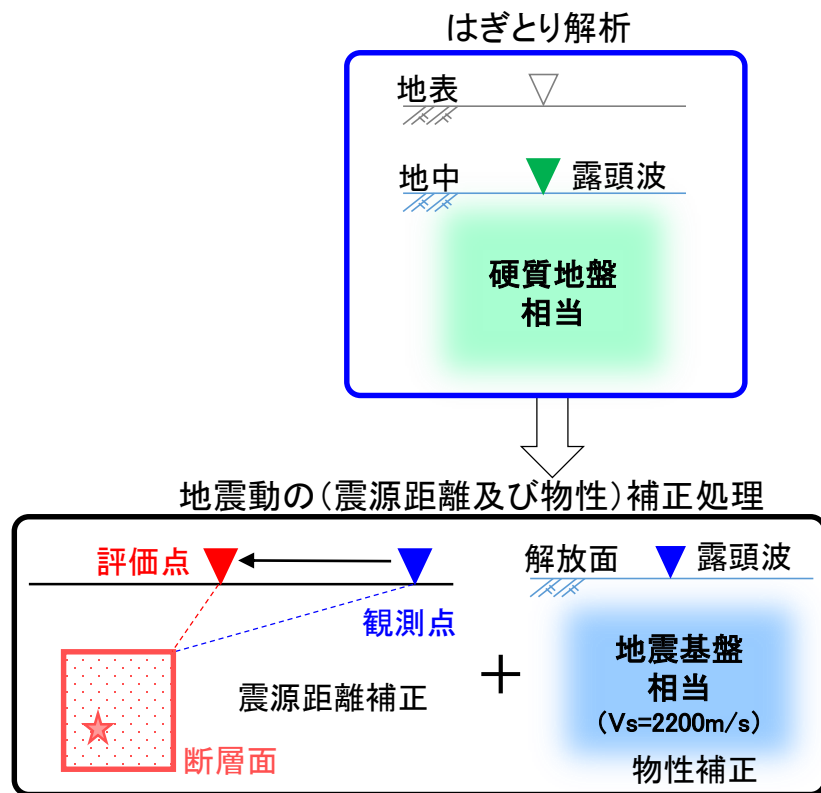


図2-1 全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」の標準応答スペクトル策定

## (2) 震源を特定せず策定する地震動の検討

### 【令和2年度以降の研究内容】

- 下記の検討を行い、標準応答スペクトルの妥当性を確認するとともに、地震動評価手法の高度化について検討し、震源を特定せず策定する地震動の精度向上を図る。
  - 「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」で対象とした期間よりも後に起きた地震の地震動記録の（定期的な）収集・分析
  - 硬質地盤面上の地震動（露頭波）算出、地震動の補正処理等に関する最新知見の調査・反映



硬質地盤面上の地震動（露頭波）算出  
（はぎとり解析）手法の高度化

地震動の補正処理手法の高度化

図2-2 最新知見を反映した評価手法の高度化

【令和元年度までの主要成果】

- 確率論的地震ハザード評価手法（以下「PSHA」という。）について、活断層の連動性や特性化震源モデルの不確かさの設定について検討し、同評価手法の信頼性向上を図った。
  - 複数セグメントを有する活断層の連動性について、認識論的不確かさの観点から解析を行い、地震ハザードを適切に評価するための破壊シナリオ等の取り扱いに関する知見を得た(図3-1)。
  - 断層モデル法を用いたPSHAを試行し、震源断層パラメータの不確かさの取り扱いに関する知見を得た。

【課題】

- PSHAにおける各種の不確かさは、認識論的と偶然的な不確かさとして取扱われているが、国際的な動向を踏まえ、地震発生モデルや地震動評価におけるより合理的な不確かさの取り扱い方法について検討し、PSHAの高度化を図る必要がある。

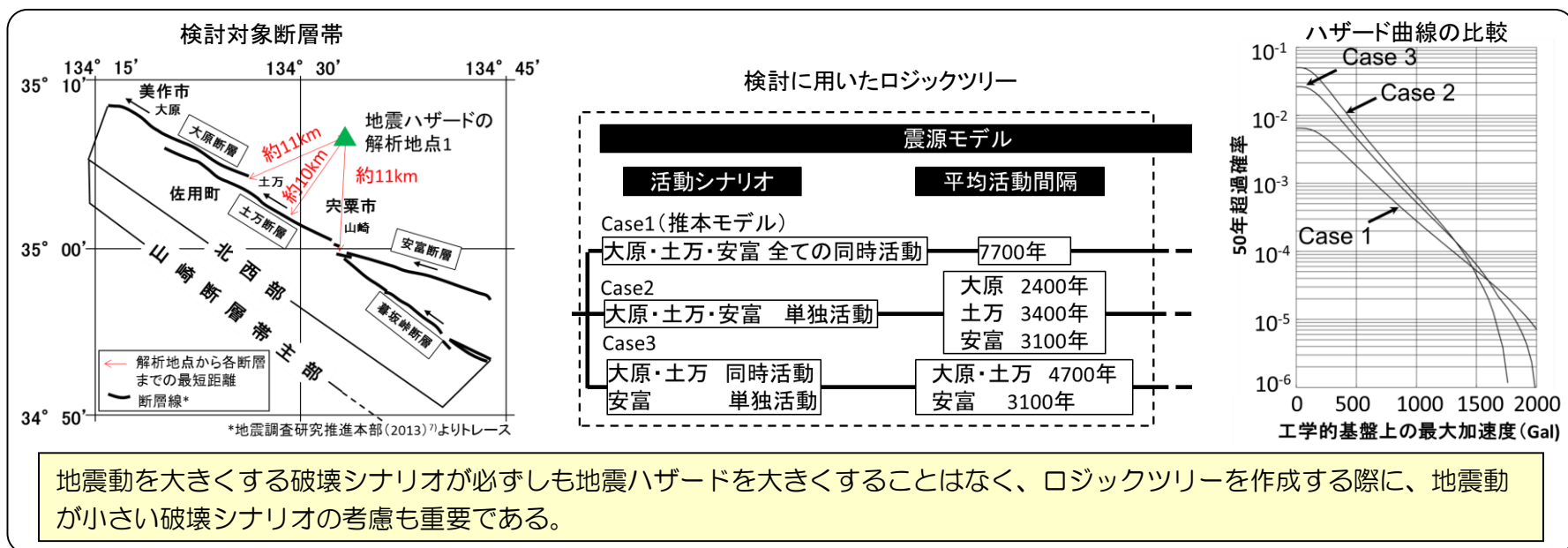


図3-1 複数セグメントを有する活断層の連動性の検討

【令和2年度以降の研究内容】

- a. 地震規模等の不確かさを考慮した確率論的地震ハザード評価手法の検討（図3-2）
  - 日本の活断層を対象に海外の手法等を適用し、固有地震の地震規模及び発生頻度の不確かさについて検討する。
  - 地震規模等の不確かさを考慮したPSHAを実施し、地震調査研究推進本部の結果等と比較してハザード曲線に与える影響度を確認するとともに、日本の活断層で適用する際の条件及び課題を整理する。
- b. 確率論的地震ハザード評価における地震動の不確かさの検討
  - 内陸型地震を対象に震源近傍に着目し、各種要因（震源・経路・サイト特性）による地震動の不確かさの分類や分離等について検討を行う。
  - 単一評価地点における地震動の不確かさ等を考慮したPSHAを行う。

