

SSS028-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

日光・足尾地域の詳細な地震活動

Detailed seismic activity beneath the Nikko-Ashio area revealed by a tomographic analysis

萩原 弘子^{1*}

Hiroko Hagiwara^{1*}

¹ 東京都庁

¹Tokyo Metropolitan Government

The Nikko-Ashio area, the northwestern part of Tochigi prefecture, is one of the most seismically active regions in Japan. Tectonic background in the region is dominated by the Pacific plate subducting westward from the Japan Trench. The area is located on the southeast end of the volcanic front expanding from the Tohoku to the Kanto. Active volcanoes such as Mt. Shirane and Mt. Nantai and also active faults such as the Uchinokomori fault are in the region. A large amount of shallow earthquakes about 6,000 ~ 8,000 a year have been observed around active faults by the routine observations of the Earthquake Research Institute (ERI). The specific characteristics of the activity are as follows: 1. Earthquakes are mainly located in two regions. 2. Earthquakes separate into clusters. 3. Most earthquakes occur within a depth of 15 km. 4. The distribution tends to shallower toward Mt. Shirane. 5. Obvious SxS and SxP phases reflected from a crustal discontinuity are in the seismograms. 6. Deep low frequency earthquakes at depths of 20 to 40 km occur beneath the region.

Recently, many researchers have investigated what factors cause inland crustal earthquakes. Understanding of the Nikko-Ashio earthquakes will provide information concerning the construction of solutions.

To now we conducted time series analyses and travel time analyses for Nikko-Ashio data. We have obtained some information concerning velocity structures and seismic distribution. Low-frequency earthquakes have occurred about one a month, but sometimes more than dozens of them occur at a time. After that, shallow earthquakes obviously increase. From a tomographic study we have found that low-frequency earthquakes occur at the edge of high Vp/Vs areas and high Vp/Vs, low Vp and low Vs areas spread widely at depths of 20 to 30 km. We interpret that low-frequency earthquakes occur as the results of ascending magma flow and intermittent rapid magma flow causes many low-frequency earthquakes at a time. Upwelling magma flow accumulates at a depth of ~20 km and the dehydration from the magma weakens the strength of the crust and causes shallow earthquakes.

In this report, we investigate precise earthquake distribution to obtain an improved understanding of these systems connected with magma or fluid. In the seismograms, there are many similar earthquakes. We adopt tomoDD inversion method to the travel time data with those wave correlation data during the period from April, 2002 to December, 2009.

キーワード: 震源分布, 低周波地震, マグマ, 流体, 速度構造

Keywords: seismic distribution, low frequency earthquake, magma, fluid, velocity structure

SSS028-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

三重県飯高赤桶コアを構成する中央構造線カタクラサイト中の変形の進展に伴う著しい元素移動

Migration of elements accompanied by the development of cataclasites in borehole penetrating the Median Tectonic Line

渡部 悠登^{1*}, 竹下 徹¹, 重松 紀生², 藤本 光一郎³, Python Marie¹

Yuto Watanabe^{1*}, Toru Takeshita¹, Norio Shigematsu², Koichiro Fujimoto³, Marie Python¹

¹ 北海道大学, ² 産総研, ³ 東京学芸大学

¹Hokkaido University, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³Tokyo Gakugei University

領家帯と三波川帯の境界となる中央構造線では、上盤の領家帯岩石中で温度の低下とともに変形が局所化し、その結果マイロナイトからカタクレサイトまでの多様な断層岩が見られる。本研究では、調査対象として三重県にある飯高赤桶観測井のボーリングコアサンプルを用い、蛍光 X 線分析による体積変化、元素変動の記載を行った。調査対象となったコアサンプルは、全長 600m、三波川帯の上部破碎帯まで掘削された三重県飯高赤桶観測井から得られたものである。また、実験で用いた断層岩サンプルは、中央構造線の深度 317m から 473m 間のものであるが、ボーリングコアは深度 473.9m で中央構造線を貫いている。したがって、サンプルは全て領家帯に属しており、断層岩の原岩はトーナライトである。なお、463m 付近では 1m 幅でフィロナイト(緑泥石濃集岩)が見られた。すべての岩石は流動変形を受けてマイロナイトとなっているが、その後温度低下の過程で様々な程度にカタクレサイト化を受けている。サンプルをカタクレサイト化の程度で分類するために、肉眼観察、および薄片観察を行った。その結果、試料を比較的未変形であり原岩に近いもの、また断層岩をカタクレサイト化の程度の違いにより弱変形、中変形、強変形(フィロナイト)した断層岩、の合計 4 つのグループに分類した。これらの断層岩カタクレサイトの体積変化、元素変動を明らかにするため、蛍光 X 線分析による全岩化学組成分析を行い、アイソコン法(Grant, 1986)による検討を行った。本研究では、断層岩内の不動な元素として、Al を用いた。体積変化については、断層岩の密度変化が無いと仮定し、次式により見積もりを行った。

