

平成25年11月29日
独立行政法人
日本原子力研究開発機構

高速増殖原型炉もんじゅ
敷地内破砕帯の追加地質調査1次とりまとめ報告書の提出について
(お知らせ)

独立行政法人日本原子力研究開発機構は、平成25年9月25日付で原子力規制委員会から指示*を受け、高速増殖原型炉もんじゅ（以下「もんじゅ」という。）における敷地内破砕帯の追加調査計画書を原子力規制委員会に提出しました。

【平成25年10月3日プレス発表済み】

当機構は、現在、当該計画に従い調査を進めており、11月中旬までに得られた結果をとりまとめ、本日、原子力規制委員会に提出しました。

(主な報告内容)

- ① 敷地内破砕帯の活動性を評価するため剥ぎ取り調査範囲を拡張して収集した変位マーカー等の調査データ及び年代測定データ
- ② L-2リニアメント及びその延長部等における地形・地質調査データ並びに堆積層の年代測定データ
- ③ 周辺海域における既存の海上音波探査データの再検討結果及び沿岸部の地形調査データ

当機構は、引き続き「もんじゅ」敷地内破砕帯の追加調査を着実に進め、「もんじゅ」の安全確保に万全を期してまいります。

※：「高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破砕帯の追加調査計画の策定について（原管地発第1309251号）」（抜粋）

1. 重要構造物直下を通る敷地内断層の活動性を把握するため、はぎ取り調査地点の基盤岩中の断層において、変位マーカーの有無や形成年代の把握及び破砕帯内物質を対象とした年代測定等を実施すること。
2. L-2リニアメント及びその延長部等の評価についてデータ拡充を行うため、破砕帯の分布・性状、被覆層との関係及び被覆層の堆積年代（¹⁴C年代測定や火山灰分析等）の調査を実施すること。
白木一丹生断層周辺及びL-2リニアメント延長等における海域の地質構造・活動性を把握するため、周辺海域における海上音波探査及び沿岸部における地形・地質調査等を実施すること。

別紙：高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破砕帯の追加地質調査1次とりまとめ報告の概要

以上

(原子力規制委員会へ提出した報告書)

高速増殖原型炉もんじゅ敷地内破砕帯の追加地質調査1次とりまとめ報告

高速増殖原型炉もんじゅ 敷地内破碎帯の追加地質調査 1次とりまとめ報告の概要

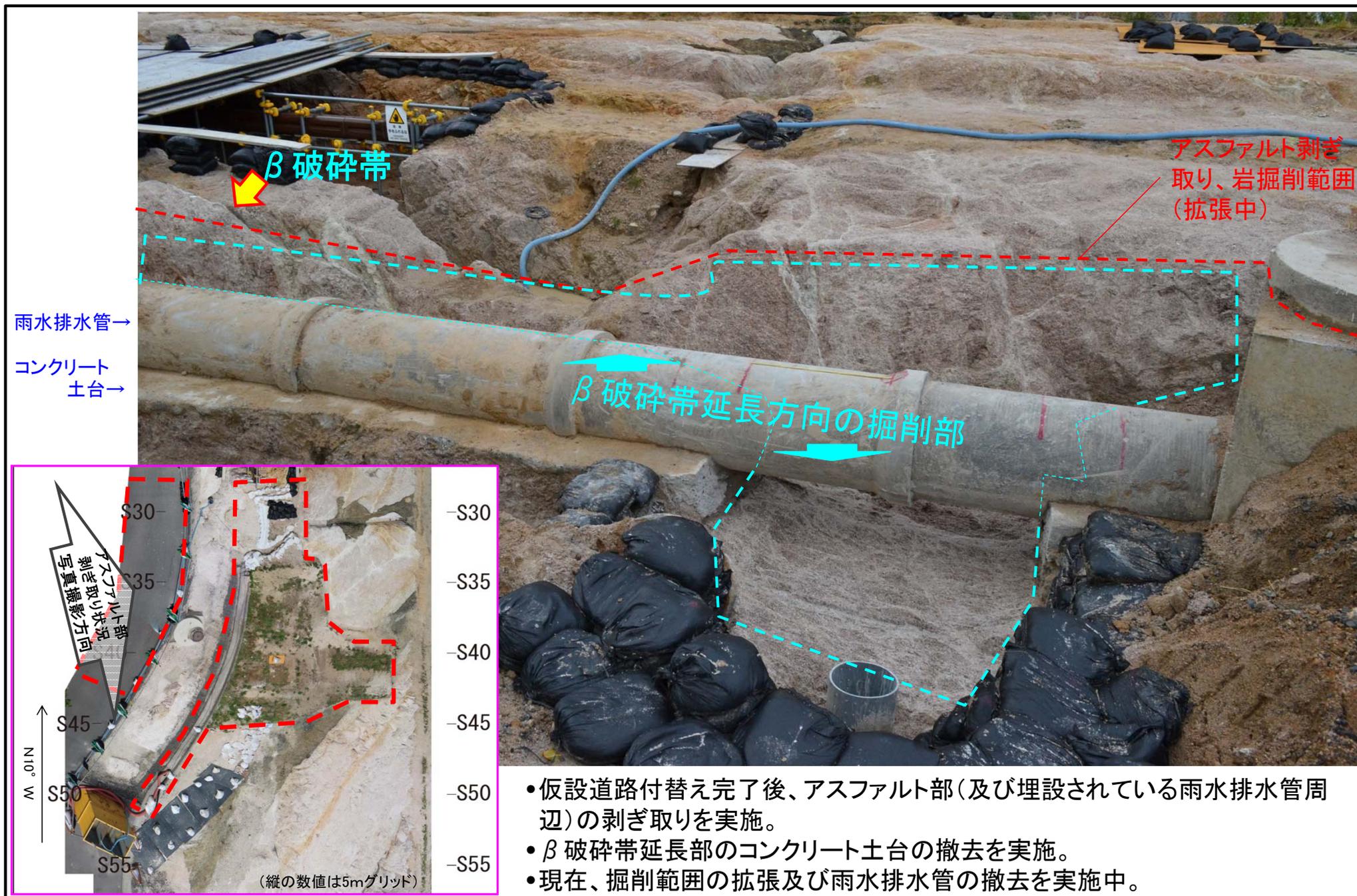
指示事項	地点(対象)	●調査項目と実施状況	平成25年			平成26年		
			10月	11月	12月	1月	2月	3月
			計画書提出 ▼	1次とりまとめ報告 ▲		状況報告 ▽	全体とりまとめ報告 ▽	
1. 重要構造物直下を通る敷地内断層の活動性を把握するため、はぎ取り調査地点の基盤岩中の断層において、変位マーカ-の有無や形成年代の把握及び破碎帯内物質を対象とした年代測定等を実施すること。	① 原子炉建物基礎岩盤付近の剥ぎ取り調査地点(β破碎帯、玄武岩岩脈、石英脈等)	<ul style="list-style-type: none"> ●変位マーカ-の有無や形成年代 <ul style="list-style-type: none"> ・変位マーカ-の有無に着目し、表土剥ぎ取り範囲拡張し調査を実施した。 ・変位マーカ-の玄武岩の形成年代を特定した。 ・β破碎帯系の構造は、別系統の破碎帯に切られており、β破碎帯系は相対的に古い構造である。 ●破碎帯内物質の年代測定等 <ul style="list-style-type: none"> ・β破碎帯内物質のフィッション・トラック年代測定を実施し、2013年4月に報告した約4,400万年のK-Ar年代測定結果と調和的な測定値が得られた。 	剥ぎ取り及び調査			分析・評価		
			分析・評価 I (採取済試料分)			分析・評価 II (追加・新規採取試料分)		
2. L-2リニアメント及びその延長部等の評価についてデータ拡充を行うため、破碎帯の分布・性状、被覆層との関係及び被覆層の堆積年代(14C年代測定や火山灰分析等)の調査を実施すること。	② L-2リニアメント及びその延長部(山地/段丘境界)、原子炉建物周辺等	<ul style="list-style-type: none"> ●破碎帯の分布・性状 <ul style="list-style-type: none"> ・L-2リニアメント及びその延長部のデータ拡充を目的とした踏査の結果、山地/段丘境界付近には境界に沿った走向の破碎帯は確認されなかった。 ●破碎帯と被覆層の関係及び被覆層の堆積年代 <ul style="list-style-type: none"> ・花崗岩を覆う堆積層の火山灰分析と14C年代測定を実施し、一部で約4万年前、幾つかの露頭では約8,000年前以降の堆積物の分布が確認された。 	踏査・調査			分析・評価		
			踏査・調査			分析・評価		
白木-丹生断層周辺及びL-2リニアメント延長等における海域の地質構造・活動性を把握するため、周辺海域における海上音波探査及び沿岸部における地形・地質調査等を実施すること。	③ 海域及び海岸沿い(もんじゅ付近の海岸沿い、白木-丹生断層付近の地形・地質構造、B地点等)	<ul style="list-style-type: none"> ●周辺海域における海上音波探査 <ul style="list-style-type: none"> ・気象状況により探査未実施(準備中)である。 ・既存音波探査記録の各種データ処理を実施中である。 ●沿岸部の地形・地質調査 <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建物北西側海岸沿いの踏査を終了し、南西側の調査を継続中である。 	準備					
			調査			分析・評価		
			踏査・調査				分析・評価	