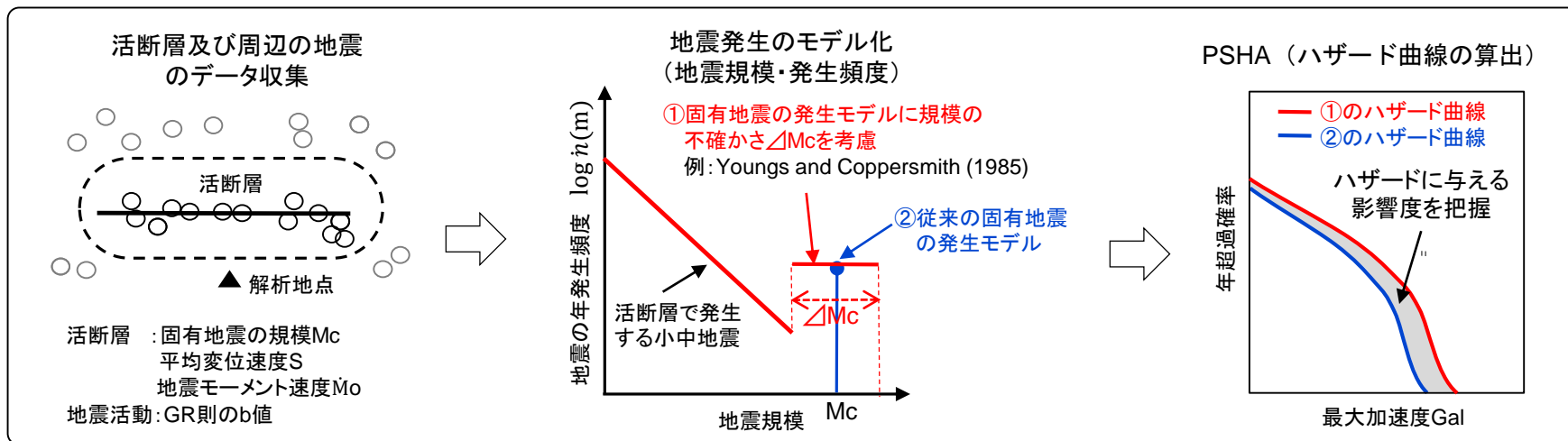


図3-2 地震規模等の不確かさを考慮したPSHAの検討



## (4) 断層変位評価に係る知見の蓄積

### 【令和元年度までの主要成果】

- 熊本地震など断層変位に関する観測記録が多い地震を中心に国内外の観測データの収集を行った。
- 得られた観測データを基に、確率論的な断層変位評価式を提案し、断層変位の年超過確率の試算を行い断層変位評価に関する知見を蓄積した（図4-1）。
- また、断層変位に関する基礎的な数値解析手法を検討した。

### 【課題】

- 断層変位の評価式の構築に用いた断層変位データのばらつきが大きく、また、データ数が限られている。引き続き、国内外のデータを収集・分析するとともに、室内実験や数値解析を活用し断層変位データを拡張する必要がある。

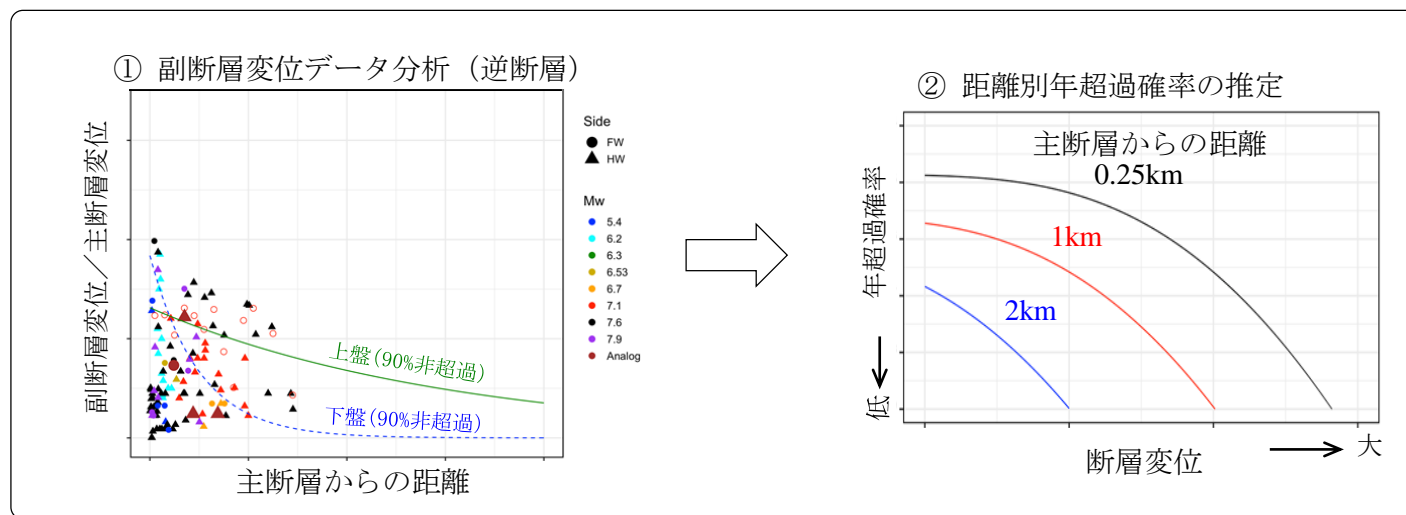


図4-1 副断層変位の評価手法の検討

## (4) 断層変位評価に係る知見の蓄積

### 【令和2年度以降の研究内容】

- 主断層による地震活動に伴って地盤に生じる副断層に着目し、断層変位評価における不確かさの低減を図ることを目的に以下の検討を行う。
  - 室内模擬実験及び数値解析により断層変位データを取得するとともに、断層変位の生成状況に関して分析する（図4-2）。
  - 断層変位の観測データの整理、分析及びモデル化を行い、断層変位評価における不確かさについて検討する。

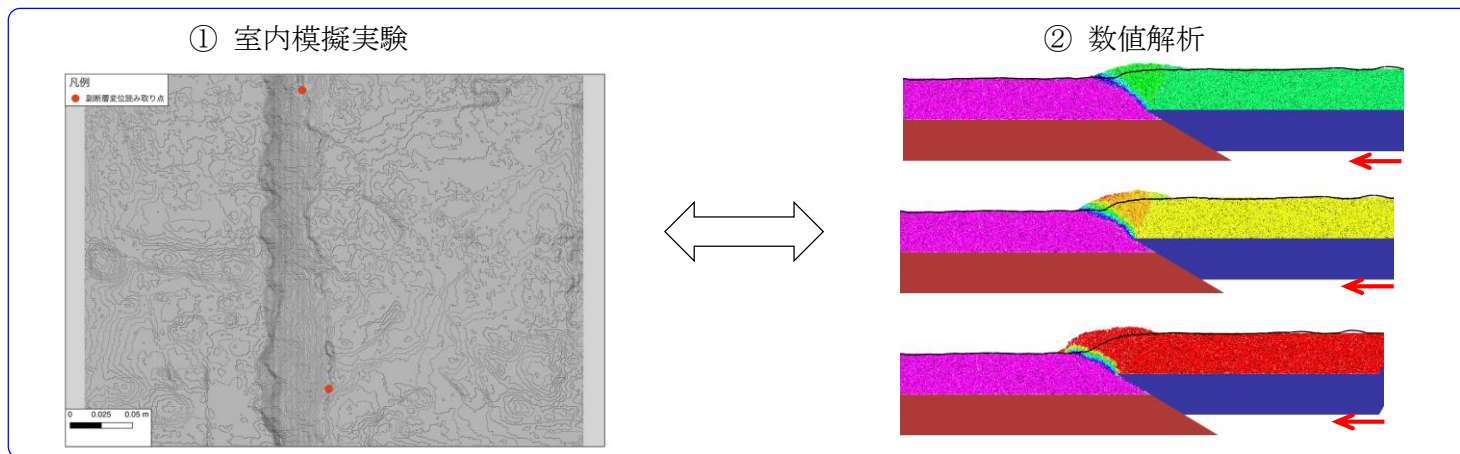


図4-2 室内模擬実験及び数値解析を用いた断層変位評価に係る知見の蓄積

## 4. 研究計画(行程表)

項目	R 2 年度	R 3 年度	R 4 年度	R 5 年度
(1)a. 内陸型地震の特性化震源モデルに係る知見の蓄積	浅部断層破壊の考慮 ← パラメータ相関性分析 ←	浅部断層破壊の考慮 → パラメータ相関性の考慮	相関性を考慮した地震動解析	検証解析・手法まとめ NRA 技報作成 →
(1)b. 海溝型地震の特性化震源モデルに係る知見の蓄積	地域性調査・再現解析 ←	検証解析・距離減衰式との比較	不確かさの考慮 巨大地震への適用検討	検証解析・手法まとめ ▽論文投稿 →
(2) 震源を特定せず策定する地震動の検討	地震動追加解析 課題調査 ←	地震動追加解析・手法向上の調査解析	地震動追加解析 手法向上結果の分析	検証解析・手法まとめ ▽論文投稿 →
(3)a. 地震規模等の不確かさを考慮した確率論的地震ハザード評価手法の検討	地震規模と発生頻度の不確かさの調査 ←	PSHA 試解析 課題抽出	不確かさ評価の向上 PSHA 解析・影響度分析	適用条件・課題の整理・手法まとめ ▽論文投稿 →
(3)b. 確率論的地震ハザード評価における地震動の不確かさの検討	不確かさ評価手法の調査・試解析 ←	地点ごとの不確かさの評価・GMPE と比較	PSHA 解析、従来手法による結果と比較 ▽論文投稿	不確かさの取り扱いの整理・手法まとめ →
(4) 断層変位評価に係る知見の蓄積	断層変位データ整理 ← 数値解析・実験調査 ←	断層変位のモデル化 → 模擬実験・数値解析	実験データ等の活用 → 模擬実験・数値解析	ハザード解析・まとめ ▽論文投稿 →

