

資料 45-2-1-2

NRA 技術報告「野島断層の断層破碎物質を用いた地震性すべりの直接的年代測定手法の検証」について

令和 3 年 4 月 14 日
技術基盤グループ地震・津波研究部門

1. 背景及び目的

設置許可基準規則の解釈別記 1 の 3 は「将来活動する可能性のある断層等」を、後期更新世以降(約 12~13 万年前以降)の活動が否定できないものとし、必要な場合は、中期更新世以降(約 40 万年前以降)まで遡って活動性を評価することとしている。通常、断層の活動性は、断層の上位に堆積した地層の年代に基づき特定あるいは推定する(「図 1 断層の活動性評価手法の例」①参照。以下「上載地層法」という。)。しかし、地域によってはそのような地層が欠如している等の理由により、上載地層法の適用が難しい場合もある。このような場合、一般に鉱物脈や岩脈と断層との切断関係、あるいは断層本体の断層破碎物質の性状や年代測定等により総合的に活動性を評価する(同図②参照)。しかしながら、断層破碎物質を用いた活動性評価に関しては、信頼性の高い活動年代の評価手法が確立されていない。

これに関し、研究プロジェクト「断層破碎物質を用いた断層の活動性評価手法に関する研究 定量的評価手法に基づく断層の活動性評価手法の整備」(平成 25 年度~令和元年度)(以下「本研究」という。))において、断層破碎物質の年代測定によって、実際の活動時期との関連性を検証し、中期更新世以降の断層の活動性評価に適した年代測定手法を検討している。

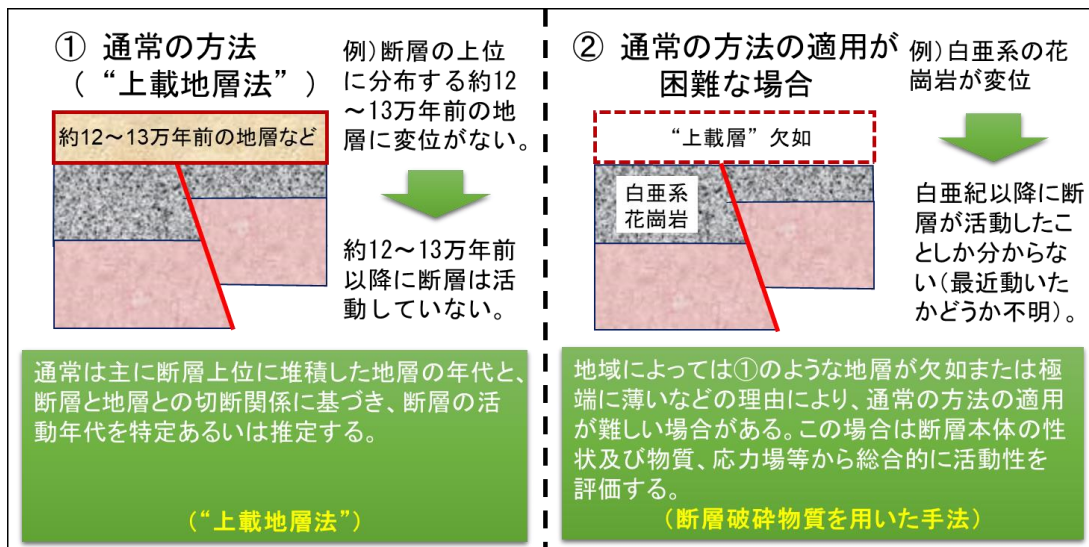
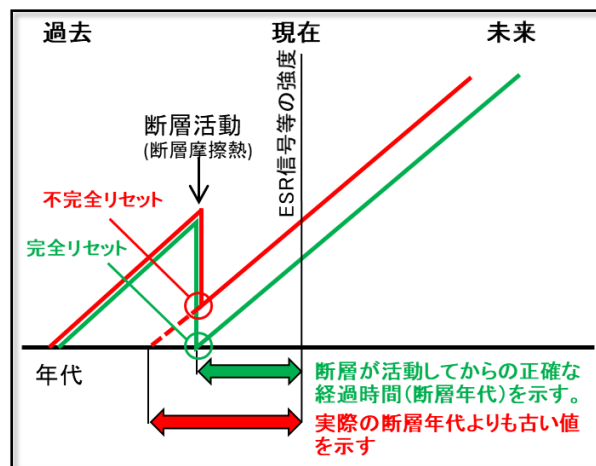