凡例

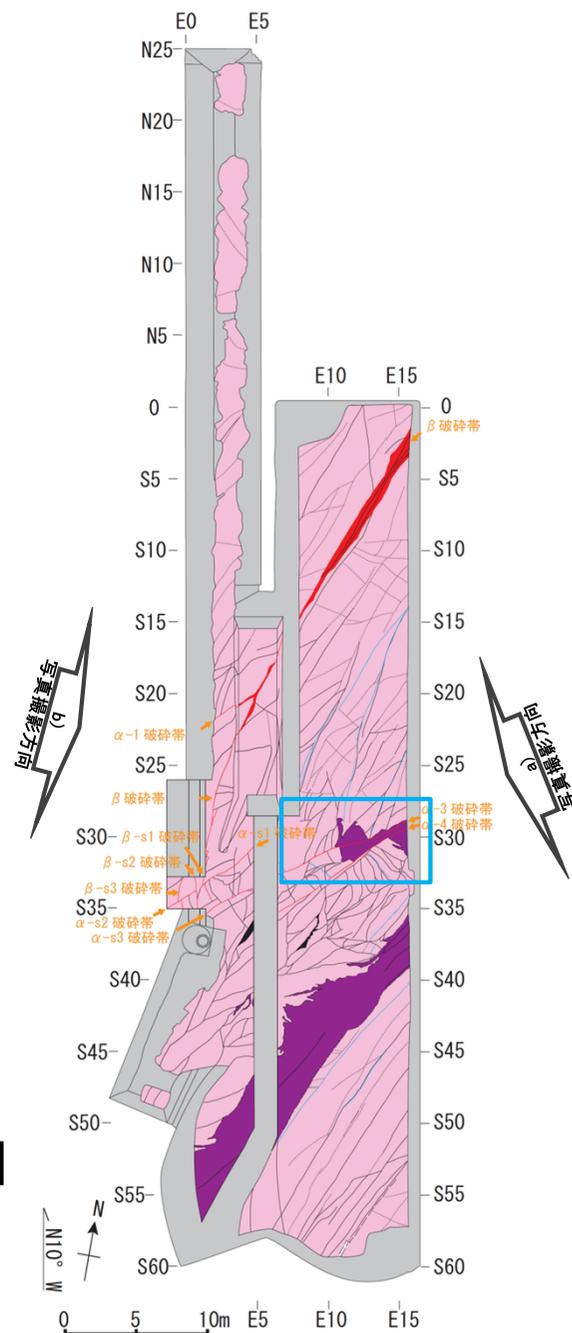
- 当初計画 (10月3日提出)
- 実績
- 現在の計画

注:平成25年10月23日付で、原子力規制委員会から調査内容に一部追加(海岸に沿う方向の地形・地質調査)が必要と指示されたことから、当初②の中で計画したB地点の調査を、③の調査と統合して調査・分析・評価を実施するよう計画を修正。

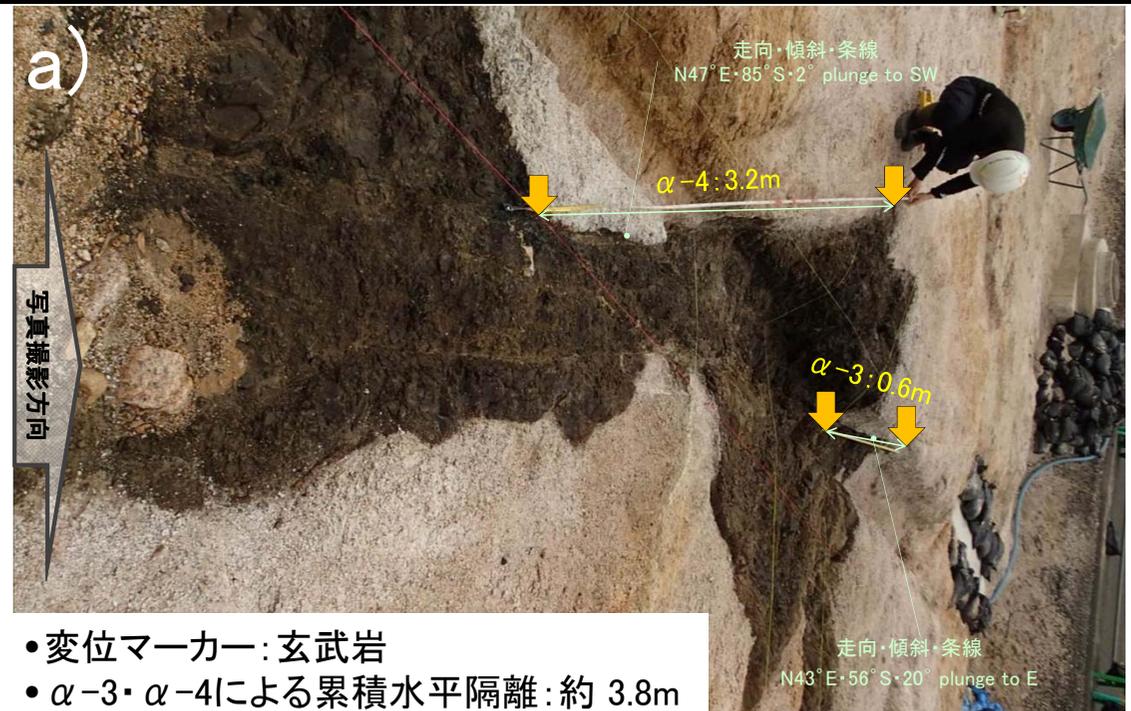
1.1 アスファルト部における剥ぎ取り範囲の拡張状況



1.2 変位マーカによる変位量計測結果(玄武岩・石英脈)



位置図



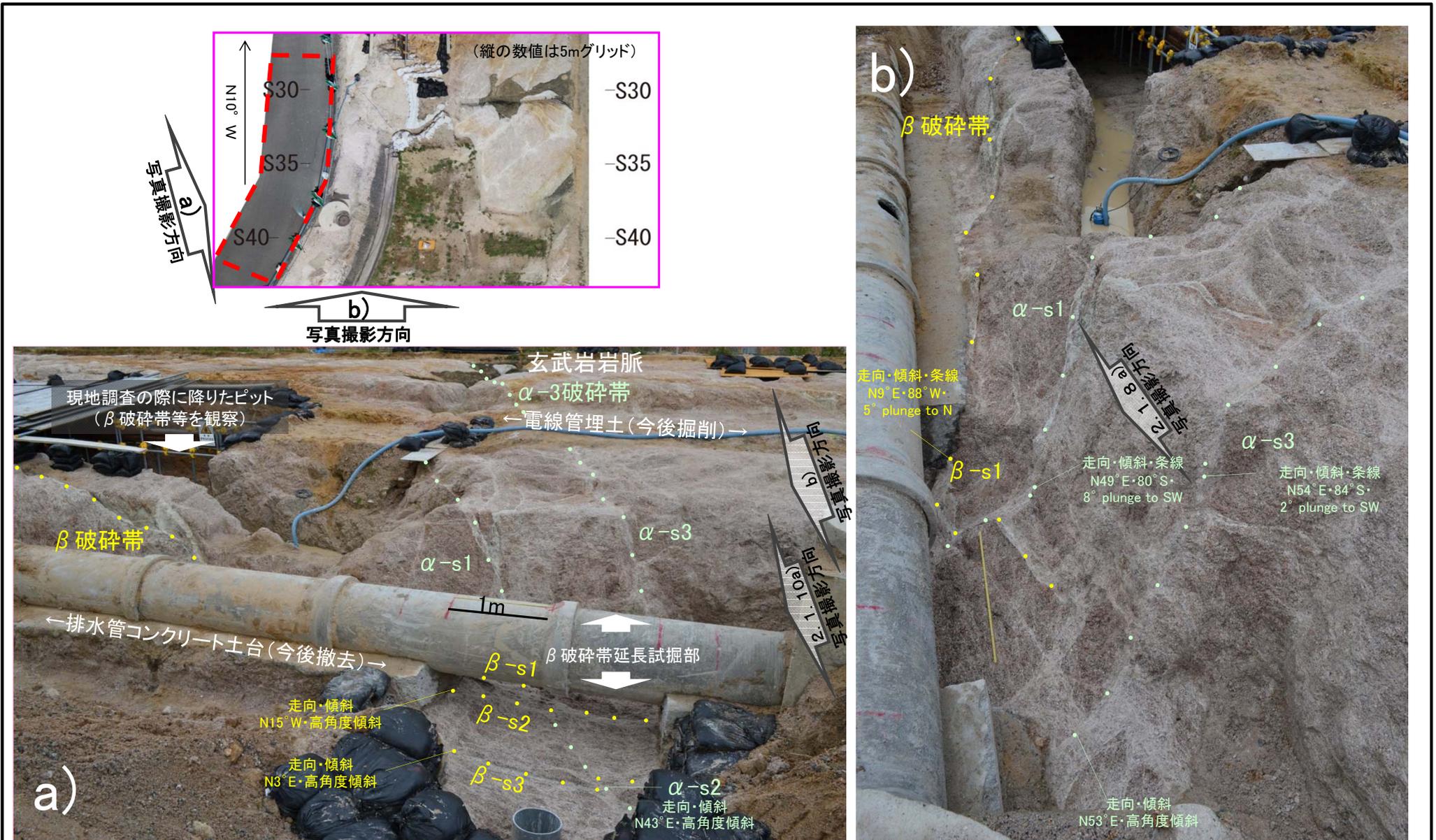
- 変位マーカ: 玄武岩
- α-3・α-4による累積水平隔離: 約 3.8m

(計測結果は矢印同士が元同一地点と仮定した場合のもの)



- 変位マーカ: 石英脈その1
 - α-3・α-4等による水平隔離及び石英脈の湾曲の累積: 約 6.1m
- (計測結果は同色矢印同士が元同一地点と仮定した場合のもの)
(破線は、石英脈が湾曲や小せん断面で変位している部分)