(注1) 有用な研究成果は、研究期間中においても適宜論文として公表する。



# 断層の活動性評価に関する研究 事前評価 説明資料

令和元年10月  
原子力規制庁長官官房技術基盤グループ  
地震・津波研究部門

# 目次

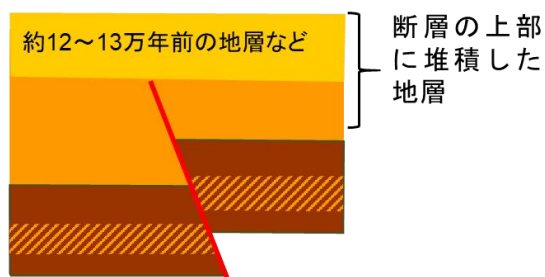
1. 背景
2. 目的
3. 研究の概要
4. 研究計画（行程表）

# 1. 背景

## (1) 断層の認定及び活動性の評価に関する課題

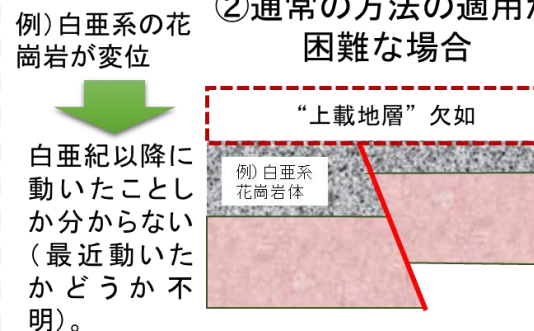
- 断層の活動年代は通常、断層の上部に堆積した地層の年代に基づき特定又は推定する（図1-①）。しかし、地域によっては、通常の方法の適用が難しい場合があり、断層本体の性状や物質（断層破碎物質）から活動性を判断することになる（図1-②）。過年度プロジェクトでは、断層と鉱物脈との接触関係を用いる手法に関する知見を蓄積した。また、断層破碎物質から直接年代を測定する手法に関する知見も蓄積した。
- 断層破碎物質を用いたより確度の高い断層活動性評価を行うためには、複数の手法による総合的な評価を行うことが求められるが具体例に乏しいという課題がある。
- 断層の認定にあたっては、陸上またはかつての海底地すべりの痕跡、岩盤の膨張、地震動による受動的な変位・変形等と、地震を生じさせる断層との識別という課題も残されている（図1-③）。

### ①通常の方法（“上載地層法”）



通常は主に断層の上部に堆積した地層の年代に基づき、断層の活動年代を特定あるいは推定する。  
（“上載地層法”）

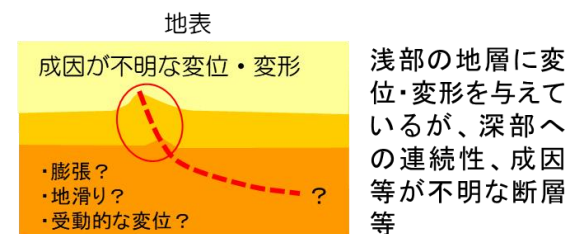
### ②通常の方法の適用が困難な場合



白亜紀以降に動いたことしか分からない（最近動いたかどうか不明）。

地域によっては①のような地層が欠如または極端に薄いなどの理由により、通常の方法の適用が難しい場合がある。この場合は断層本体の性状や物質から、活動性を判断することになる。  
（断層破碎物質を用いた手法）

### ③様々な成因の変位・変形



地震を生じさせる断層とその他の変位・変形の識別にあたり、地質構造の評価が難しい場合には、変位・変形を受けている岩盤、地層の性状から、総合的に判断することになる。

図1 本プロジェクトで扱う断層の識別及び活動性の評価に関する主要課題

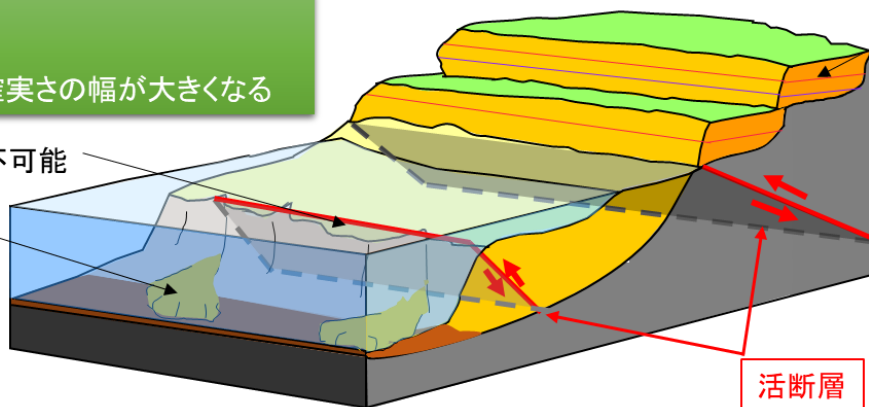
## (2) 地震の活動履歴評価に関する課題

- ▶ 地表に明瞭な痕跡を残す活断層のうち、陸域では基本的にトレンチ調査により活動性が評価されているが、海域では実施できない。そのため、確率論的地震ハザード評価の実施にあたっては統計的に推定された活動間隔が用いられることが多く、評価結果に与える不確かさの幅が大きくなることが課題である（図2-①）。過年度プロジェクトでは、海域・沿岸域の地震履歴調査手法に関する知見を収集したが、海底堆積物、離水地形面の年代評価に関する精度を向上させることが課題として残されている。
- ▶ 地表に明瞭な痕跡を残さない活断層については、広域的に変形した地形面及び地層の形成年代を火山灰を用いて推定し、それを基に活動性を評価する方法があるが、火山灰の年代誤差が活動性評価の結果に大きく影響することが課題である（図2-②）。過年度プロジェクトでは、東北日本の過去40万年間の火山灰年代に関する知見を収集したが、審査への知見の活用を踏まえ、同様の知見を西南日本にも拡充することが重要である。

### ① 海域の地震履歴評価における課題

- ・トレンチ調査が実施できない  
⇒活動間隔を統計的に推定  
⇒地震履歴の評価結果に与える不確かさの幅が大きくなる

トレンチ調査が不可能  
イベント堆積物



火山灰の年代が不明  
⇒地層や段丘面の年代が不明

### ② 広域変形をもたらす断層の活動性評価における課題

- ・広域的に変形した地形面及び地層の形成年代を火山灰を用いて推定  
⇒年代誤差が活動性評価の結果に大きく影響する

図2 本プロジェクトで扱う地震の活動履歴評価に関する主要課題

## 2. 目的

本プロジェクトでは、「活断層の認定及び変位・変形の成因の評価」及び「活断層の活動履歴の評価」について、その技術的根拠となる分析データを取得し、評価を行う過程で得られた具体的な留意点及び知見を蓄積する。

### (1) 活断層の認定及び変位・変形の成因の評価

#### a. 断層破碎物質の性状に基づく断層の活動性評価手法の検討

採取した断層破碎物質を用いて、活断層の認定に有用な断層の定性的（結晶構造解析等）及び定量的（年代測定）な活動性評価手法に関する知見を蓄積する。

#### b. 地震以外に起因する断層の成因評価手法の検討

地震を生じさせる断層と地震以外に起因した変位・変形に係る地質情報を整理し、活断層の認定に有用な断層の成因評価手法に関する知見を蓄積する。

### (2) 活断層の活動履歴の評価

#### a. 離水海岸地形の形成年代評価手法の検討

隆起した地形等の形成年代を分析し、活断層の活動履歴の評価に有用な知見を拡充する。

#### b. 海域の古地震履歴評価手法の検討

海域の震源域近傍において採取された海洋堆積物コアを用いてイベント堆積物を抽出し、活断層の活動履歴の評価に有用な知見を拡充する。

#### c. 中期更新世以降の火山灰年代評価手法の検討

西南日本近海の信頼性の高い「年代モデル」を陸域の地域的火山灰に付帯させ、海域・陸域の地域的火山灰を対比する手順に関する知見を蓄積する。

本プロジェクトの実施項目で得られた成果等は、「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」に関連する技術的知見としてまとめ、論文として公表していくとともに、審査への活用を検討する。