$V = [(1/S) - 1] \times 100$ このとき S はアイソコン図の原点と不動である元素のプロットを結んだ直線の傾きである。各元素の変動については、元素変動率を次式で求めた。(鹿園ほか, 2007)

元素変動率 = $(El_f / Al_f) / (El_h / Al_h)$ このとき El は任意の元素、Al は不動な元素であり、f, h は断層岩、比較対象となる岩石である。

アイソコン法による解析は、「最も未変形な原岩に近いトーナライトと弱変形断層岩」、「弱変形断層岩と中変形断層岩」、「弱変形断層岩と強変形断層岩」の 3 種の組み合わせについて行った。

最も未変形な原岩に近いトーナライトと弱変形岩との組み合わせでは、29.8 % の体積増加が見られた。また主要元素の変動については、K₂O (3.78), LOI (1.49), SiO₂ (1.46), Na₂O (1.28) が増加を示し、TiO₂ (0.30), MgO (0.33), P₂O₅ (0.36), FeO+Fe₂O₃ (0.50), MnO (0.55), CaO (0.63) の減少を示した。弱変形断層岩と中変形断層岩の組み合わせは、7.6 % の体積減少を示した。また主要元素変動については、TiO₂ (3.82), MgO (3.19), P₂O₅ (2.56), MnO (2.01), FeO+Fe₂O₃ (1.90), CaO (1.74), LOI (1.31) が増加を示し、K₂O (0.76), Na₂O (0.80), SiO₂ (0.80) が減少した。弱変形断層岩と強変形断層岩の組み合わせについては、体積変化は 22.8 % の体積減少が見られた。主要元素の変動は、MgO (8.76), TiO₂ (2.81), CaO (2.51), FeO+Fe₂O₃ (2.44), MnO (2.34), LOI (2.00), P₂O₅ (1.89) が増加し、K₂O (0.60), Na₂O (0.56), SiO₂ (0.50) が減少を示した。アイソコン法で解析した主要元素変動の特徴は、弱変形断層岩に対する中変形、強変形断層岩の 2 組の元素の増減が似ている。また、最も未変形な原岩に近いトーナライトと弱変形断層岩間の元素変動と上の 2 組の元素変動は、全岩化学組成分析で多くの重量%を占める元素について、増減が逆の特徴を示す。これらの断層岩の元素変動に対応する鉱物増減(形成および消失)を考える。最も未変形な原岩に近いトーナライトから弱変形断層岩では、K₂O の増加が白雲母の形成と、SiO₂ の増加は石英の形成と対応していると考えられる。また、弱変形断層岩から中変形、強変形断層岩に関しては、CaO の増加は方解石の形成と、また MgO と FeO+Fe₂O₃ の増加は緑泥石の増加と対応していると考えられる。消失した鉱物については、十分考察できていない。今後、薄片観察による鉱物同定をもとに、微量元素も含めた元素変動と結果として生じる断層岩中の鉱物の増減との対応を明らかにしていく必要がある。

SSS028-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 14:00-16:30

断層深部延長におけるイントラフォリアル褶曲の発達 Development of intrafolial folds at deeper extension of seismogenic fault

金子 英亮^{1*}, 武藤 潤¹, 長濱裕幸¹

Hideaki Kaneko^{1*}, Jun Muto¹, Hiroyuki Nagahama¹

¹ 東北大・理・地圏

¹ Inst. Geol. Paleontol., Tohoku Univ.