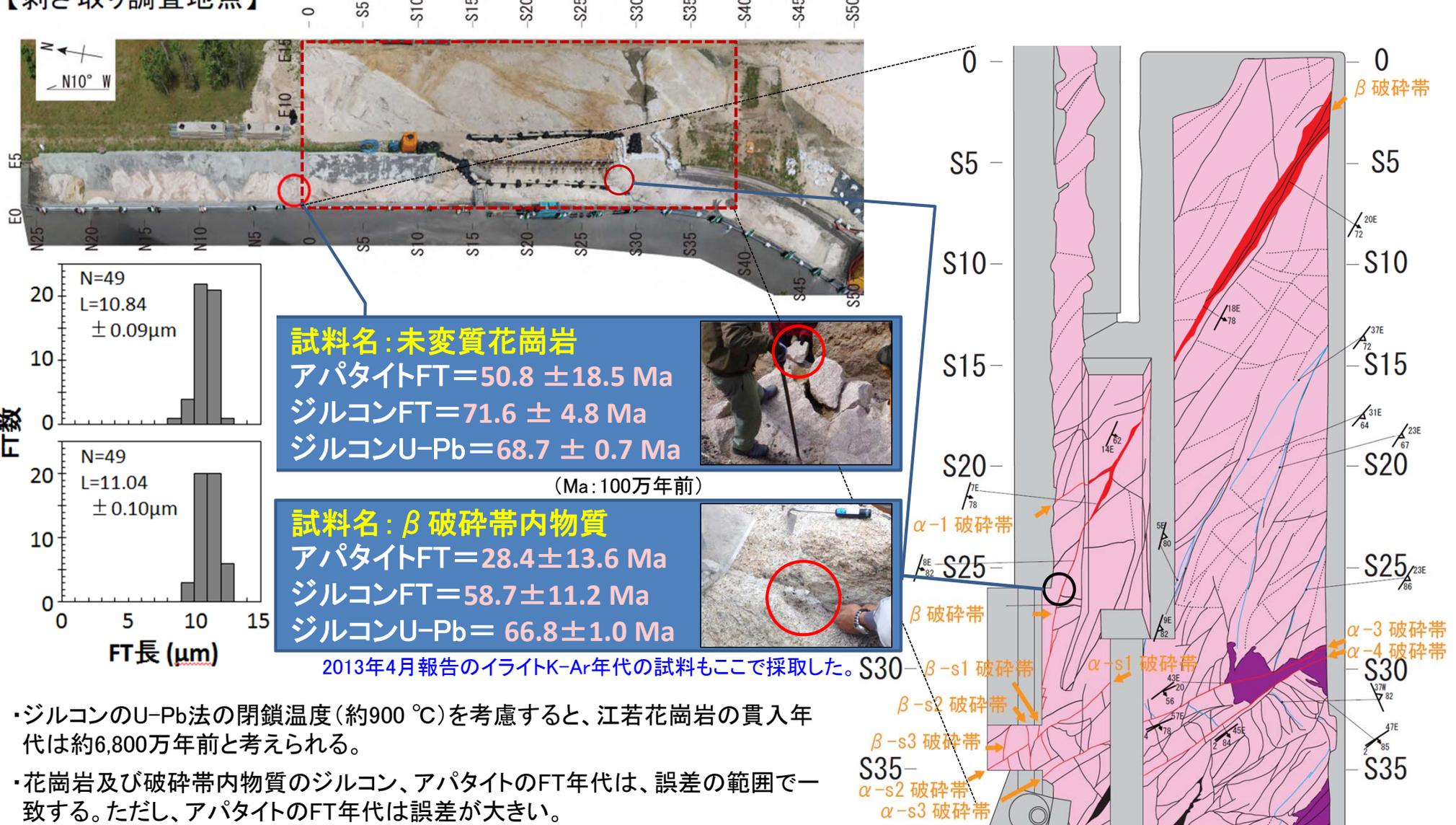
1.3 β 破碎帯延長方向掘削部で確認された破碎帯の状況



- 掘削部で認められた破碎帯を、便宜的に次のように命名した。(今後の調査の進捗に伴い、名称を再度整理する。)
- α -3破碎帯と類似の姿勢を持つもの。 α -s1、 α -s2、 α -s3
- β 破碎帯と類似の姿勢を持つもの。 β -s1、 β -s2、 β -s3

1.4 破砕帯内物質の年代測定(U-Pb年代、FT(フィッション・トラック)年代)

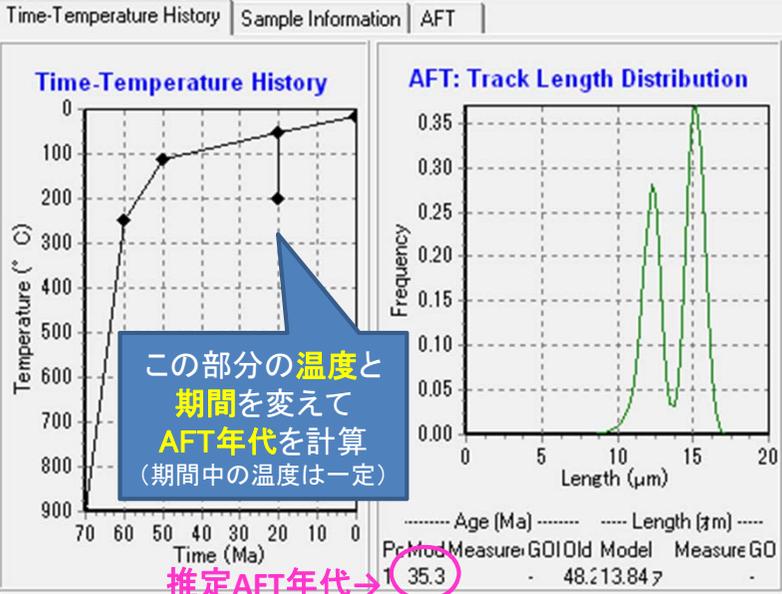
【剥ぎ取り調査地点】



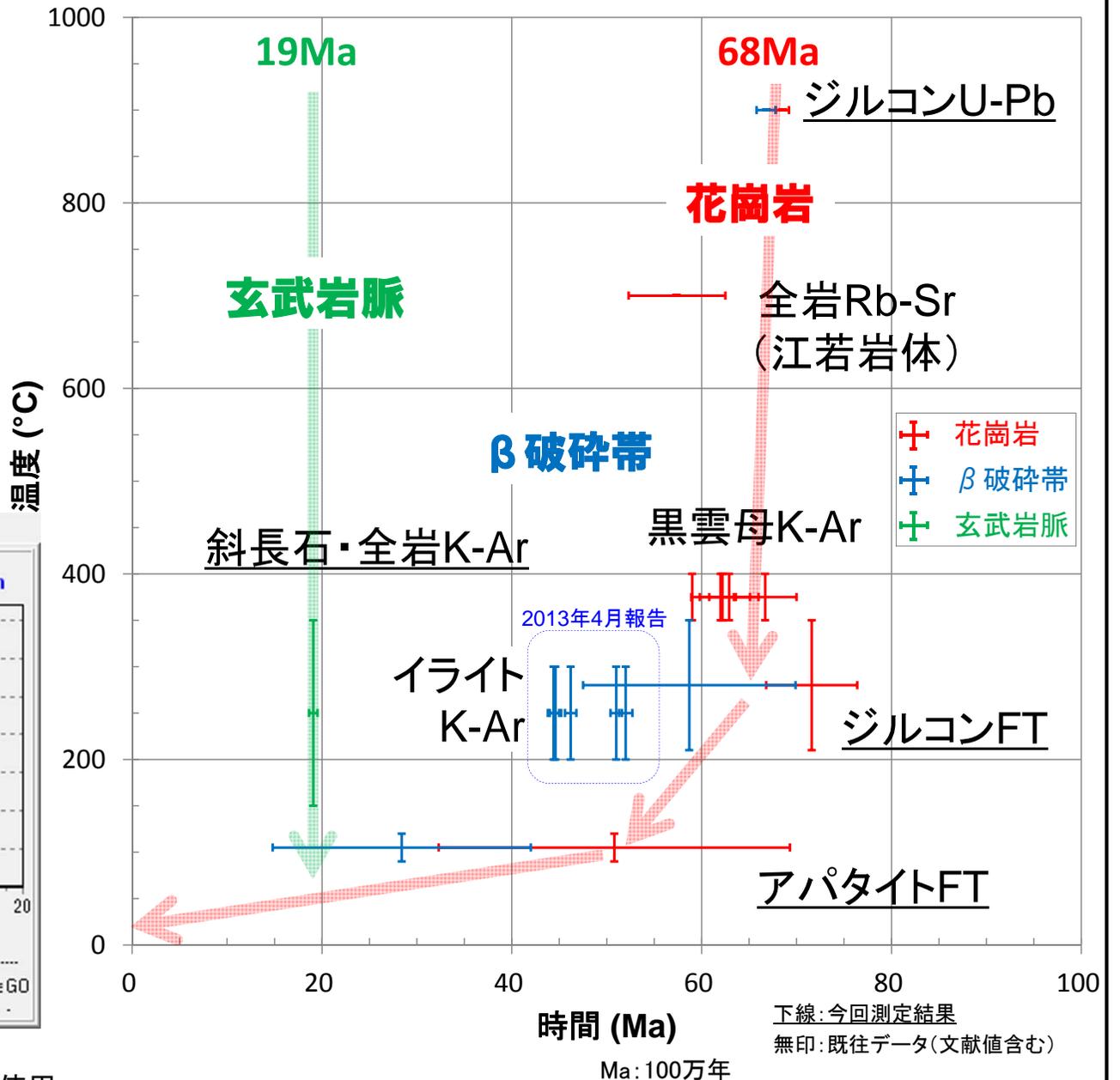
- ・ジルコンのU-Pb法の閉鎖温度(約900 °C)を考慮すると、江若花崗岩の貫入年代は約6,800万年前と考えられる。
- ・花崗岩及び破砕帯内物質のジルコン、アパタイトのFT年代は、誤差の範囲で一致する。ただし、アパタイトのFT年代は誤差が大きい。
- ・ジルコンのトラック長(confined-track)は、11 μ mに集中し、短縮も認められない。
 →ジルコンFT法の閉鎖温度(約250°C)付近では急激に冷却されたと考えられる。