### 3. 研究の概要

#### (1) 活断層の認定及び変位・変形の成因の評価

##### a.断層破碎物質の性状に基づく断層の活動性評価手法の検討

【令和元年度までの主要成果】

- 断層破碎物質を用いた定量的な年代評価
  - 活動的な断層である野島断層においてESR、OSL及びTL法等\*を断層の活動年代の測定に適用した。
  - その結果、試料を採取した深度が深くなるほど断層活動による摩擦熱により年代がリセットされる傾向があることを明らかにした(図3)。

\*Electron Spin Resonance信号、Optically Stimulated Luminescence 信号及びThermoluminescence (いずれも、断層活動時以降に蓄積した原子レベルの傷の量を信号として検出すること)

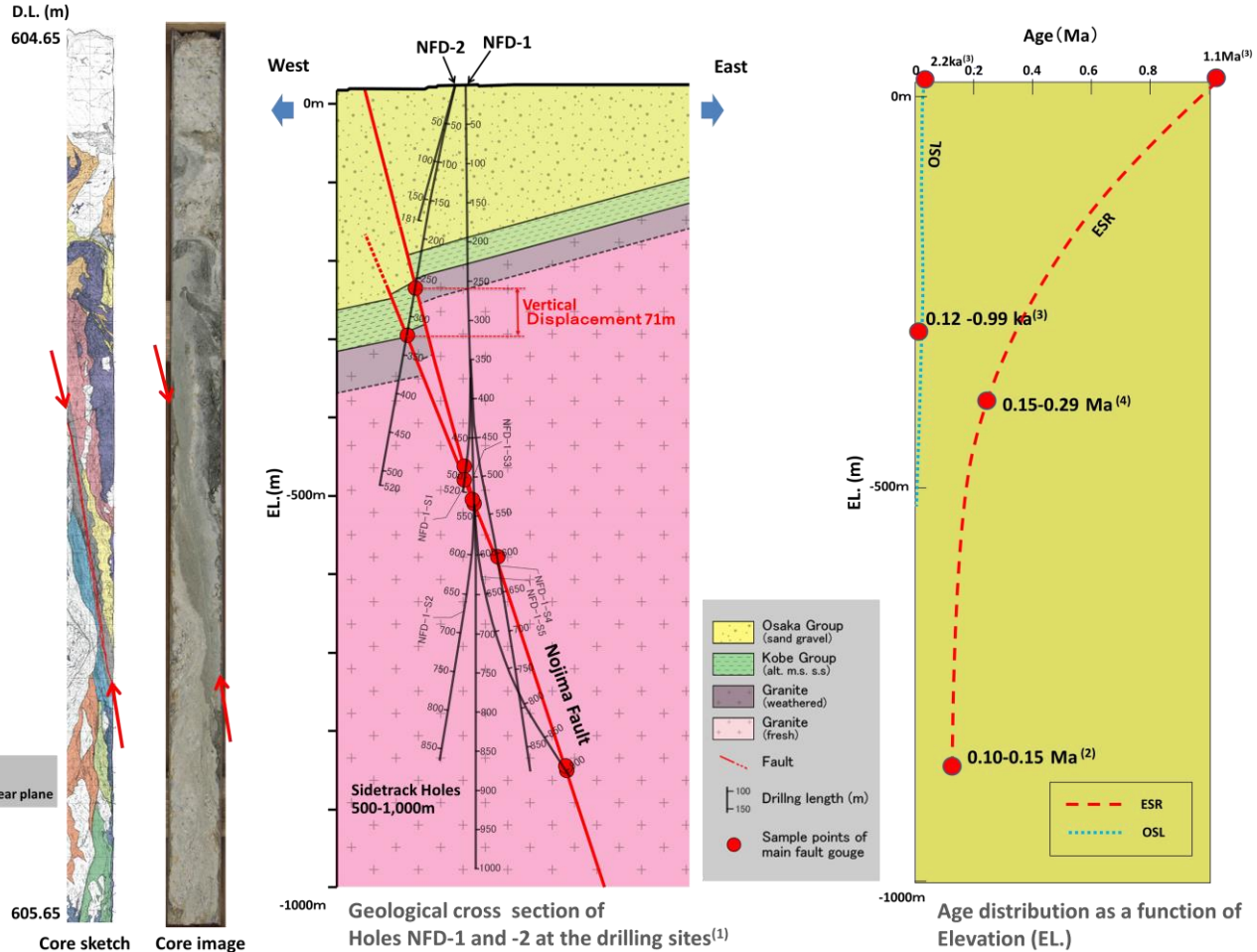


図3 Drilling cores of the Hole NFD-1-S4<sup>(1)</sup> 断層破碎物質の性状に基づく断層の活動性評価手法の検討に関するこれまでの主な成果<sup>(5)</sup>

## 【令和2年度以降の研究内容】

- 過年度プロジェクトでは、断層と鉱物脈との接触関係を用いる手法に関する知見を蓄積したが、断層破碎物質を用いたより確度の高い断層活動性評価を行うため、活断層及び長期間にわたり活動していない断層において物理探査、ボーリング調査等を実施し、鉱物脈法以外の複数の手法を適応した事例を拡充させるべく、引き続き断層破碎物質を採取する。
- 採取した試料について内部の粘土鉱物、炭酸塩鉱物等の結晶構造解析、粒子の破壊状況の観察、ビトゥリナイト反射率測定を実施する（定性的評価）。また、これまでに野島断層において蓄積した年代測定等の手法を、活動性の異なる断層に適用する（定量的評価）。
- 活断層及び長期間にわたり活動していない断層の断層破碎物質の特徴の違いを総合的に把握することにより、断層の活動性の評価に有用な知見を拡充する（図4）。

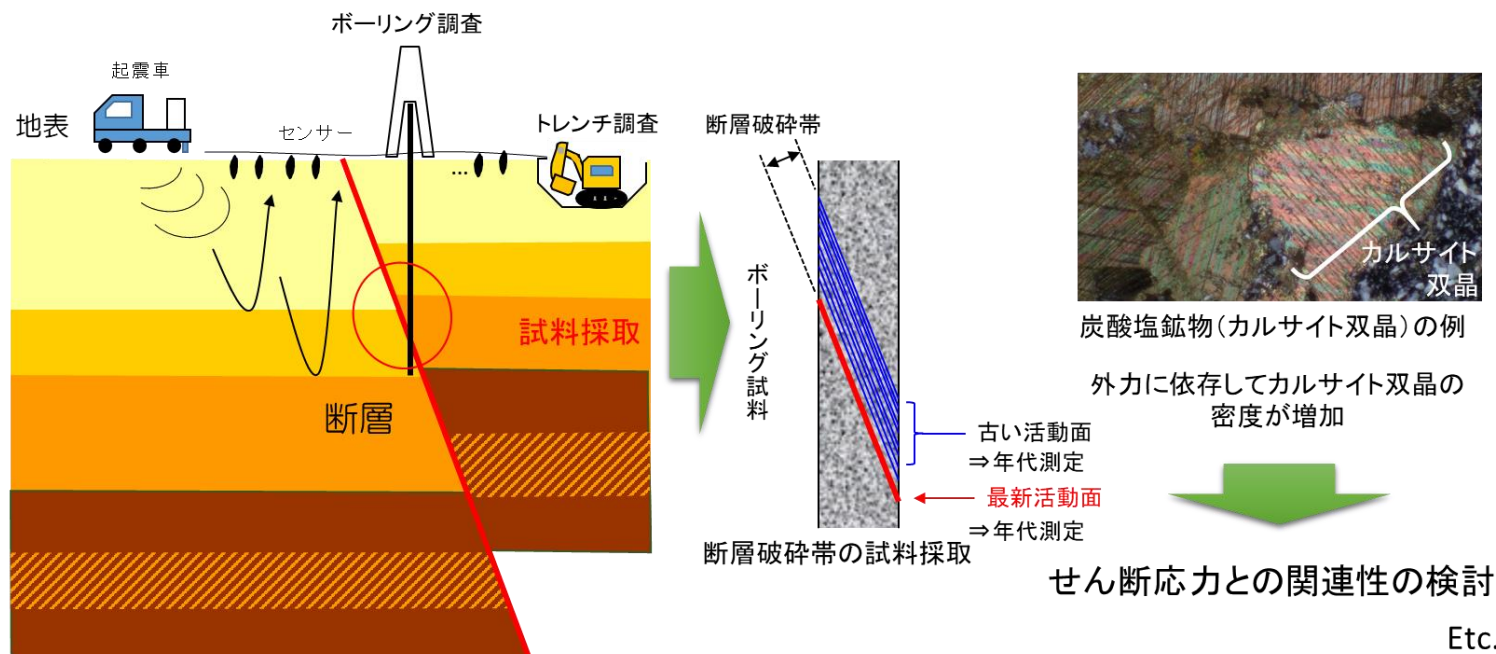


図4 断層破碎物質の性状に基づく断層の活動性評価手法の検討イメージ

Etc...