内陸地震の発生過程を理解しようとしたときに、脆性-塑性遷移領域での岩石の塑性変形の性質、この領域の破壊発生過程、そしてこの領域での断層内部構造を理解する必要がある。この時、かつて脆性-塑性遷移領域において大地震を起こした断層が、上昇剥し現在地表に露出しているような場所を解析するのが都合がよい。畑川破砕帯は、これまで塑性変形と破壊の関係を示す痕跡 (Takagi et al., 2000) がみつかったことから、かつての震源域がそのまま地表に露出している可能性が高い (重松ほか, 2003)。

我々は、畑川破砕帯に分布する花崗岩マイロナイト中に、イントラフォリアル褶曲を発見した。このイントラフォリアル褶曲は、もともと層状構造を持たない均質な岩石に生成したという点で、堆積岩や変成岩中に見られる普通のイントラフォリアル褶曲とは基本的に異なっている (福留, 1986)。福留 (1986) はマイロナイト中のイントラフォリアル褶曲は、ひずみ速度の不連続性により生じる Kelvin-Helmholz 不安定性により形成される可能性を指摘した。断層深部延長において、そのような塑性不安定性がすべりの加速と固着している断層上部における応力集中を引き起こし、地震発生につながる事が示唆される。

本研究では、畑川破砕帯に露出する花崗岩ウルトラマイロナイトの微細構造及び、イントラフォリアル褶曲構造を示す石英多結晶体の格子定向配列 (LPO) 及び粒径を走査型電子顕微鏡 - 電子後方散乱回折法 (SEM-EBSD) を用いて測定した。得られた微細組織をもとに変形条件を推定し、震源断層に応力集中を引き起こす断層深部延長での塑性不安定性の機構 (イントラフォリアル褶曲の形成機構) を明らかにすることを目的とする。

イントラフォリアル褶曲はマイロナイトの面構造に垂直で線構造に平行な面で観察される。マイロナイトは石英多結晶と細粒な石英、長石、雲母を含む基質部の互層からなり、褶曲は石英多結晶体の層に発達する。褶曲形態は非対称であり、波長が 1cm 以下というオーダーで、褶曲の波長と層厚の比は 1.2 - 4.5 である。褶曲部分の石英多結晶は再結晶粒のみで構成され、LPO を持つことから転位クリープによって再結晶したものである。EBSD 測定から石英 LPO パターンはひずみ楕円の Y 軸に集中する Y 集中 LPO を示す。EBSD 法を用いて粒径を測定し、平均粒径は $6.32 \pm 3.86 \mu\text{m}$ ~ $14.27 \pm 6.67 \mu\text{m}$ であった。これに対して、細粒な基質部の粒径は最大 $5 \mu\text{m}$ 程度であり、明瞭な LPO を持たないことから拡散クリープによって変形したと考えられる。鉱物組み合わせと石英 LPO パターンから、変形温度の見積もりを行った。角閃石の塑性変形が観察され、石英多結晶体の LPO パターンが Y 集中を示すことから、本研究のマイロナイト試料は 450 ~ 500 °C で変形したと考えられる (Toy et al., 2008)。得られた粒径から Stipp and Tullis (2003) の粒径応力計を用いて差応力を、Hirth et al. (2001) の流動則を用いてひずみ速度の見積もりを行った。褶曲した石英多結晶体の差応力は 81 ~ 154 MPa であり、ひずみ速度は 10^{-12} ~ 10^{-10} /s と見積もられる。このひずみ速度は、測地的に求められた現在の東北日本における東西短縮ひずみ速度 (約 10^{-15} /s) (Miura et al., 2004) と比較して最大 5 桁速い。イントラフォリアル褶曲はひずみ速度の不連続性により発達することから (福留, 1986)、マイロナイト中の細粒基質部はさらに速いひずみ速度で変形していた可能性がある。このような断層の深部延長におけるひずみの集中が固着している断層上部に応力集中を引き起こし、地震発生につながるのではないかと考えられる。

キーワード: イントラフォリアル褶曲, 塑性不安定性, ウルトラマイロナイト, 畑川破砕帯, 内陸地震

Keywords: intrafolial fold, plastic instability, ultramylonite, Hatagawa Fault Zone, inland earthquake