1.5 年代測定結果(U-Pb年代、FT(フィッシュン・トラック)年代)と剥ぎ取り地点の熱史

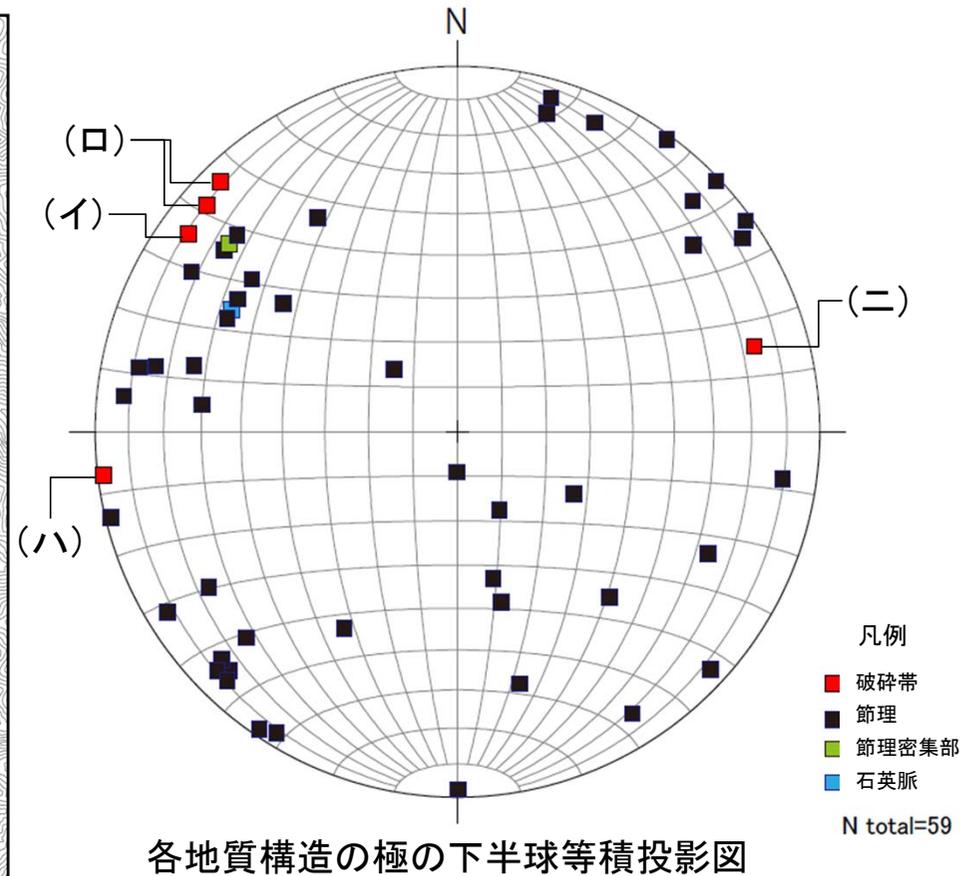
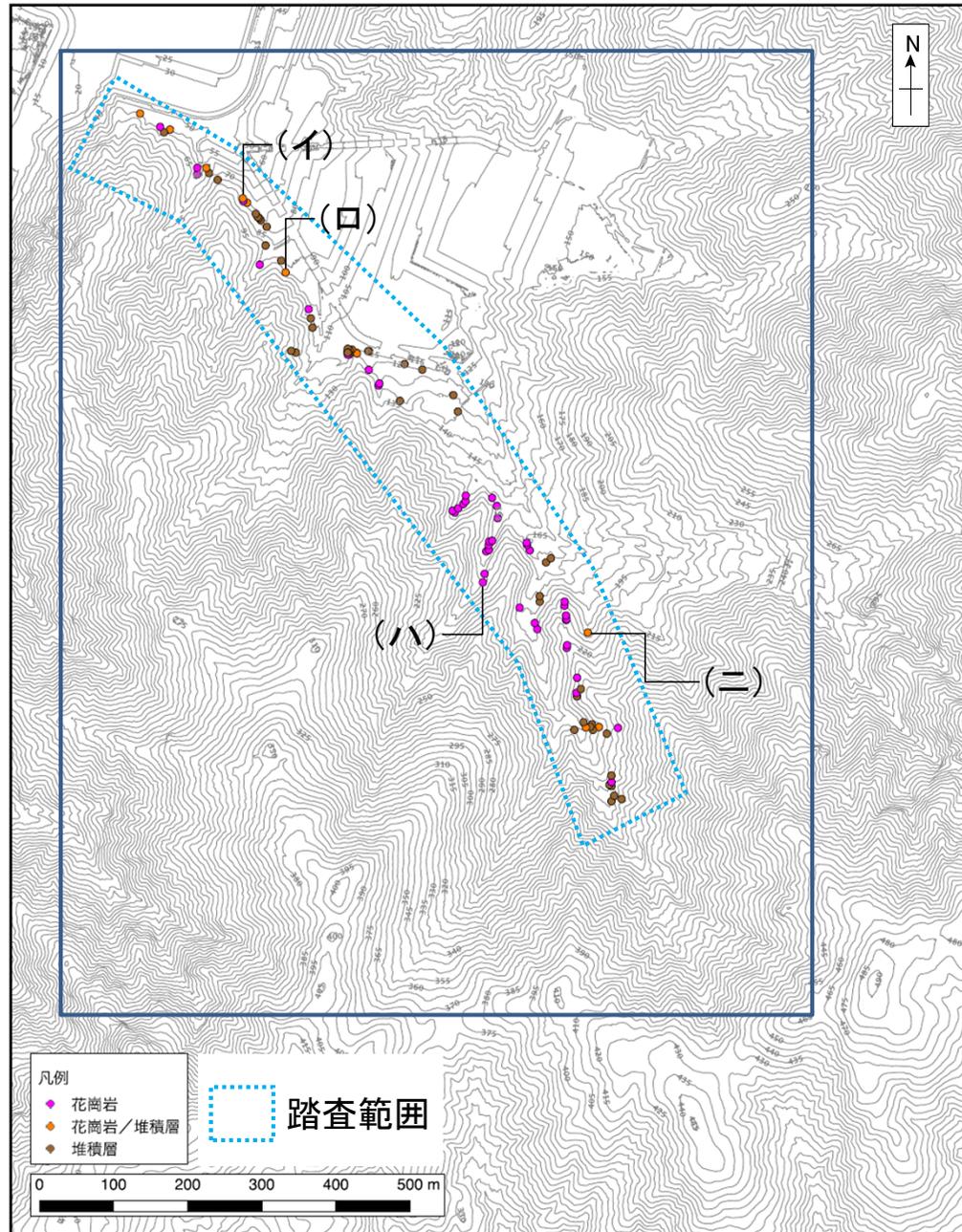
- 貫入からジルコンFT法の閉鎖温度(約250°C)までの熱史は、花崗岩とβ 破碎帯でほぼ同様とみなせる(花崗岩と破碎帯で、ジルコンU-Pb年代及びジルコンFT年代に有意な差がない。また、両者ともジルコンFT長は短縮しておらず、急冷パターンを示している)。
- 破碎帯内物質中の粘土鉱物は、岩体が冷却していく段階で生成したと考えられる。
- β 破碎帯のアパタイトは花崗岩中のものに比べて若い年代を示しており、破碎帯が形成後に再加熱された可能性がある。
- 熱履歴解析(Ketcham, 2005)によると、β 破碎帯のアパタイト年代は、19Ma頃に貫入した玄武岩脈による再加熱(パーシャルアニーリング)によって説明できる。



HeFTy ver. 1.7.5 (Ketcham, 2005)を使用して計算。
AFT法のアニーリング関数はKetcham et al. (2007)を使用。



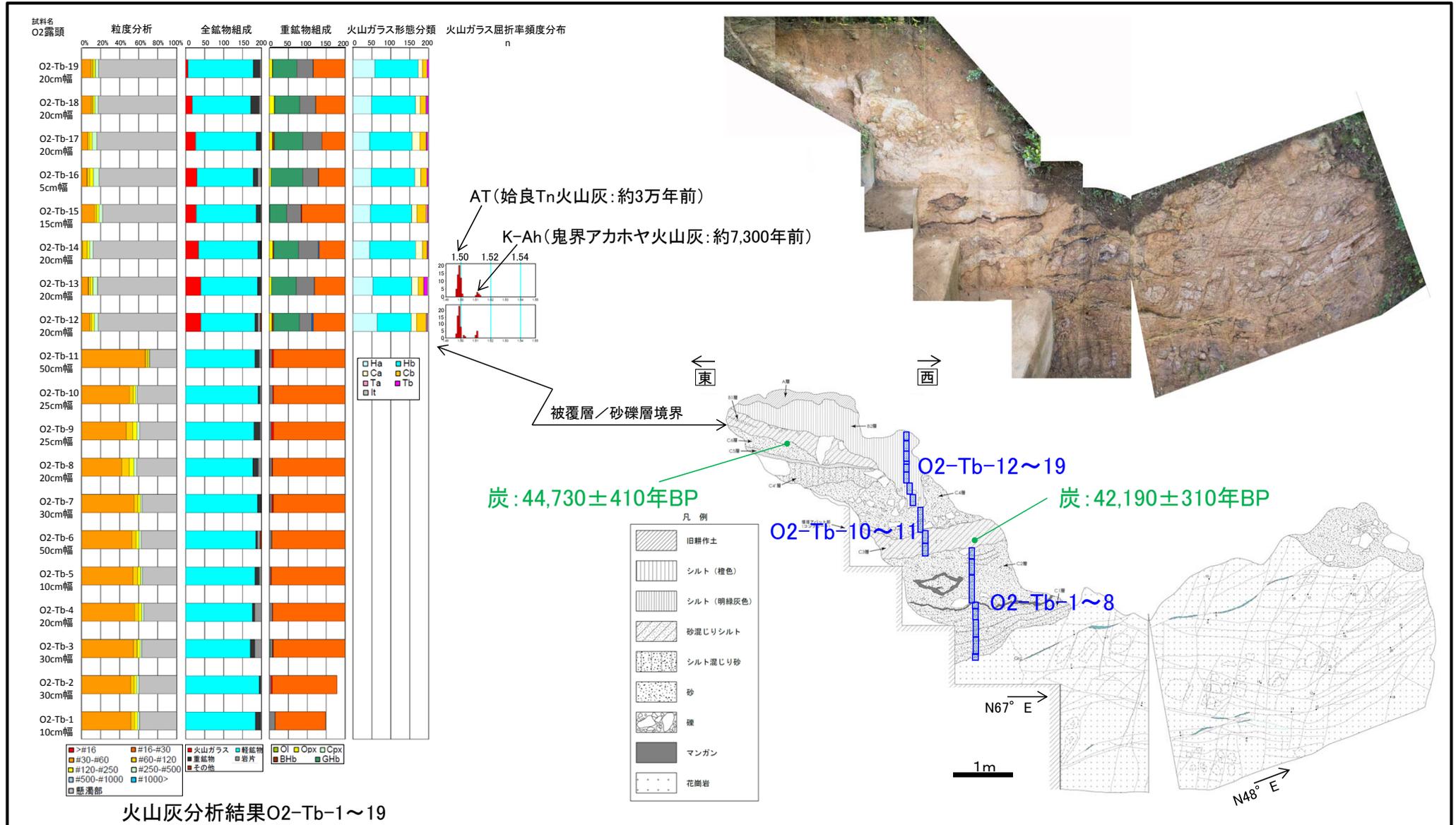
2.1 L-2リニアメント周辺及び山地／段丘境界付近の踏査結果



＜直線的に見える山地と段丘境界付近の踏査を実施した。＞

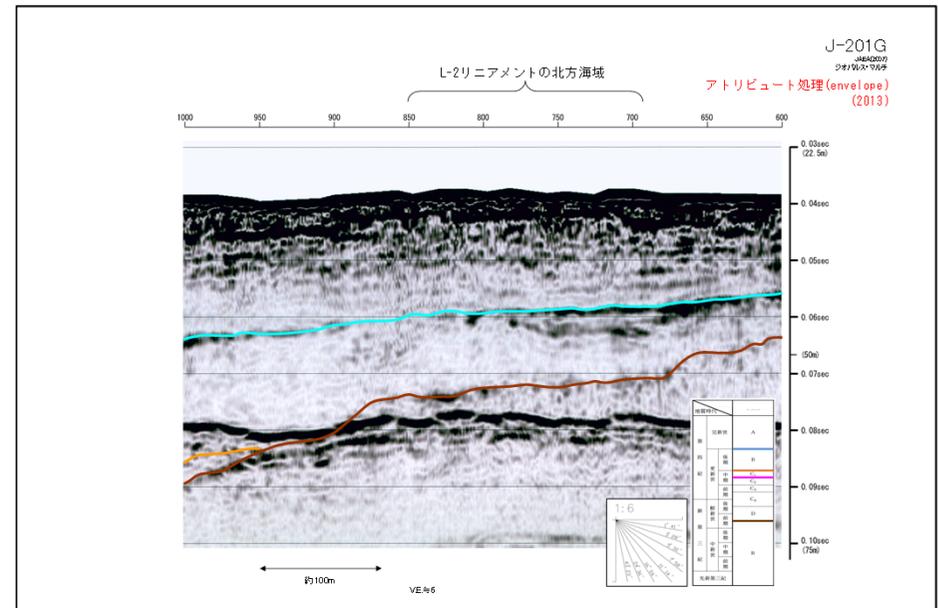
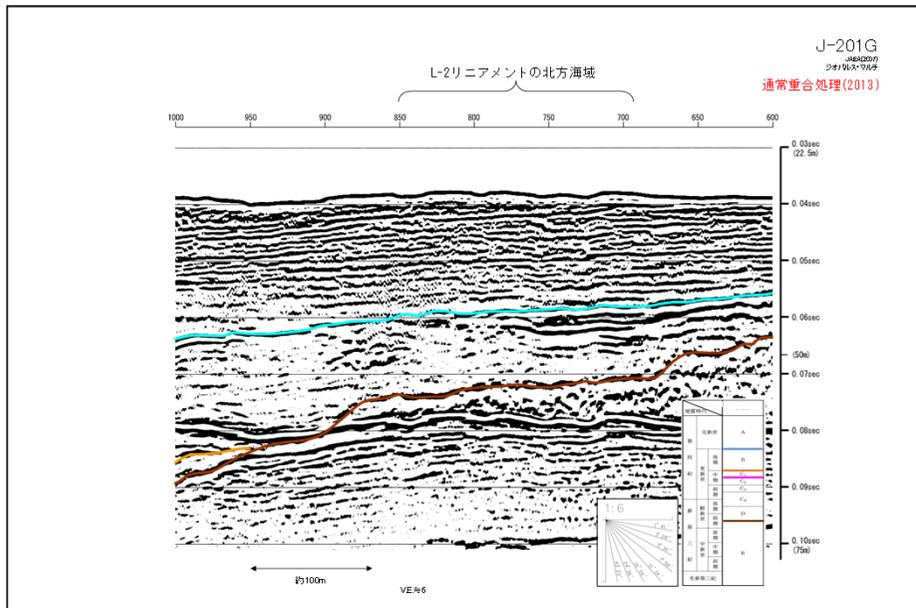
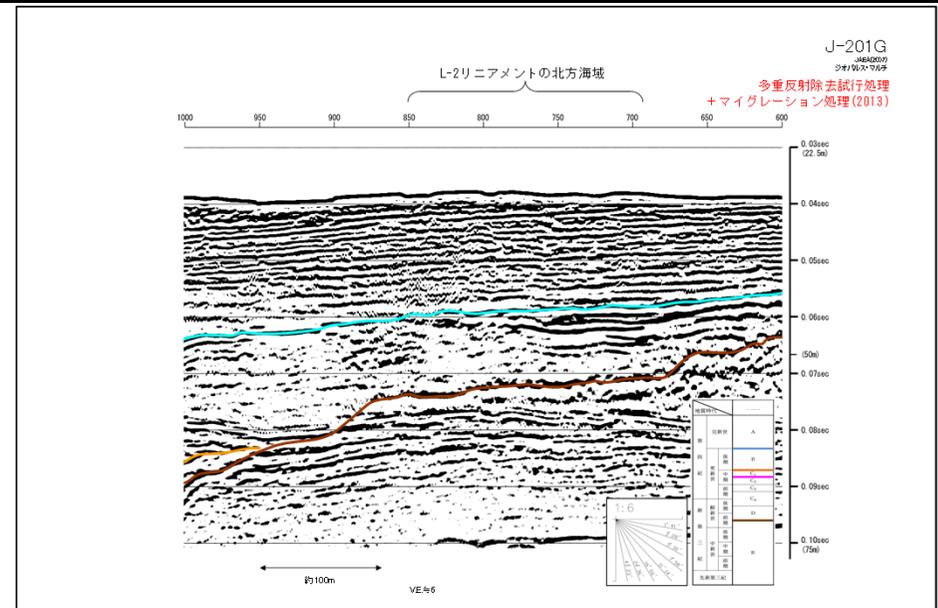
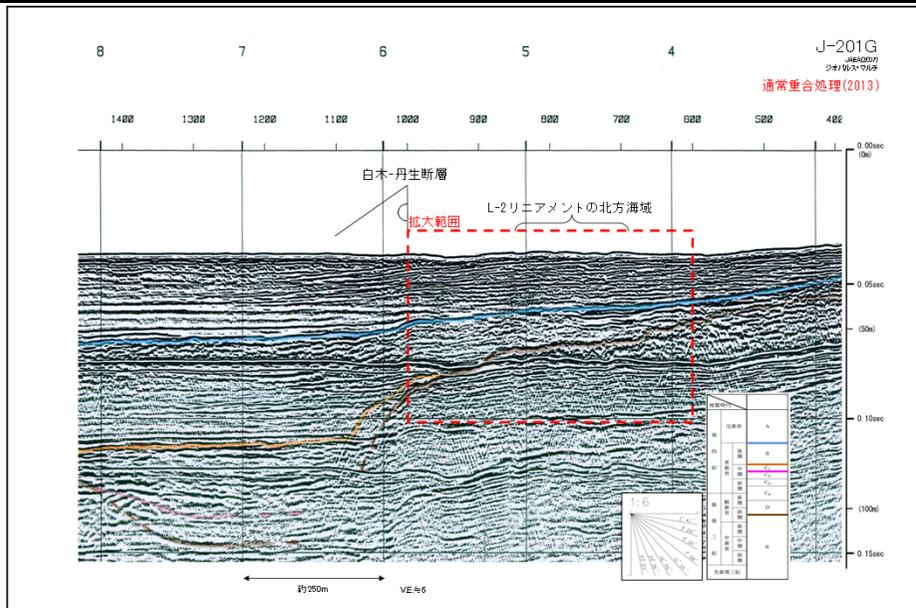
- ・発達する節理は主として北東方向、北西方向であり、比較的堅硬な花崗岩も分布している。
- ・破碎帯は4地点で認められるが、山地／段丘境界付近には境界と同方向の顕著な破碎帯は確認されない。