## b. 地震以外に起因する断層の成因評価手法の検討

【令和2年度以降の研究内容（新規テーマ）】

- 断層の認定にあたっては、陸上またはかつての海底地すべりの痕跡、岩盤の膨張、地震動による受動的な変位・変形等と、地震を生じさせる断層とを識別することが重要である。
  - 地震以外に起因した変位・変形について、文献調査等により関連する地質情報を整理する。その過程で調査のための候補地を選定し、地表踏査や物理探査等を実施する。
  - トレンチ調査等により試料を採取し、室内試験、室内化学分析、年代測定等によりそれらの試料の物理・化学的な性質及び活動性を把握する。
  - これらの情報に基づいて断層の成因評価に有用な知見を拡充する（図5）。

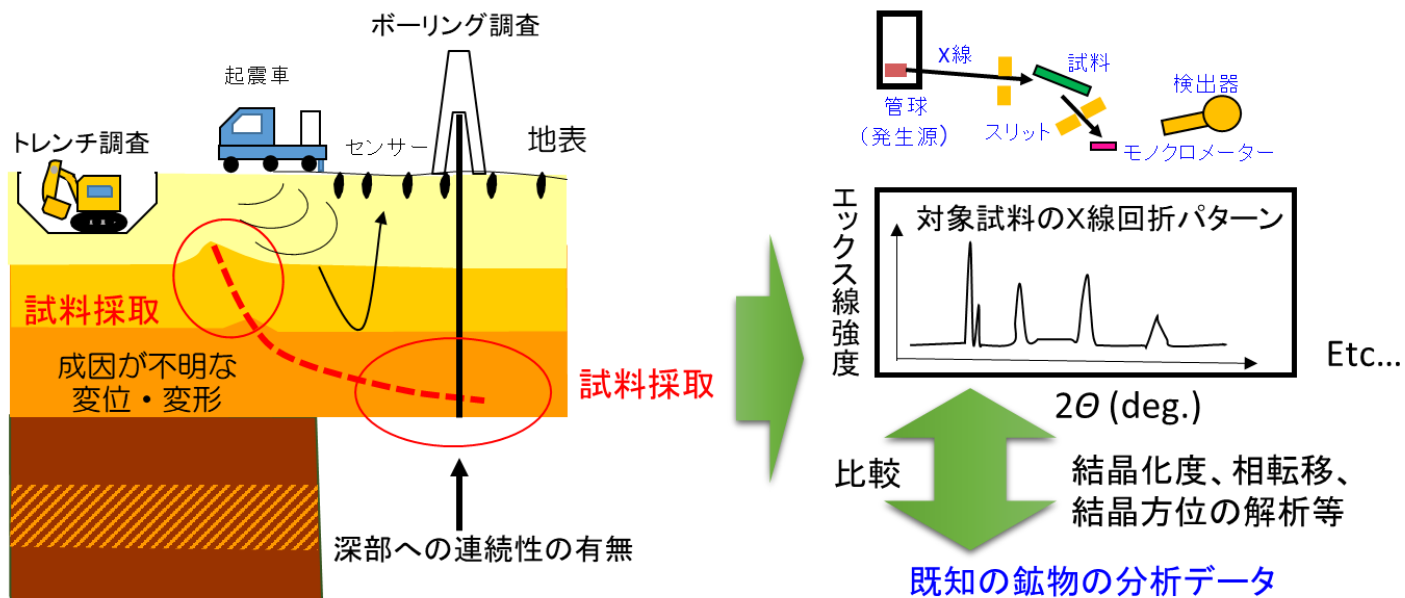


図5 地震以外に起因する断層の成因評価手法の検討イメージ



## (2) 活断層の活動履歴の評価

### a. 離水海岸地形の形成年代評価手法の検討

【令和元年度までの主要成果】

- 離水生物遺骸の<sup>14</sup>C年代による検討
  - 沿岸域における地震履歴の情報を得るため離水海岸地形の形成年代を調査した(図6)。
  - 離水生物遺骸群集による<sup>14</sup>C年代が適用できることに加え、年代測定の不確かさに関する知見として、酸処理濃度及び試料の対象の違いが年代測定結果に与える影響を明らかにした(図7)。

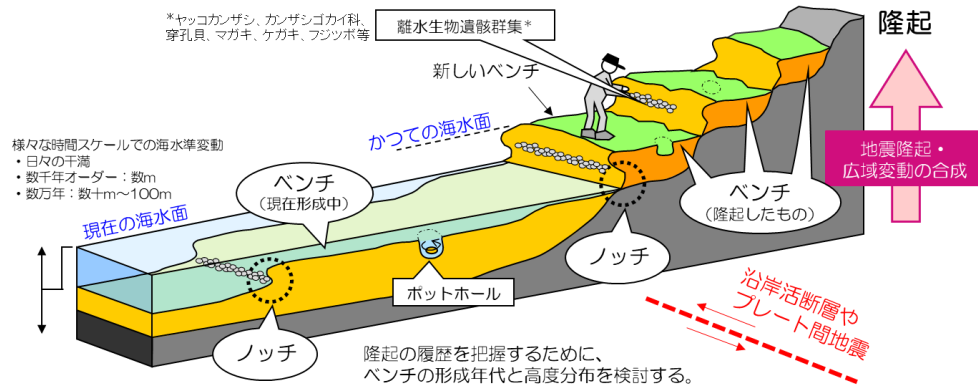
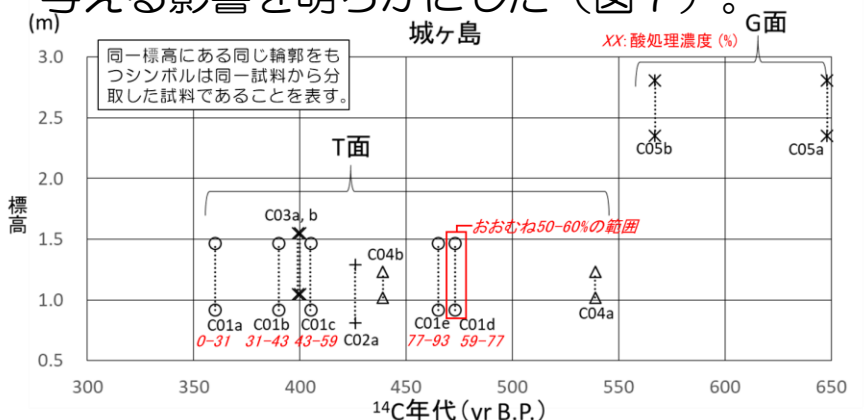


図6 離水海岸地形(隆起ベンチ等)の例

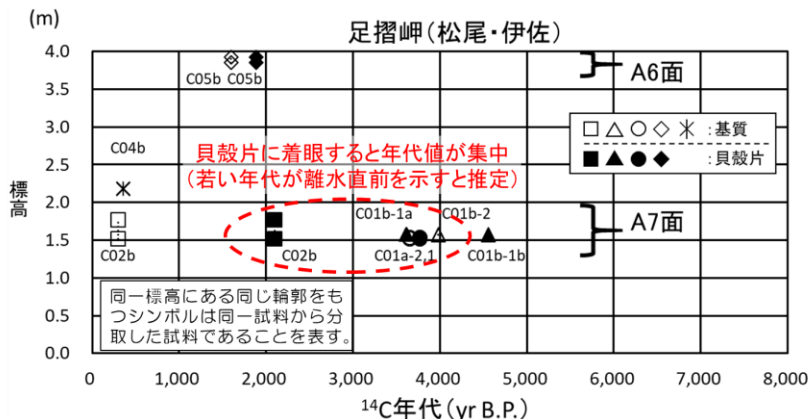


内田・佐津川(2018)<sup>(9)</sup>を一部編集

酸処理濃度による<sup>14</sup>C年代の不確かさの検討

T(大正地震)面  
:約360~540 yr B.P.  
G(元禄地震)面  
:約560~650 yr B.P.

400年程度の海洋リザーバ効果<sup>(7)</sup>、80年程度のローカルリザーバ効果<sup>(8)</sup>を考慮すると、実際の暦年代は、現在に近い年代値を示していると考えられ、得られた結果は概ね妥当と評価できる。



内田・佐津川(2019)<sup>(9)</sup>を一部編集

年代測定試料の対象の違いによる<sup>14</sup>C年代の不確かさの検討

A7面: 2,096±32~3,762±28 yr B.P.

