

## ヘリウム同位体比を考慮したベイズ統計学による未知の活断層の評価 A Bayesian approach to assess the probability of concealed active faults existing using helium isotope ratios

マーティンアンドリュース<sup>1\*</sup>; 石丸 恒存<sup>2</sup>; 梅田 浩司<sup>2</sup>; 浅森 浩一<sup>2</sup>  
MARTIN, Andrew<sup>1\*</sup>; ISHIMARU, Tsuneari<sup>2</sup>; UMEDA, Koji<sup>2</sup>; ASAMORI, Koichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> スイス放射性廃棄物管理共同組合, <sup>2</sup> 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター  
<sup>1</sup>NAGRA, <sup>2</sup>Tono Geoscience Center, JAEA

放射性廃棄物の地層処分のサイト選定や原子力施設の安全性評価などを念頭に、我が国においては地質環境の長期安定性に関する研究など多くの研究開発が進められてきているが、その中で活断層の時空分布を理解することは特に重要と考える。この場合、地表部に破断が及んでいなかったり地形に痕跡の残らない活断層（いわゆる「未知の活断層」）の存在をどのように考慮するかということが課題である。

一般に火山地域の地下水中に検出される高 He-3/He-4 比は、非火山地域の地下水にも検出される場合がある。非火山地域の高 He-3/He-4 比は断層等を移行経路としたマントル物質の脱ガスが原因であると考えられている（例えば Kennedy et al., 1997）。鳥取県西部地域を対象とした研究（Umeda and Ninomiya, 2009）では、He-3/He-4 比の分布が 2000 年鳥取県西部地震（Mw 6.8）の震源断層（地震以前は活断層として認定されていなかった）の存在を示す間接的な証拠となりうる可能性を示した。

本発表では、この仮説を定量的に表現するため、He-3/He-4 比をベイズ法によって組み込んだ推論モデルの開発について紹介する。ベイズ法の枠組みにおいて、まず最初に研究対象地域のテクトニックセッティングに基づく先験的前提（a priori assumption）を設定する。既知の活断層のトレースは、同じ距離間隔をもったセグメントに区分されている。未知の活断層セグメントは、既知の活断層セグメントの分布からそれほど離れていないということを今回の先験的前提としている。さらに、既知の活断層からの距離が近いほど対象地域での「未知の活断層」の存在確率は大きくなると仮定する。そして、既知の活断層セグメント分布を中心としてカーネル関数（kernel functions）を用いて（Martin et al., 2003）、未知の活断層の存在について二次元の事前（a priori）確率分布を計算する。その際、未知の活断層セグメントの存在確率が離間距離に応じてゼロにならないように、保守的にコーシー確率密度関数（PDF）を選択している。

次の段階では Martin et al. (2004, 2012) による手法を適用して、コルモゴロフ・スミルノフ検定（Kolmogorov-Smirnov statistical tests）に基づいて He-3/He-4 比の分布を「Likelihood 関数」と呼ばれている PDF の中に再配置する。そして、ベイズの定理を用いて、事前確率分布と Likelihood 関数を組み合わせることで事後（a posteriori）確率分布を計算する。

2000 年鳥取県西部地震が起こる以前のデータを使って計算した事後確率分布では、未知の活断層の存在確率が震源域において増加していることが示された。言い換えれば、鳥取県西部地域を対象に計算した事後確率分布は、活断層がマントル起源の希ガスの移行経路となっているという仮説を裏付けるものとも言えるだろう。

発表では、今回の手法を用いて他のデータ（例えば重力・地殻の歪み速度など）を組み込む可能性についても議論する。

### 引用文献

- Kennedy et al. (1997), Mantle fluids in the San Andreas fault system, California, *Science*, 278, 1278-1281.  
Martin et al. (2003) *Acta Geophys.* 51, 271-289  
Martin et al. (2004) *J. Geophys. Res.*, 109, B10208, doi:10.1029/2004JB003201.  
Umeda, K. and Ninomiya, A. (2009) *Geochem. Geophys. Geosys.*, 10, Q08010, doi:10.1029/2009GC002501.  
Martin A. J., Umeda K. and Ishimaru T. (2012) *InTech Pub.*, doi:10.5772/51859

キーワード: 活断層, ベイズ法, ヘリウム同位体比  
Keywords: Active fault, Bayesian, Helium isotope ratio