2.2 O2露頭における火山灰分析・¹⁴C年代測定結果



▶被覆層は、ATとK-Ahの粒子を含むことから、約7,300年前以降の堆積物と考えられる。砂礫層の¹⁴C年代測定結果は、本露頭周囲の段丘面が中位段丘2面に分類されることと矛盾しない。

3. 1 既存音波探査記録の各種データ処理結果の例 (J-201G測線)



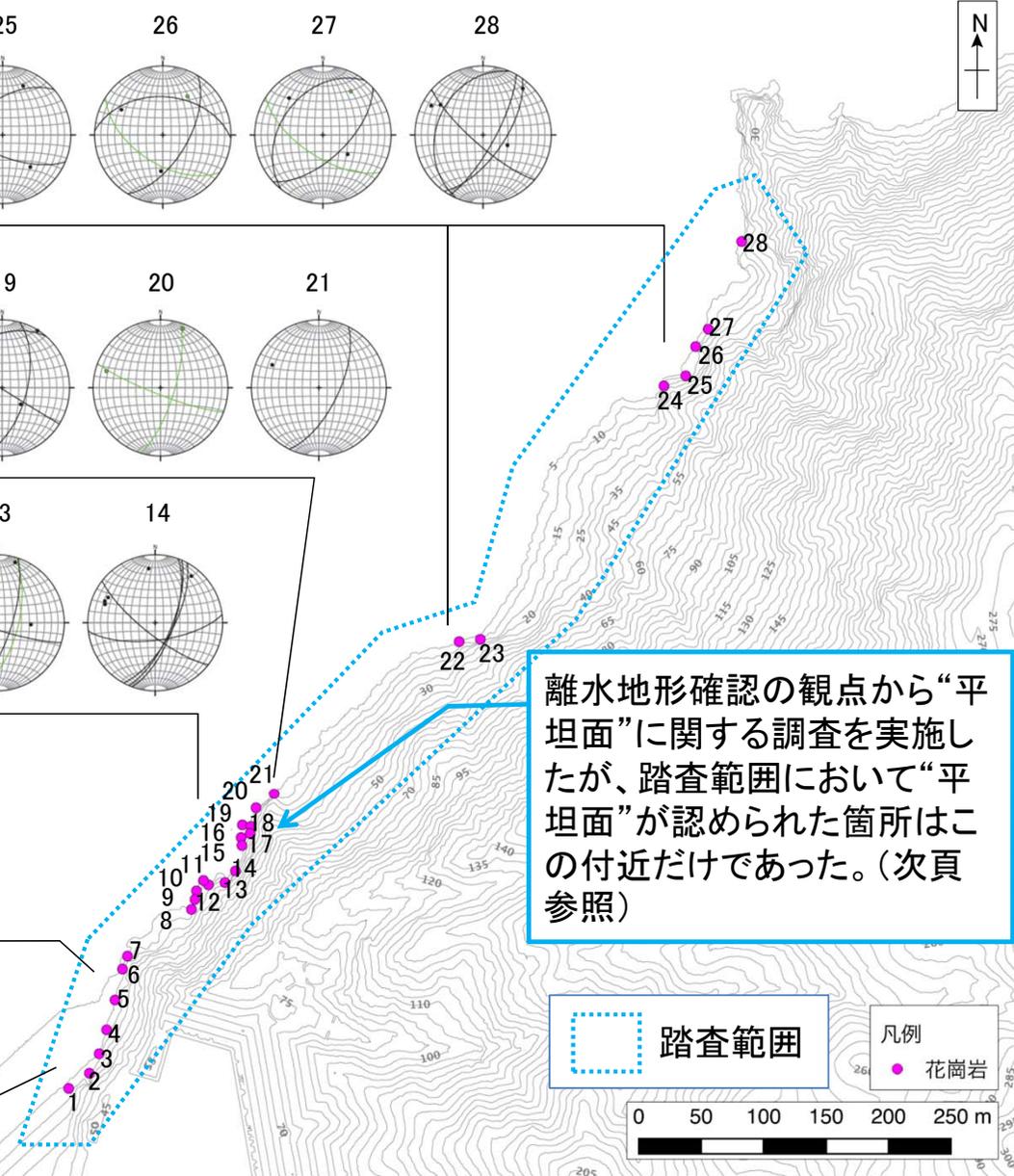
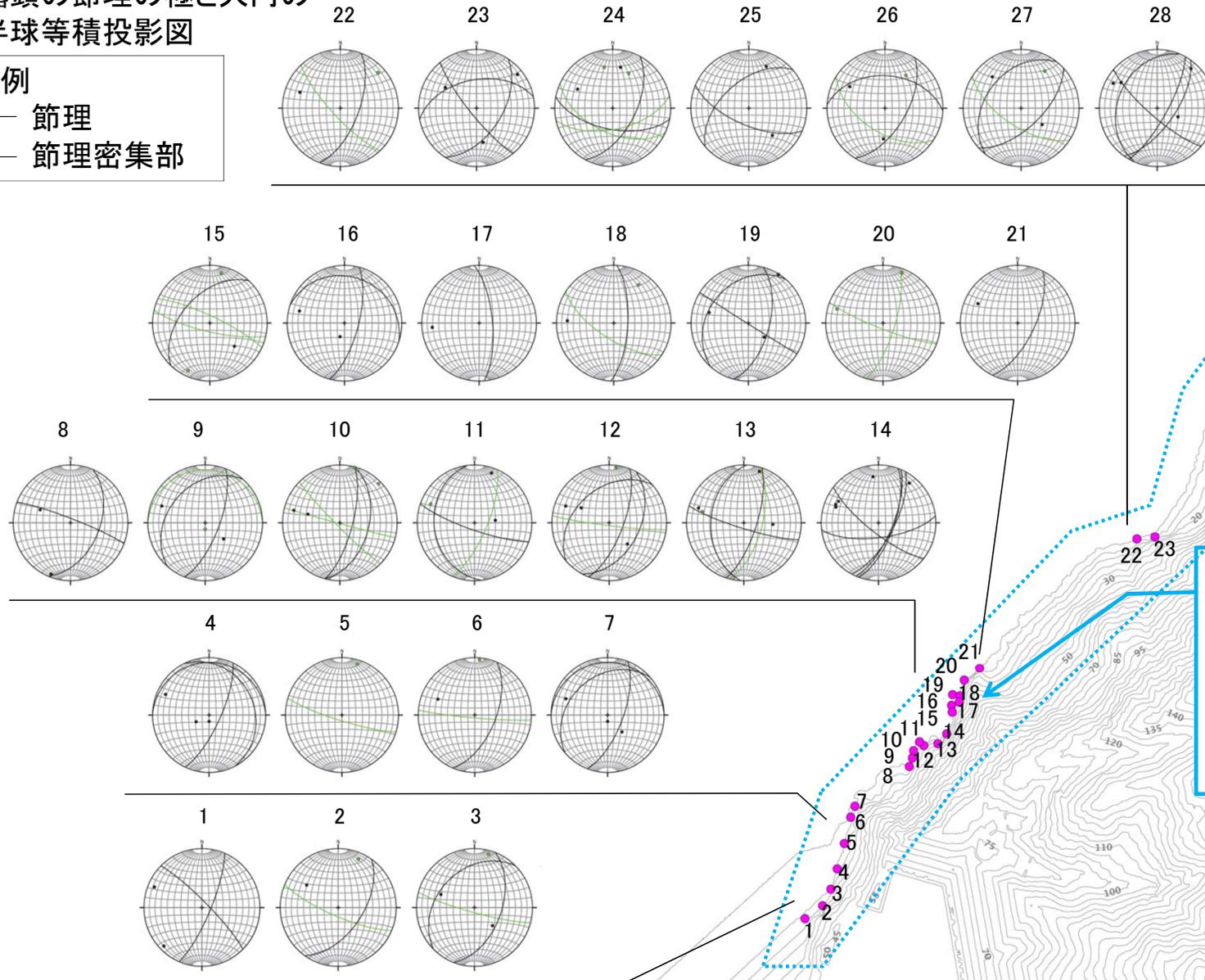
- 既往検討結果の修正を要するような新たな情報は認められなかった。
- 今後の海上音波探査で新たに得られる記録と合わせて海域の地質構造の検討を継続する。

3.2 海岸沿いの踏査結果

各露頭の節理の極と大円の
下半球等積投影図

凡例

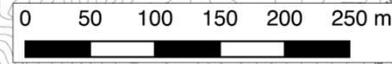
- — 節理
- — 節理密集部



離水地形確認の観点から“平坦面”に関する調査を実施したが、踏査範囲において“平坦面”が認められた箇所はこの付近だけであった。(次頁参照)

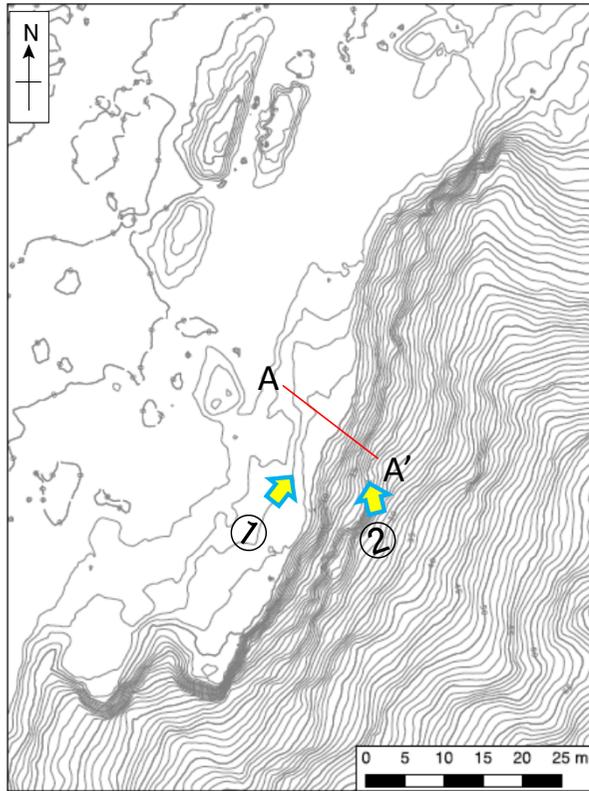
踏査範囲

凡例
● 花崗岩



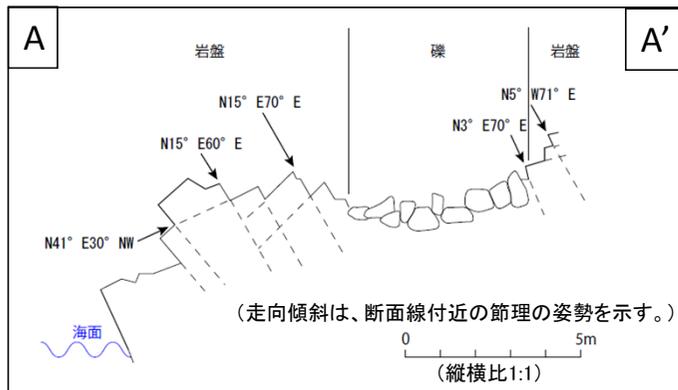
節理が卓越する方向(北北東～北東)と海岸線の方法は調和的

3.3 海岸沿いの地形 “平坦面”に関する調査結果



“平坦面”周辺の地形図

(A-A'は下の断面図の位置、①②は右の写真の撮影方向を示す。)



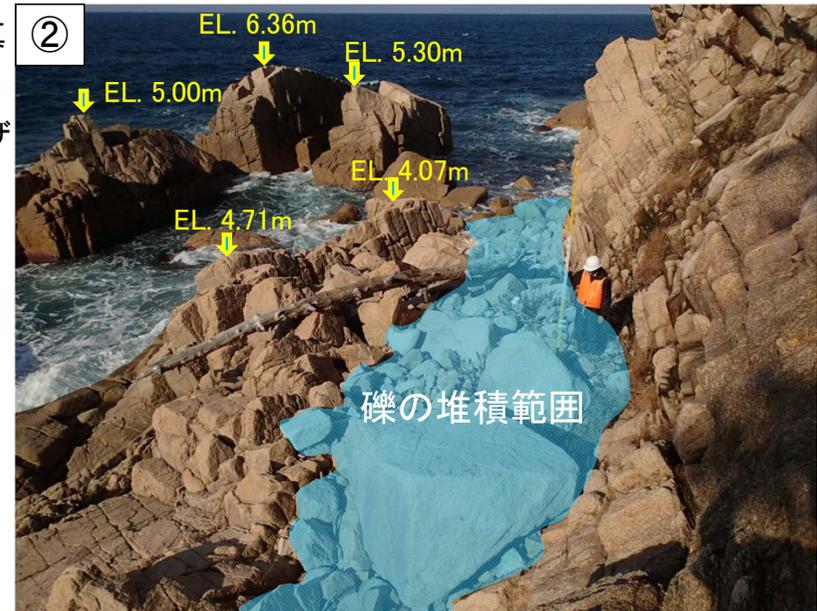
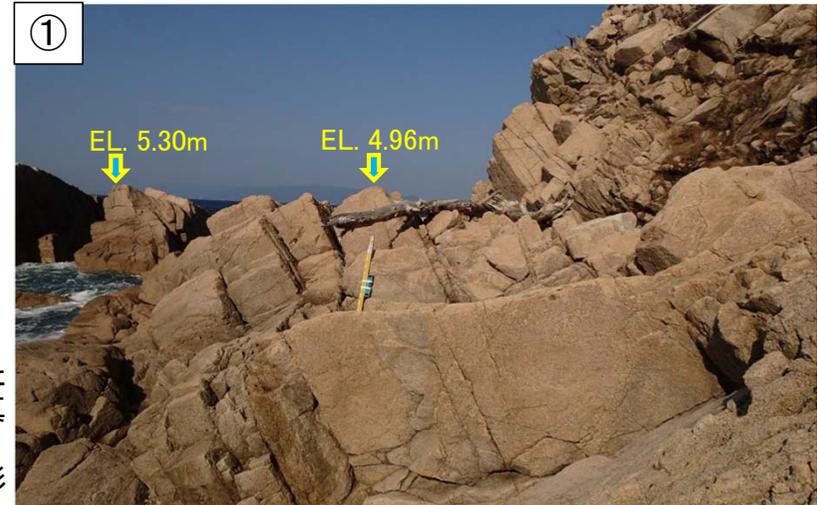
“平坦面”の断面図

踏査範囲で唯一認められた
“平坦面”付近の写真

①ほぼ水平方向から撮影

②鳥瞰写真

写真中の標高値は、航空レーザ
計測オリジナルデータによる。



- “平坦面”は、幅約5m以下の花崗岩の部分(海側)と、その山側の、礫が堆積している部分から構成されており、花崗岩部分には走向N15° Eで高角度東(山側)傾斜の節理が発達し、地形上端包絡線がほぼ平坦な標高を持つ(左の断面図)。
- 流木が乗っているのは、標高約5m付近である。

参考 報告書のまとめ記載(その1)

指示事項

1. 重要構造物直下を通る敷地内断層の活動性を把握するため、はぎ取り調査地点の基盤岩中の断層において、変位マーカ-の有無や形成年代の把握及び破碎帯内物質を対象とした年代測定等を実施すること。

- 重要構造物直下を通る敷地内破碎帯の活動性を把握するため、変位マーカ-の有無に着目し、剥ぎ取り調査地点の基盤岩中の β 破碎帯付近において剥ぎ取り範囲の拡張を進めている。
- 変位マーカ-の検討から、 β 破碎帯類似の姿勢を持つ北北東～南北系(β 系)の破碎帯は、 α -3破碎帯類似の姿勢を持つ北東系(α -3系)の破碎帯の活動による変位を被っており、相対的に古い構造と見なすことができる。
- 変位マーカ-から得られた α -3系破碎帯は、左横ずれセンスで累積変位量は最大で数m程度であった。
- 変位マーカ-の探索、検討を今後も継続する。

- 変位マーカ-のうち、玄武岩の形成年代は、斜長石K-Ar法、全岩K-Ar法ともに約19Maであることが確認された(Ma: 100万年前)。
- β 破碎帯内物質の年代測定(ジルコンU-Pb年代、ジルコン FT年代及び既存資料)から、花崗岩体の形成(約68Ma:ジルコンU-Pb)から約250°Cに冷却するまで(58.7±11.2 Ma:ジルコンFT)急冷しており、 β 破碎帯と花崗岩の熱史は同様とみなせる。
- アパタイトFT年代(β 破碎帯; 28.4±13.6 Ma、花崗岩; 50.8 ±18.5 Ma)の熱履歴解析によれば、 β 破碎帯のアパタイト年代は、19Ma頃に貫入した玄武岩脈よる再加熱(パーシャルアニーリング)によって説明できる。

参考 報告書のまとめ記載(その2)