若い年代が離水直前を示すとすれば、既往の研究例<sup>(10)</sup>の1,700±60 yr B.P.と概ね整合している。

図7 離水海岸地形の形成年代評価手法の検討に関するこれまでの主な成果(離水生物遺骸群集による年代測定の不確かさ)

【令和元年度までの主要成果】（続き）

○ 宇宙線生成核種 $^{10}\text{Be}$ の適用可能性の検討

- 隆起した地形には、年代評価に有効な堆積物、離水生物遺骸群集が十分に存在しない場合がある。そこで、令和元年度までに、足摺岬において花崗岩中の石英に蓄積される宇宙線生成核種 $^{10}\text{Be}$ の適用可能性について検討した。
- その結果、完新世での年代幅においても本手法が適用できる可能性が示された（図8）。

【令和2年度以降の研究内容】

- 従来広く用いられている $^{14}\text{C}$ 年代測定法と併せて、 $^{10}\text{Be}$ や $^{26}\text{Al}$ 等の宇宙線生成核種を用いた年代測定を、花崗岩以外の岩種や、完新世の離水海岸地形のみならずより年代の古い段丘面を対象に実施し、その適用性を検討することにより、活断層の活動履歴の評価に有用な知見を拡充する。

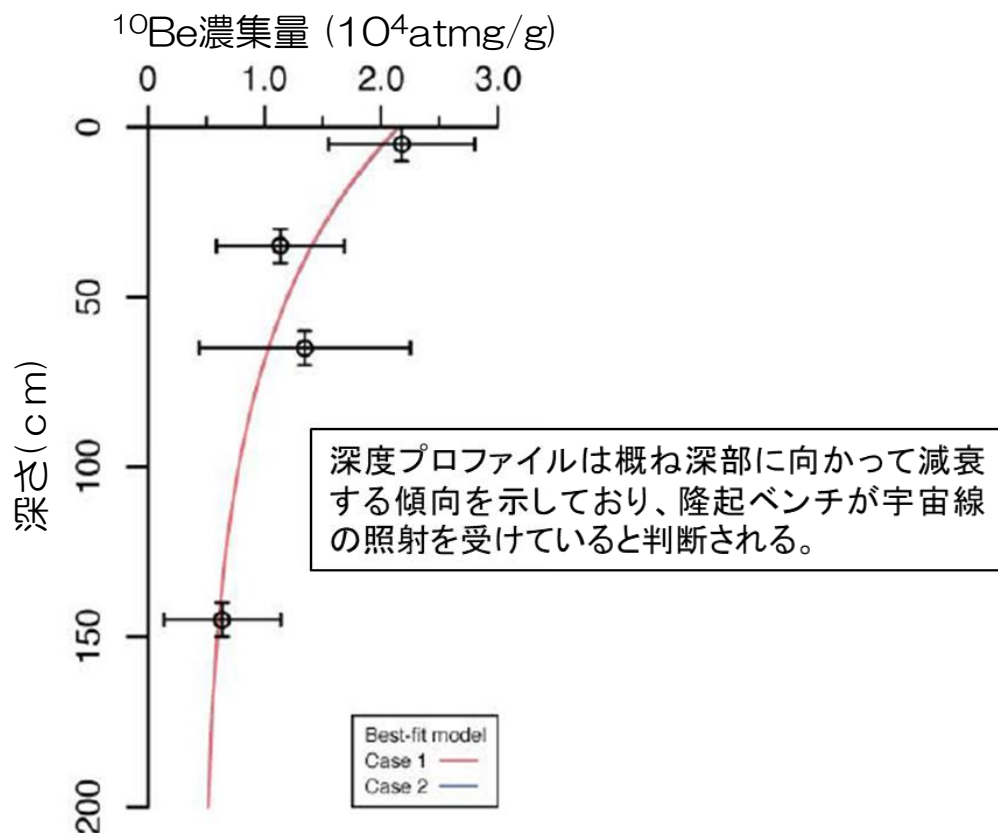


図8 離水海岸地形の形成年代評価手法の検討に関するこれまでの主な成果  
（宇宙線生成核種 $^{10}\text{Be}$ の適用可能性の検討）<sup>(1)</sup>

## b. 海域の古地震履歴評価手法の検討

### 【令和元年度までの主要成果】

- 海域における地震履歴の情報を得るために、断層を挟んだ2地点間の海洋堆積物コアにより地層のずれを認識する方法の適用性を検討した。
- その結果、微化石分析等による手法により、断層活動の変位を検出できることが示された(図9)。

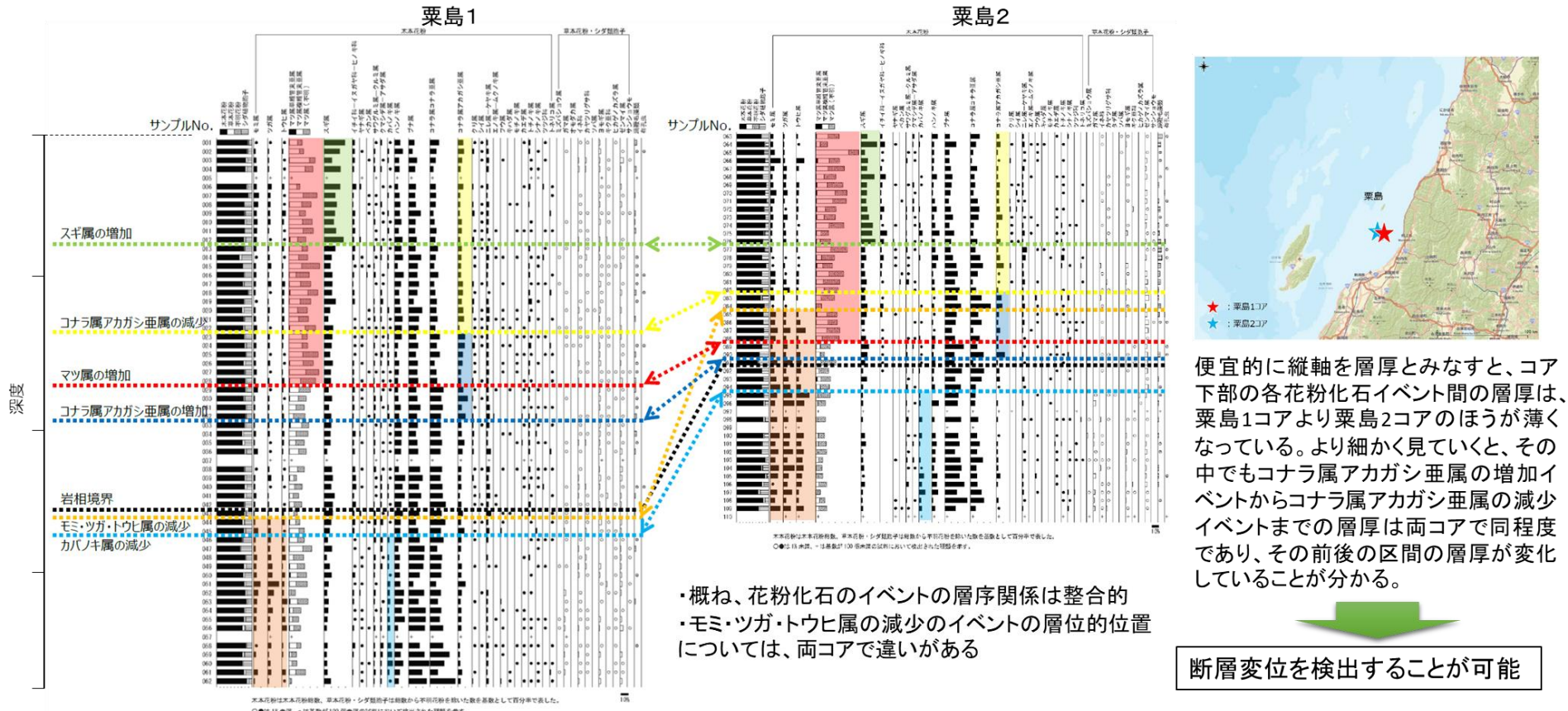


図9 海域の古地震履歴評価手法の検討に関するこれまでの主な成果

## 【令和2年度以降の研究内容】

- 過年度プロジェクトで検出された各種の情報を断層活動の履歴評価に用いるためには、変位の検出に用いられている微化石分析等の各イベントの年代評価が精緻に求められている海洋堆積物コアが別途必要になる。
  - 海域活断層等の活動履歴のうち、年代評価に関する情報の拡充を行うため、震源域近傍において採取された利用可能な海洋堆積物コアを用いてイベント堆積物を抽出し、微化石分析等の対比イベントも含めた年代評価の精緻化を図る（図10）。
  - その際、従来あまり対象とされてこなかった全有機炭素等の年代を連続的に測定し、統計的手法を適用することにより、再堆積した相対的に古い堆積年代を示すイベント堆積物を認定する。
  - 微化石層序と海洋堆積物コア全体の年代を精緻化することにより、イベント堆積物の堆積年代を高精度に決定し、近傍の活断層等の活動履歴を評価する。