図 1 断層の活動性評価手法の例

2. 本研究の内容と得られた新発見

断層の最新活動時の年代値を取得する方法として、断層活動時の摩擦熱により年代がリセットする温度に達した断層破碎物質を用いて年代を測定する手法がある。しかし、断層破碎物質を用いた活動性評価に関しては、年代のリセットする条件が明らかとなっていないため信頼性の高い活動年代の評価手法が確立されていない。断層活動に伴う摩擦熱は、深部ほど封圧とせん断応力が大きくなるため高くなると考えられる。地表付近では摩擦熱が十分に高くないために断層の最新活動時の年代値が得られない(図 2)。正確な年代値を取得するためには、摩擦熱により年代がリセットした断層破碎物質の有無を確認し、その深度について検討する必要がある(図 3)。



出典) 福地(2004)¹を一部編集

図 2 不完全なリセットが年代値に及ぼす影響

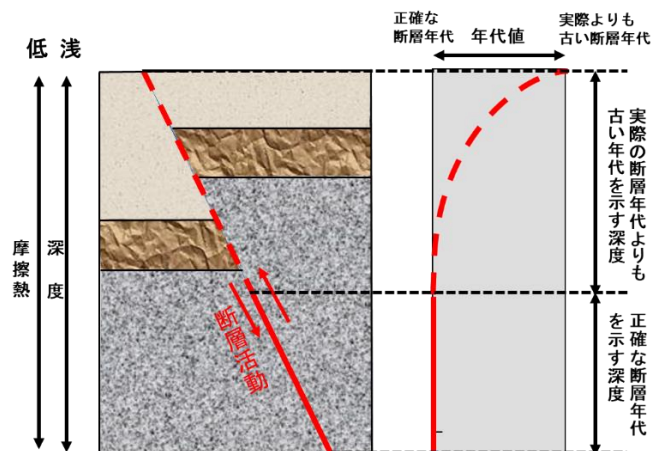
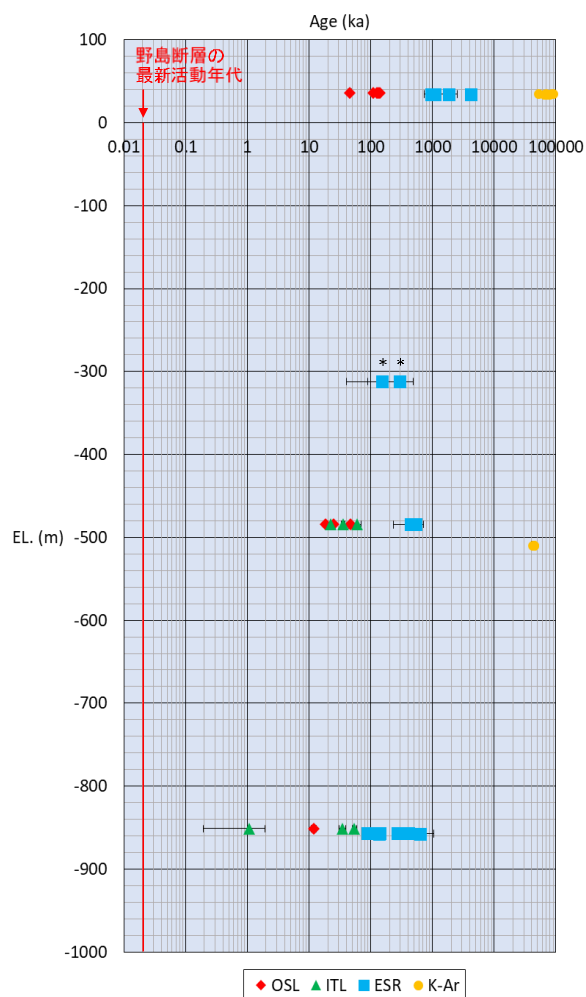


図 3 予想される断層沿いの年代リセット状況の変化

そこで、本研究では 1995 年の兵庫県南部地震で地表変位が確認されている野島断層を対象として、深部ボーリング調査等によって異なる深度の断層破碎物質を採取し、それぞれの試料について直接的年代測定としてルミネッセンス(OSL 及び ITL)年代測定、電子スピン共鳴(ESR)年代測定、K-Ar 年代測定を実施した。その結果、いずれの年代値も地下深部ほど若くなることが示された。この中で、ルミネッセンス年代値は、深度 897m の一部の断層破碎物質において、野島断層の最新活動時期(20 年前:本研究の実施時期からの起算)に対して数万年前の評価結果となり、活断層の認定に当たって、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合の基準である中期更新世以降(約 40 万年前以降)における断層活動の有無を判断する情報が得られることが示された。以上のことから、断層破碎物質を用いたルミネッセンス年代測定が断層の活動性評価に有効であることが示された。