指示事項

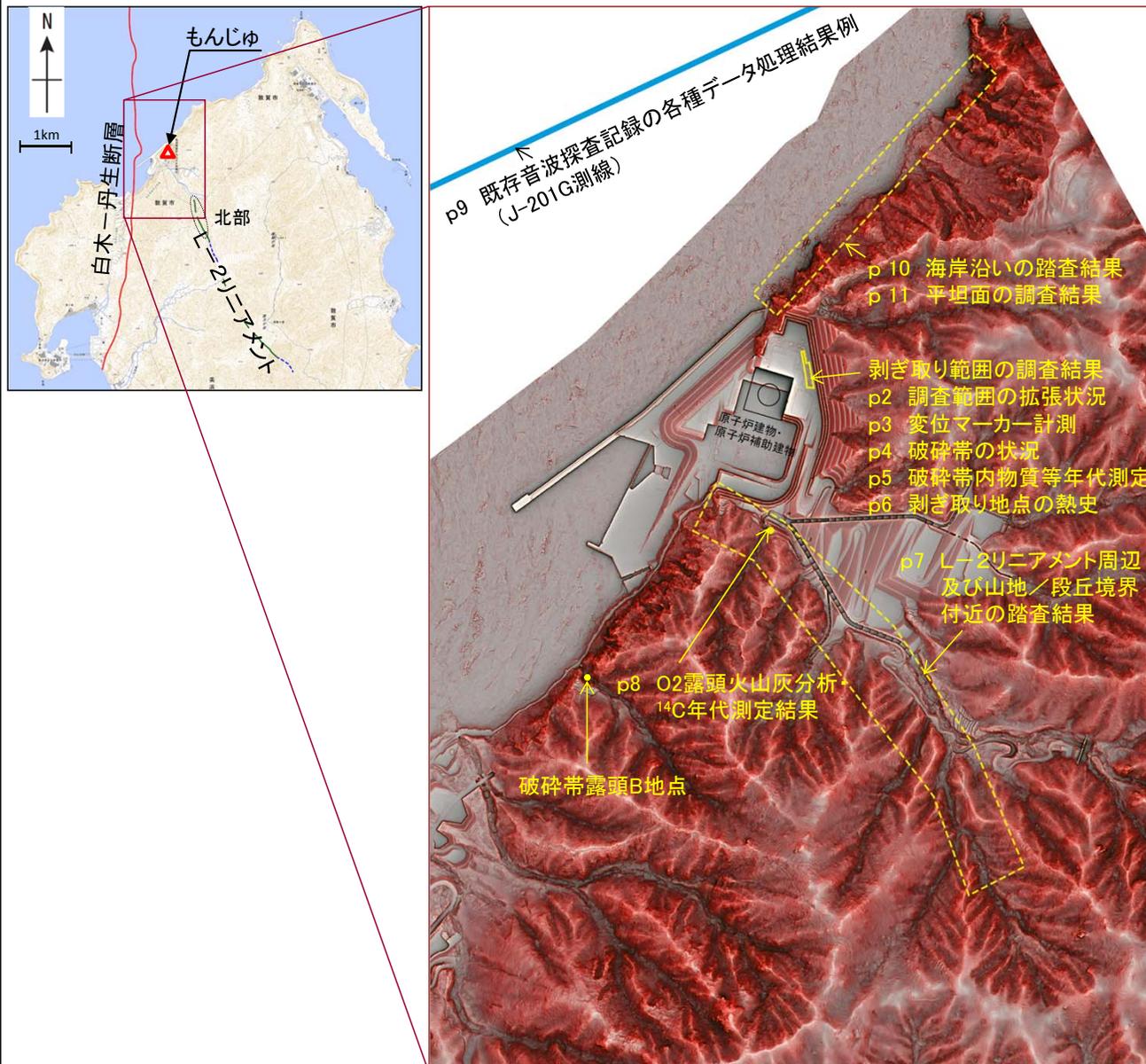
2. L-2リニアメント及びその延長部等の評価についてデータ拡充を行うため、破碎帯の分布・性状、被覆層との関係及び被覆層の堆積年代(¹⁴C年代測定や火山灰分析等)の調査を実施すること。

白木-丹生断層周辺及びL-2リニアメント延長等における海域の地質構造・活動性を把握するため、周辺海域における海上音波探査及び沿岸部における地形・地質調査等を実施すること。

- L-2リニアメント及びその延長部のデータ拡充を目的とした踏査の結果、山地／段丘境界付近にはこの境界に沿った走向の破碎帯は確認されなかった。
- 山地／段丘境界の直線性は、古い地形図で確認される河川の湾曲した侵食地形に類似している。
- 花崗岩を覆う堆積層の堆積年代の調査を実施した結果、火山灰分析と¹⁴C年代測定から、一部の露頭で約4万年BP程度、幾つかの露頭では約8,000年BP以降の堆積物の分布が確認された。また、破碎帯の確認できる露頭において上載層に変位・変形は認められなかった。
- 白木-丹生断層周辺及びL-2リニアメント延長等の海上音波探査は気象状況等により未実施である。
- 既存音波探査記録の各種データ処理を実施中であるが、既往検討結果の修正を要するような新たな情報は認められなかった。
- 今後の海上音波探査で新たに得られる記録と合わせて海域の地質構造の検討を継続する。
- 海岸に沿う方向の地形・地質調査から、原子炉建物北西側の海岸付近の踏査範囲において、節理と海岸線の方向が調和的であり、“平坦面”状の地形分布は1地点のみであることが確認された。
- 破碎帯露頭B地点の剥ぎ取り調査から、未変形の礫層と、破碎帯と関連する可能性のある粘土の分布が確認され、今後も調査・検討を継続する。

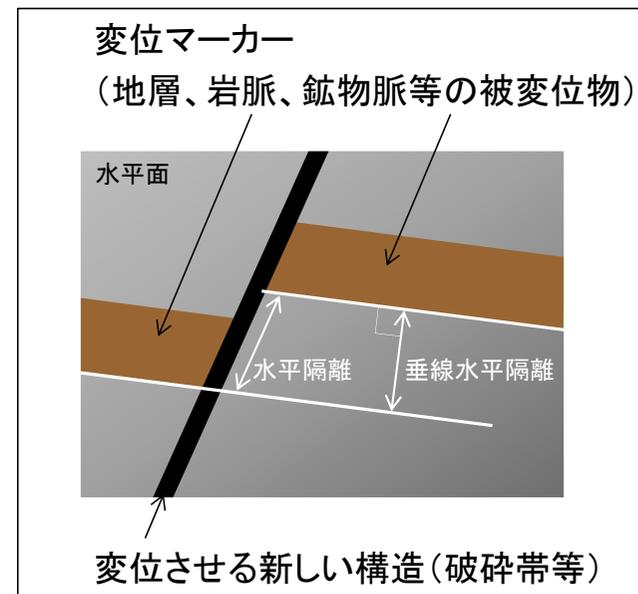
参考 掲載資料の調査位置等説明図

掲載資料の調査位置の説明図

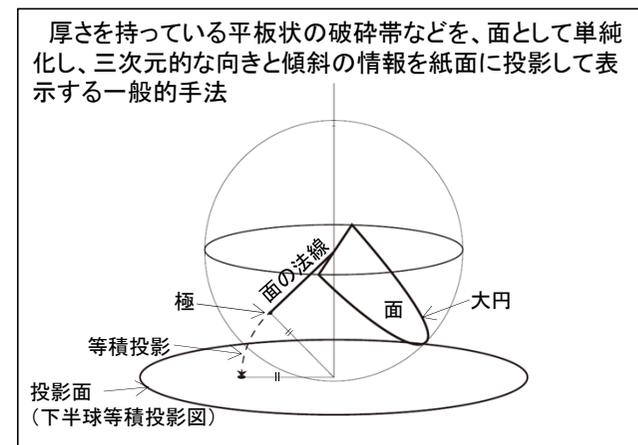


用語の説明図

変位マーカーク



極と下半球等積投影図



参考 用語集

変位マーカー

破砕帯の両側で対になるか、内部に存在し、元々同一物であったものがどれだけずれ動かされたか(変位したか)を見る指標(マーカー)となるもの。

閉鎖温度

放射年代測定で、ある温度で分析対象とする元素移動がなくなったとみなすことができる場合、その温度を閉鎖温度という。

分析対象とする核種が移動しなくなった時点が放射年代測定の出発点となるが、火成岩・変成岩がゆっくり冷えた場合などは、結晶化後も拡散等による元素移動がある。このため、ある程度冷却が進んだ時点が年代測定の出発点に相当する。

フィッシュトラック

岩石中の雲母、ジルコンやカンラン石には、ウランが微量含まれている。天然ウラン中99.3%を占める²³⁸Uは、半減期44億7000万年でアルファ崩壊するほかに、わずかの確率で自発核分裂をする。この自発核分裂によって生じた²³⁸Uの核分裂片が岩石中を通過するとき飛跡(フィッシュトラック)を残す。この飛跡は岩石が生成したときから蓄積し始めるので、内部に残っている²³⁸Uの量とフィッシュトラックの数から岩石の年代を計算できる。

また、フィッシュトラックは熱によって消失するので、人為的な加熱や火山の噴火後に形成されたトラック数からそれ以後の年代を推定することができる。

ジルコン

火成岩中に微小な結晶として広く産出する珪酸塩鉱物。通常 $ZrSiO_4$ に近い化学組成をもつ。ウラン、トリウムに富み、鉛に乏しいので、ウラン・鉛法あるいはトリウム・鉛法の放射年代測定の対象鉱物となる。また、フィッシュトラック法による年代測定にも広く用いられる。結晶系は正方六方晶系。

アパタイト

磷酸塩鉱物。燐灰石。組成の違いにより複数の種類がある(フッ素燐灰石、塩素燐灰石、水酸燐灰石)。火成岩・堆積岩・変成岩の各岩石の副成分をなしており、非常に広く産出される。化学組成は $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$ 。結晶系は六方晶系。

黒雲母

火成岩のうちの酸性岩に普通に含まれるケイ酸塩鉱物。火成岩の黒い斑点を形成するのは、ほとんどが黒雲母または角閃石である。化学組成は $K(Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH, F)_2$

斜長石

長石は地殻中に普遍的に存在する鉱物で、もっとも存在量が多く、ほとんどの岩石(火成岩、変成岩、堆積岩)に含まれる造岩鉱物。斜長石は長石の一つで、アルミニウム・カルシウム・ナトリウムなどを含む珪酸塩。

玄武岩

火成岩は全岩化学組成(特に SiO_2 の重量%)で分類され、そのうち玄武岩は SiO_2 が45 - 52%で斑状組織を有するもの。肉眼での色は黒っぽいことが多いが、ものによっては灰色に見えることもあり、また含まれる鉄分の酸化によって赤 - 紫色のこともある。

マイグレーション処理

地中からの反射波は必ずしも、真の地下構造を表していない場合がある。マイグレーション処理とは反射波の位置を正しい位置に戻すデータ処理のこと。例えば、回折源をもつ地下構造にあっては、回折波の影響が現れるので、この影響を取り除くことによって、真の地下構造を把握できるようになる。

アトリビュート解析

アトリビュート解析とは、波形信号に数学的変換を施し、波形信号に含まれる特性を分析する解析手法のこと。具体的には、反射面からの波形信号をヒルベルト変換により複素反射波信号として捉え、振幅 $A(t)$ と位相 $\theta(t)$ の情報を分離する。これによって、属性(アトリビュート)の算出が可能となり、信号の属性に着目して分析を行う。