海底堆積物コアの年代モデル

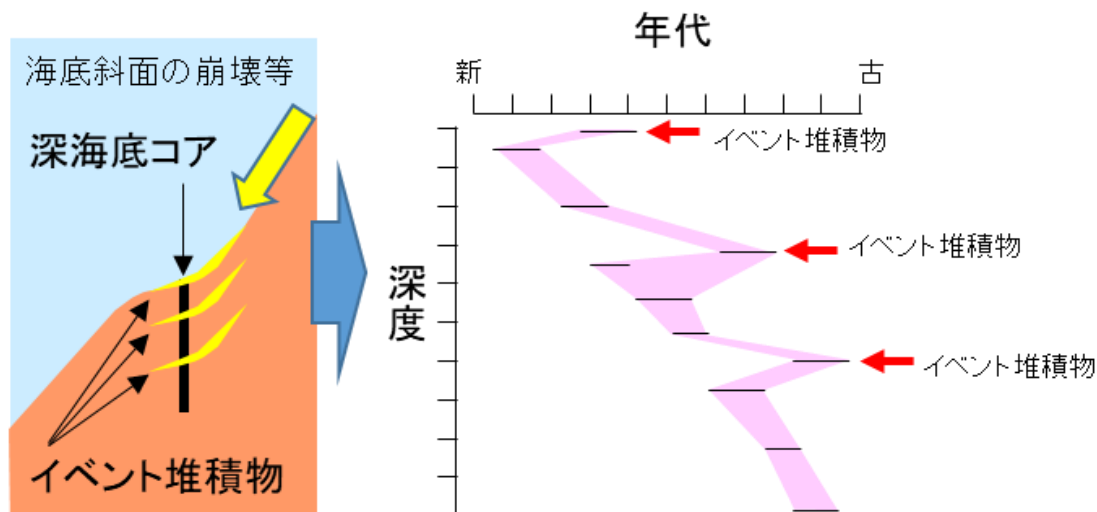


図10 イベント堆積物の年代評価の精緻化に関する検討イメージ



## c. 中期更新世以降の火山灰年代評価手法の検討

### 【令和元年度までの主要成果】

- ▶ 地表に明瞭な痕跡を残さない活断層では、トレンチ調査等により断層変位を直接確認することができないため、広域的に変形した地形面及び地層の年代並びに累積変位量を利用して活動性を把握することが重要である（図1 1）。
- ▶ 上記の検討には、広域変形の累積が乏しい後期更新世の地形面及び地層よりも、中期更新世の地形面及び地層を対象にすることが望ましい（図1 1）が、年代評価に用いられる地域的火山灰の年代誤差が大きいことが課題である（図1 2）。

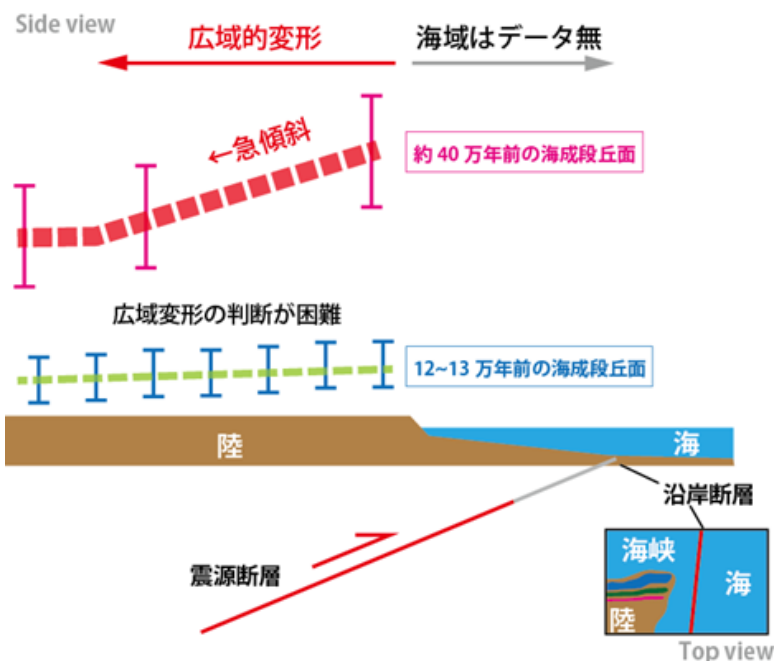


図1 1 断層変位指標である地形面の広域変形の例

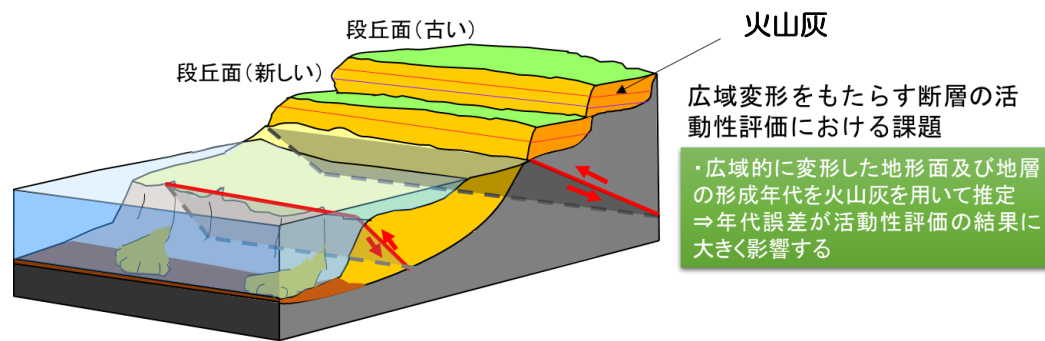


図1 2 断層変位指標である地形面の例

【令和元年度までの主要成果】（続き）

- 東北日本を対象に、深海底コア（堆積物）中に挟まれる年代決定精度の高い広域火山灰を指標にして、コア深度を年代に変換する「年代モデル」の信頼性を向上させ（図13）、陸域の地域的火山灰の年代を高精度で決定した（図14）。

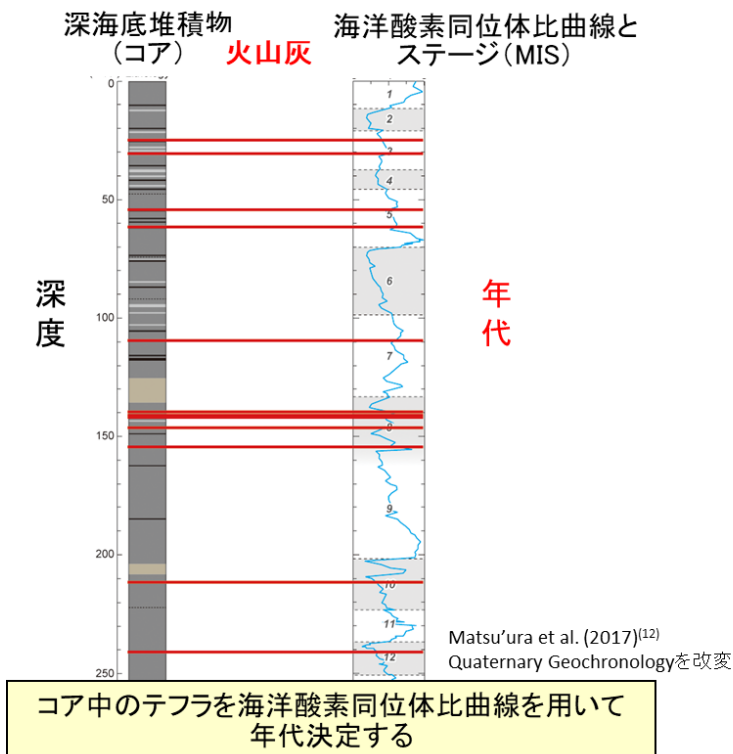


図13 海洋酸素同位体比曲線に基づく深海底コア（堆積物）中における火山灰年代決定の検討イメージ

【令和2年度以降の研究内容】

- 断層変位指標(地形面・地層)を編年するために、西南日本近海の信頼性の高い「年代モデル」を陸域の地域的火山灰に付帯させ、海域・陸域の地域的火山灰を対比する手順に関する知見を蓄積する。

