

自己評価報告書

平成 23 年 5 月 6 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20340139

研究課題名 (和文) 走査型 ESR 顕微鏡による非破壊コア分析法の開発

研究課題名 (英文) Scanning ESR microscopy for nondestructive analyses of drill cores

研究代表者

福地 龍郎 (FUKUCHI TATSURO)

山口大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：90212183

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：電子スピン共鳴, 非破壊計測, 地震, 摩擦熱, 磁化率, 磁性, 年代測定, 台湾チェルンプ断層

1. 研究計画の概要

掘削コア試料の表面を遠隔計測できる走査型 ESR (電子スピン共鳴) 顕微鏡を作成し、熱履歴の検出や磁化率強度計測、断層活動年代測定等を一次元あるいは二次元的に非破壊計測する手法を開発することを研究目的とする。作成した走査型 ESR 顕微鏡を台湾・チェルンプ断層掘削計画等で採取された深部掘削コア試料に実際に適用して、断層摩擦熱により生成するフェリ磁性共鳴 (FMR) 信号を元に断層摩擦熱分布図及び磁化率強度分布図を作成する。また、断層ガウジ中の常磁性 ESR 信号を利用して二次元年代測定を実施し、磁化率強度分布図と組み合わせて最新の地震発生時における最大活動変位面を特定する方法を確立する。さらに、ビトリナイト反射率から見積もられた断層摩擦熱温度との比較検討を行い、断層摩擦熱温度の推定方法を確立する。

2. 研究の進捗状況

本研究では主にボーリング掘削コア試料を非破壊で計測するための走査型 ESR 顕微鏡を作成した。これまでに、マイクロ波漏出用ピンホールが円筒状共振器の側面あるいは底面に位置する 2 種類の変調磁場コイル内蔵型共振器を作成した。また、ESR 顕微鏡を使用して二次元磁化率計測を高分解能で行うための手法を開発し、様々な磁化率を持つ岩石試料について高分解能磁化率計 (Bartington 社製磁力計 MS2 及び MS2E センサー, 感応範囲 3.8mm×10.5mm, 検出限界 10^{-5} SI) との比較検討を行った。その結果、両者の結果は誤差範囲内で非常に良く一致することが確認できた。さらに今回作成した ESR

顕微鏡では、 $0.25\text{mm}\times 0.25\text{mm}$ の高分解能で 10^{-4} SI レベルの磁化率を十分計測できることが確認できており、反射顕微鏡等による観察結果との比較検討が可能になった。

次に、断層摩擦溶融現象を解析するための手段として、レーザー加熱及び放射温度計測装置を新たに作成し、加熱溶融及び温度計測を共に精度良く実施できることを確認した。これにより、通常の電気炉による高温加熱で見られるような試料の熱分解を起こすことなく加熱溶融実験を行うことができ、ESR 顕微鏡等による非破壊計測が可能になった。

一方、台湾チェルンプ断層掘削コア試料を用いた研究としては、断層摩擦熱により断層ガウジ中に生成されるフェリ磁性共鳴 (FMR) 信号と消滅する常磁性信号 (モンモリロナイト固有の四重信号及び石英固有の E_1' 中心) を組み合わせた断層の最終活動時期を特定する新しい手法を開発した。ビトリナイト反射率の計測については、チェルンプ断層掘削コア試料の研磨片を用いた計測が一部終了し、断層摩擦熱が上昇したと考えられる部分において反射率の上昇を確認することができた他、南海トラフ地震発生帯掘削コア試料で摩擦熱の上昇を検出することに成功している。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。
(理由) 走査型 ESR 顕微鏡やレーザー加熱及び放射温度計測装置の作成等、装置の作成については順調に進展している。また、ESR 顕微鏡による高分解能磁化率計測法や通常の ESR 装置による断層の最終活動時期推定法の開発等も順調に進んでいるが、台湾チェル

ンブ断層掘削コア等の断層岩試料を用いた実際の計測はやや遅れている。その理由としては、掘削コア中にある断層ガウジ試料が非常に脆く、研磨片の作成に予想以上の時間が掛かったことが挙げられる。しかし現在では、研磨片の作成は既に完了し、ビトリナイト反射率の計測の一部が終了している。