出典)Miyawaki and Uchida (2018)²を一部編集

図 4 主断層における破碎部の各種年代値及び深度との関係

注)ka は千年前、エラーバーは 1σを示す。

*は Fukuchi (2001)³による ESR 年代。

野島断層で検証した年代リセット状況を踏まえて、任意の断層の活動性を審査において評価する上での留意点を検討した。

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(以下「審査ガイド」という。)では、将来活動する可能性のある断層等の認定について、「①将来活動する活断層等は、後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動が否定できないものとする、②その認定に当たって、後期更新世(約12~13万年前)の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降(約40万年前以降)まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること」を定めている。野島断層での検証結果に基づくと、主断層の年代値は、いずれも深部に向かって若くなる傾向を示すことから、本研究で対象とした年代測定手法を用いて推定した年代値と深度との関係は、図5に示す3つのケースが想定される。ケース①及びケース②に示すように、地表部又は地下深部において主断層の年代値が約40万年前より若い値を示す断層については、審査ガイドに従うと将来活動する可能性のある断層等に該当することになる。ケース②及びケース③は、ともに地表部で約40万年前より古い値を示すが、地下深部で約40万年前以降の年代値を示すかどうかは、異なる深度の主断層の年代値を測定して判断する必要がある。一方、ケース①では、地表部において審査ガイドに示す将来活動する可能性のある断層等に該当しており、主断層の年代値が深部に向かって若くなる傾向を考慮すれば、深部の年代を測定する必要はない。

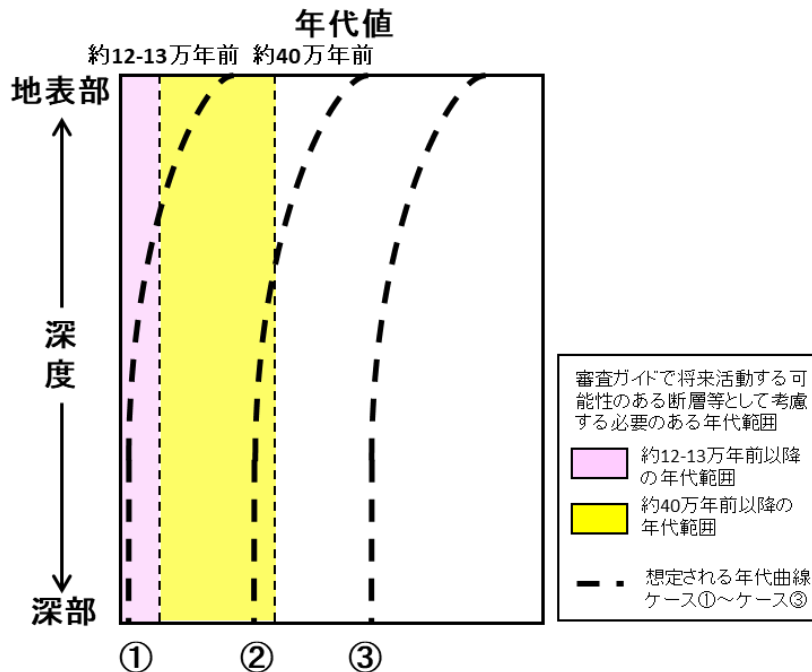


図5 想定される破砕部の年代値及び深度との関係

3. 今後の対応

本研究は、断層破砕物質を用いた断層の活動性評価手法による評価結果の一例について記したものである。よって、本知見により現行規制基準及びガイドを直ちに反映する事項はない。

本研究では、断層破砕物質を用いたルミネッセンス年代測定は K-Ar 年代測定に比べて信頼性の高い断層活動年代の評価手法であることを示す情報が得られたことは、審査にとって有用な知見であるといえる。このため、事業者に対して本知見を周知することとしたい。

参考文献

- 1 福地龍郎、“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、2004.
- 2 Miyawaki, M., and Uchida, J., “Validation of the direct dating of coseismic fault slip events along the Nojima fault”, Hokudan 2020 International Symposium on Active Faulting, Hokudan earthquake memorial park, Awaji city, 2020.
- 3 Fukuchi, T., “Assessment of fault activity by ESR dating of fault gouge; an example of the 500 m core samples drilled into the Nojima earthquake fault in Japan”, Quaternary Science reviews, 20, 1005-1008, 2001.