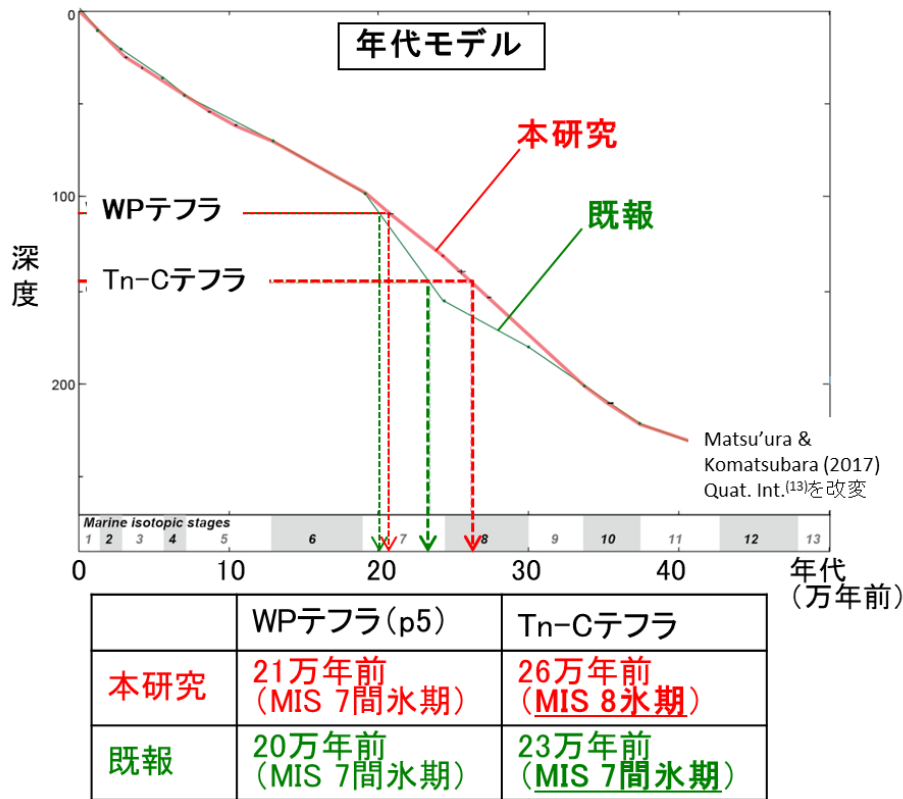


図14 深海底コア（堆積物）中の火山灰の定量的な年代決定の例

## 4. 研究計画(行程表)

実施項目番号	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度
(1)a. 断層破碎物質の性状に基づく活動性評価手法の検討	・断層破碎物質の性状の把握のための予備調査	・断層試料の採取 物理探査、トレンチ調査・ボーリング調査等	▽学会発表 ・追加の断層試料の採取、ボーリング調査等	▽論文投稿
		・断層試料の室内試験・室内分析	・断層試料の室内試験・室内分析	・総合解析
				・断層破碎帯の性状に基づく活動性評価指標の提示
(1)b. 地震以外に起因する断層の成因評価手法の検討	・文献調査 ・物理探査、トレンチ調査等(予備調査)	・物理探査、トレンチ調査等(本調査)	▽学会発表	▽論文投稿
	・変位・変形を受けた岩石・堆積物試料の採取	・変位・変形を受けた岩石・堆積物試料の室内試験及び室内分析	・変位・変形を受けた岩石・堆積物試料の室内試験及び室内分析	・総合解析
				・地震以外に起因する断層の成因に関する評価指標の提示

(注1) 有用な研究成果は、研究期間中においても適宜論文として公表する。

(次頁へ続く)

実施項目番号	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度
(2)a. 離水海岸地形の形成年代評価手法の検討	・宇宙線生成核種による離水海岸地形の年代評価手法の多岩種への適用可能性調査	・現世の隆起ベンチ及び高位段丘間の、宇宙線生成核種による形成年代の比較	▽学会発表 ・複数の核種による離水海岸地形の形成年代のクロスチェック、測定精度及び確度の評価	▽論文投稿 ・複数の核種、複数岩種を用いた離水海岸地形の年代評価事例の提示
				・適用可能範囲等の条件の整理
(2)b. 海域の古地震履歴評価手法の検討	・有機物、微古生物学的分析に基づく古環境学的イベントの抽出(概査)	・海底堆積物の全有機炭素の放射性炭素年代測定の実施	▽学会発表 ・R3年度の継続調査	▽論文投稿 ・R2～R4の補足調査、分析
		・年代測定結果とイベント層との比較	・全有機炭素の年代と、微古生物の放射性炭素年代及び火山灰年代との比較	・全有機炭素の放射性炭素年代が示す地震履歴への適用性評価及び適用事例の提示
(2)c. 中期更新世以降の火山灰年代評価手法の検討	・海底コア中の火山灰、陸域火山灰の試料採取	・R2年度の継続調査	▽学会発表 ・R2～R3年度の継続調査	▽論文投稿 ・R2～R4の補足調査、分析
	・海底コアに含まれる火山灰粒子の量比分布に基づく火山灰層準の検出	・火山灰粒子の主成分化学組成に基づく海域・陸域の火山灰の特徴化	・火山灰粒子の主成分及び微量成分化学組成に基づく海域・陸域の火山灰の特徴化	・西南日本近海の海域・陸域における火山灰の対比による海陸統合火山灰層序構築と火山灰年代評価

(注1) 有用な研究成果は、研究期間中においても適宜論文として公表する。



# 文 献

- (1) 国立大学法人京都大学, 2018,平成29年度原子力規制庁委託成果報告書「追加ボーリングコアを用いた断層破碎物質の分析(ボーリングコア等を用いた各種分析)」, 132p.
- (2) 国立大学法人京都大学, 2019,平成30年度原子力規制庁委託成果報告書「断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法に係る総合解析」, 374p.
- (3) 国立大学法人京都大学, 2017,平成27年度原子力規制庁委託成果報告書「野島断層における深部ボーリング調査」, 6分冊.
- (4) 福地龍郎, 2003, ESR法による断層活動年代測定—その原理と実践—. 深田研ライブラリー, No. 63, 財団法人深田地質研究所, 45p.
- (5) Miyawaki, M. and Uchida, J., 2018, Towards understanding the direct dating of co-seismic fault slip events, 2018 AGU Fall Meeting, T23D-0401.
- (6) 内田淳一・佐津川貴子, 2018, 三浦半島城ヶ島及び荒崎に分布する離水生物遺骸群集から得られた放射性炭素年代の特徴. 日本活断層学会2018年度秋季学術大会 講演要旨集, P-23.
- (7) Alves, E. Q., Macario K., Ascough, P. and Ramsey, C. B., 2018, The Worldwide Marine Radiocarbon Reservoir Effect: Definitions, Mechanisms, and Prospects, Reviews of Geophysics, Vol. 56, pp. 278-305.
- (8) 穴倉正展・越後智雄・金田平太郎, 2006, 歴史地震で隆起した貝化石を用いた三浦半島南部における海洋リザーバー効果の評価. 日本第四紀学会2006年度 講演要旨集, P-066.
- (9) 内田淳一・佐津川貴子, 2019, 三浦半島城ヶ島及び荒崎に分布する離水生物遺骸群集から得られた放射性炭素年代の特徴. 日本活断層学会2018年度秋季学術大会 講演要旨集, P-23.
- (10) 前杵秀明, 1988, 足摺岬周辺の離水波食地形と完新世地殻変動. 地理科学, Vol. 43, pp. 231-240.
- (11) 国立大学法人東京大学, 2019,平成30年度原子力規制庁委託成果報告書「宇宙線生成核種を用いた隆起海岸地形の離水年代評価に関する検討」, 59p.
- (12) Matsu'ura, T., Kimura, J., Chang, Q. and Komatsubara, J., 2017, Using tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy to re-evaluate and improve the Middle Pleistocene age model for marine sequences in northeast Japan (Chikyu C9001C), Quaternary Geochronology, Vol. 40, pp. 129-145.
- (13) Matsu'ura, T. and Komatsubara, J., 2017, Use of amphibole chemistry for detecting tephtras in deep-sea sequences (Chikyu C9001C cores) and developing a middle Pleistocene tephrochronology for NE Japan, Quaternary International, Vol. 456, pp. 163-179.