4. 今後の研究の推進方策

今後は、チェルンブ断層掘削コア試料の二次元 ESR 計測を実施し、磁化率分布図及び断層摩擦熱分布図を作成する。またレーザー加熱及び放射温度計測装置を用いて、チェルンブ断層掘削コア試料の加熱溶融実験を行い、加熱溶融により形成される微細組織を 1194m 及び 1243m 断層帯の黒色ディスク中で観察された溶融起源とされる組織と比較・検討する。さらに、コア試料中の有機ラジカルの反応速度式を求めて摩擦発熱温度を推定し、ビトリナイト反射率による計測結果と比較する。一方、常磁性信号の場合は信号強度が極端に小さいため、ESR 顕微鏡では検出され難く、二次元 ESR 年代測定を困難にしている。今後、分解能は悪くなるが検出領域をこれまでよりも広げ、二次元あるいは一次元 ESR 年代測定の可能性と分解能についての検討を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① A. Sakaguchi, F. Chester, D. Curewitz et al. (2011) Seismic slip propagation to the up-dip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE cores, *Geology*, 39, 395-399, doi:10.1130/G31642, 2011. 査読有
- ② 福地龍郎(2011) 地震発生帯深部掘削コア試料から検出される常磁性ラジカル信号の γ 線照射効果. 原研施設利用共同研究成果報告書(平成 21 年度)9106, p.1-6. 査読無
- ③ 福地龍郎(2010) ESR 法による地震断層の絶対年代測定—その原理と適用限界—. 月刊地球, Vol.32, No.1, p.16-23. 査読無
- ④ 坂口有人(2009) 断層帯の摩擦発熱量を分析するための微小ビトリナイトの反射率測定法と分析機の開発, *JAMSTEC-RIFREE*, 10, 18-21. 査読無
- ⑤ Y. Hashimoto, O. Tadai, M. Tanimizu, W. Tanikawa, T. Hirono, W. Lin, T. Mishima, M. Sakaguchi, W. Soh, S. R. Song, K. Aoike, T. Ishikawa, M. Maruyama, K. Fujimoto, T. Fukuchi, and others (2008) Characteristics of chlorotes in seismogenic fault zones: the

Taiwan Chelungpu Fault Drilling Project (TCDP) core sample. *eEarth*, Vol.3, p.1-6. 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① 福地龍郎, 野島断層帯のシュードタキライトから復元される摩擦熱エネルギー. 日本地震学会 2010 年秋季大会, 2010 年 10 月 29 日, 広島国際会議場.
- ② A. Sakaguchi, F. Chester, D. Curewitz et al., Frictional high heat at shallow portion of the mega-splay fault and frontal thrust: Core analysis of IODP NanTroSEIZE stage 1, Western Pacific Geophysical Meeting (WPGM) 2010, June/23/2010, Taipei, Taiwan.
- ③ A. Sakaguchi, F. Chester, D. Curewitz et al., Evidence for high frictional heat at a shallow portion of the faults, Tonankai earthquake rupture area, Japan. Geoscience Union Meeting 2010, May/24/2010, Makuhari, Japan.
- ④ A. Sakaguchi, G. Kimura, F. Chester et al., Paleo-thermal condition of the shallow mega-splay fault based on vitrinite reflectance: Core analysis of IODP NanTroSEIZE stage 1, American Geophysical Union 2009 Fall Meeting, December/14/2009, San Francisco, USA.
- ⑤ 福地龍郎, 沈み込み帯地震発生帯の ESR 熱年代学: 台湾チェルンブ断層掘削計画 Hole B コアを例として. 日本地質学会第 116 年学術大会, 2009 年 9 月 5 日, 岡山理科大学.
- ⑥ 福地龍郎, ESR 及び VSM 法による台湾チェルンブ断層掘削計画 Hole B 掘削コア黒色帯の熱分析. 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, 2009 年 5 月 20 日, 幕張メッセ国際会議場.

[図書] (計 1 件)

- ① 今井登, 標準試料 岩石・鉱物, 環境標準試料. 地球化学講座 8, 地球化学実験法, p.108-120, 2010 年, 培風館.

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし