

山梨大学大学院総合研究部教育学域・福地龍郎

【今後の展開 商品イメージ応用できる分野】

地球環境評価のための放射線量計測に対するニーズの増加

電子スピン共鳴(ESR)法の原理

天然の鉱物中には、空孔や格子間原子、不純物イオンなど、様々な点欠陥(いわば鉱物の傷)が存在している(図1・2)。一方、天然の鉱物や鉱物の集合体である岩石中にはウランやトリウムなどの放射性元素が微量ながら含まれており、自然界には放射線(α線, β線, γ線)が渦巻いている。鉱物や岩石が自然放射線に被曝すると、電離によって形成された電子や正孔(hole)が点欠陥に捕獲される。捕獲された電子や正孔は電子スピン共鳴(ESR)装置によりESR信号として検出されるが、ESR信号強度は放射線照射により規則的に増大して行く(図3)。

ESR法では、試料に段階的に人工放射線を照射した時に得られる各ESR信号強度を最小二乗法で回帰し、回帰直線を外挿すると試料が生成以来受けてきた放射線の総量(総被曝線量)が求まる(図4)。総被曝線量を年間線量率で割ると、ESR年代値が求まる(ESR年代測定法の原理: 図5)。断層は何度も活動するので、活断層の最新活動年代を求める場合、断層摩擦熱によるESR信号のリセットを考慮する必要がある(Fukuchi, 1992)。ESR信号が完全にリセットされない場合、ESR年代値(T)は過剰見積となり、理論的には最新活動年代(Ta)の上限値を与える($Ta \leq T$, 図6)。

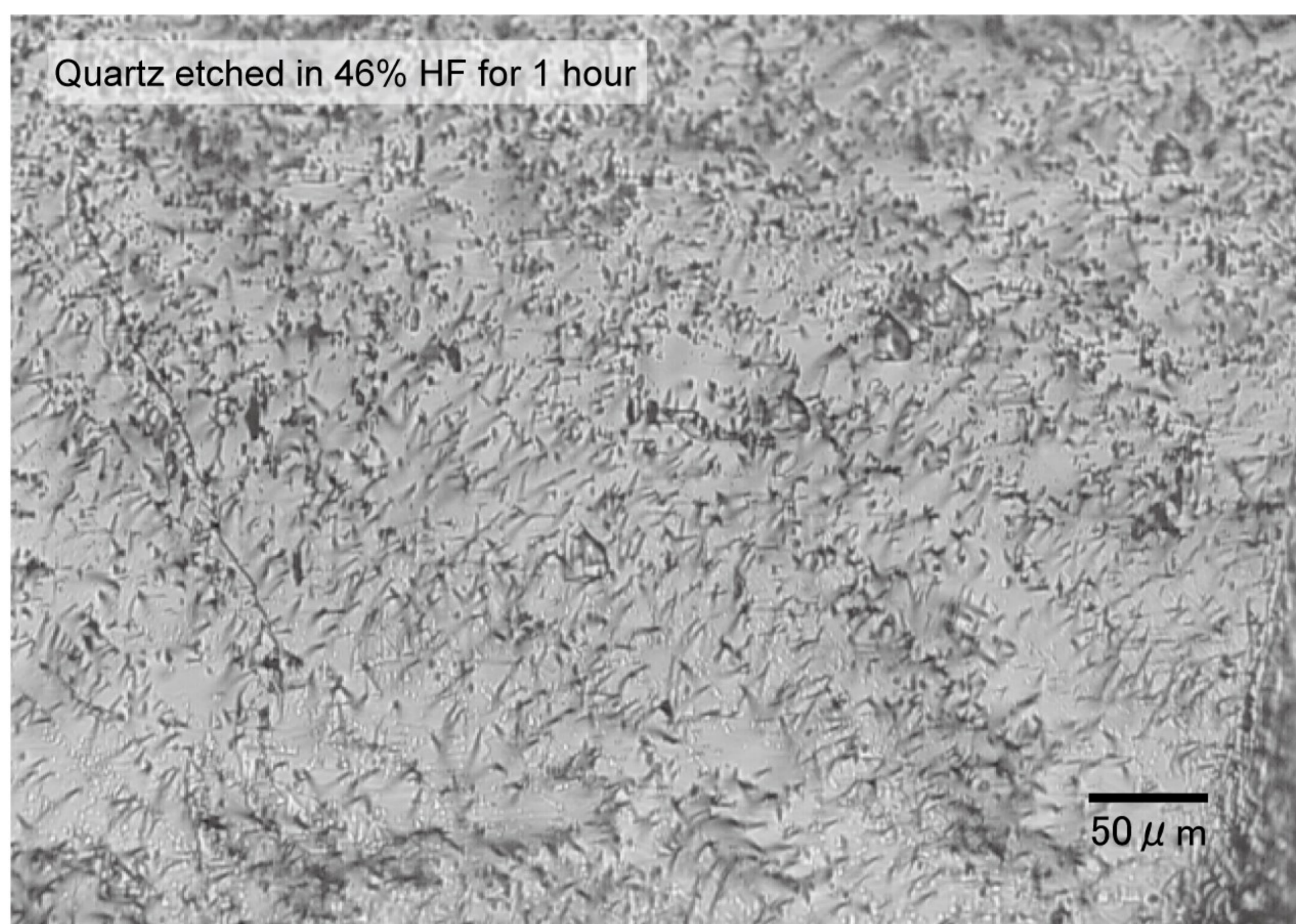


図1 フッ酸(HF)処理した石英結晶中に観察される無数の点欠陥(福地, 2004より引用)

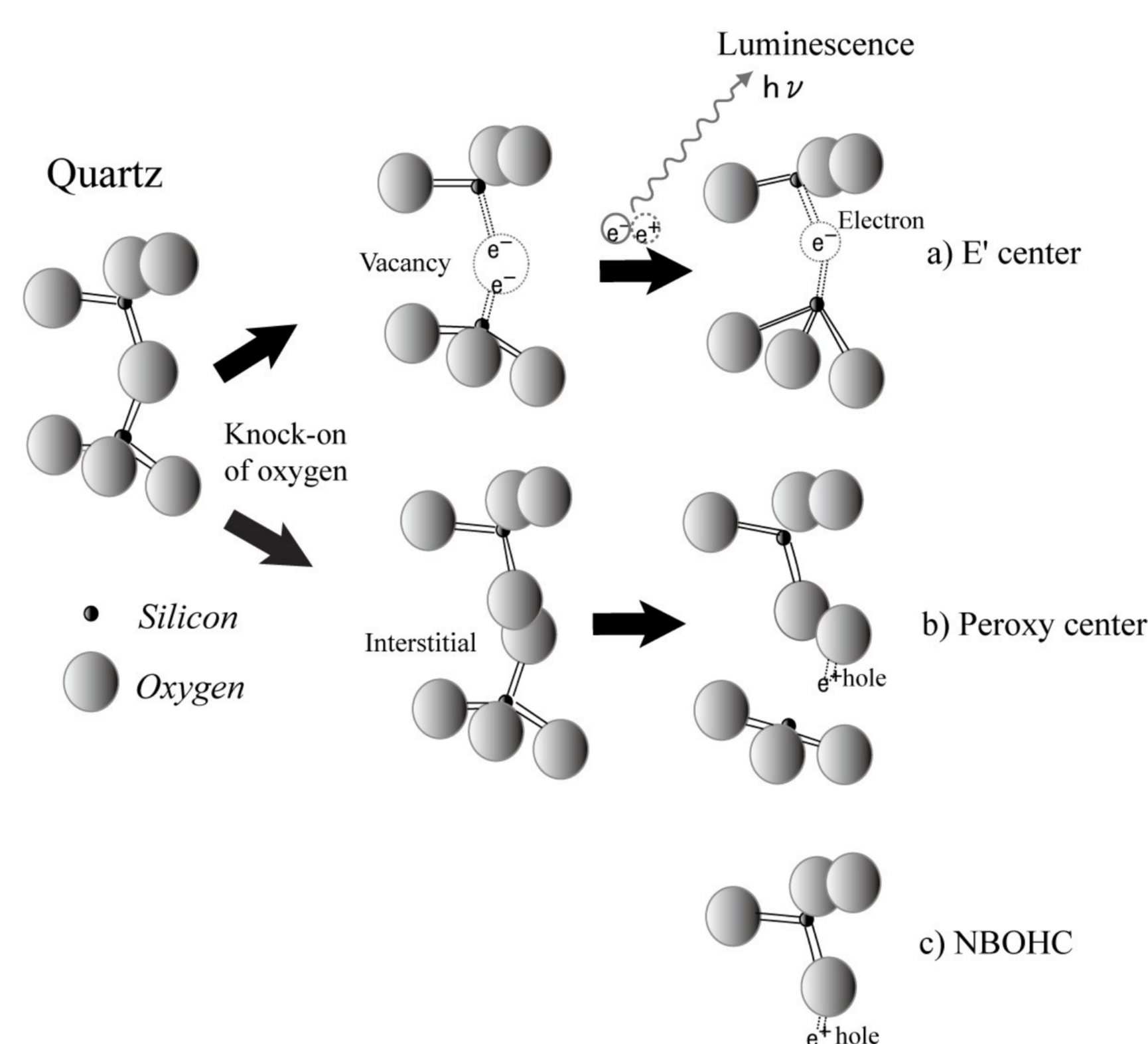


図2 石英中に存在する主な点欠陥(E'中心, peroxy中心, NBOHC)(福地, 2004より引用)

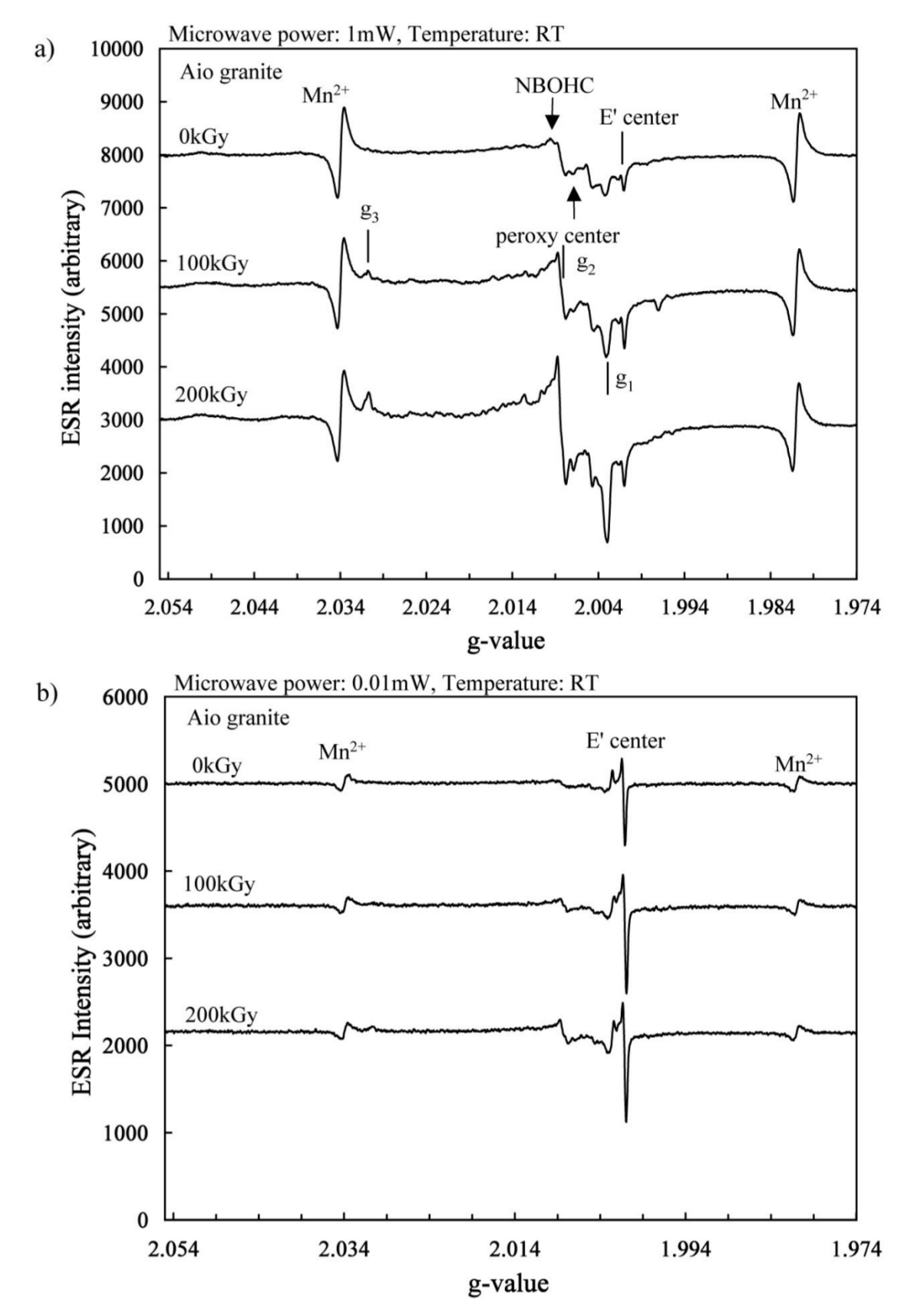


図3 石英の点欠陥から検出されるESR信号とγ線照射効果(福地, 2004より引用)

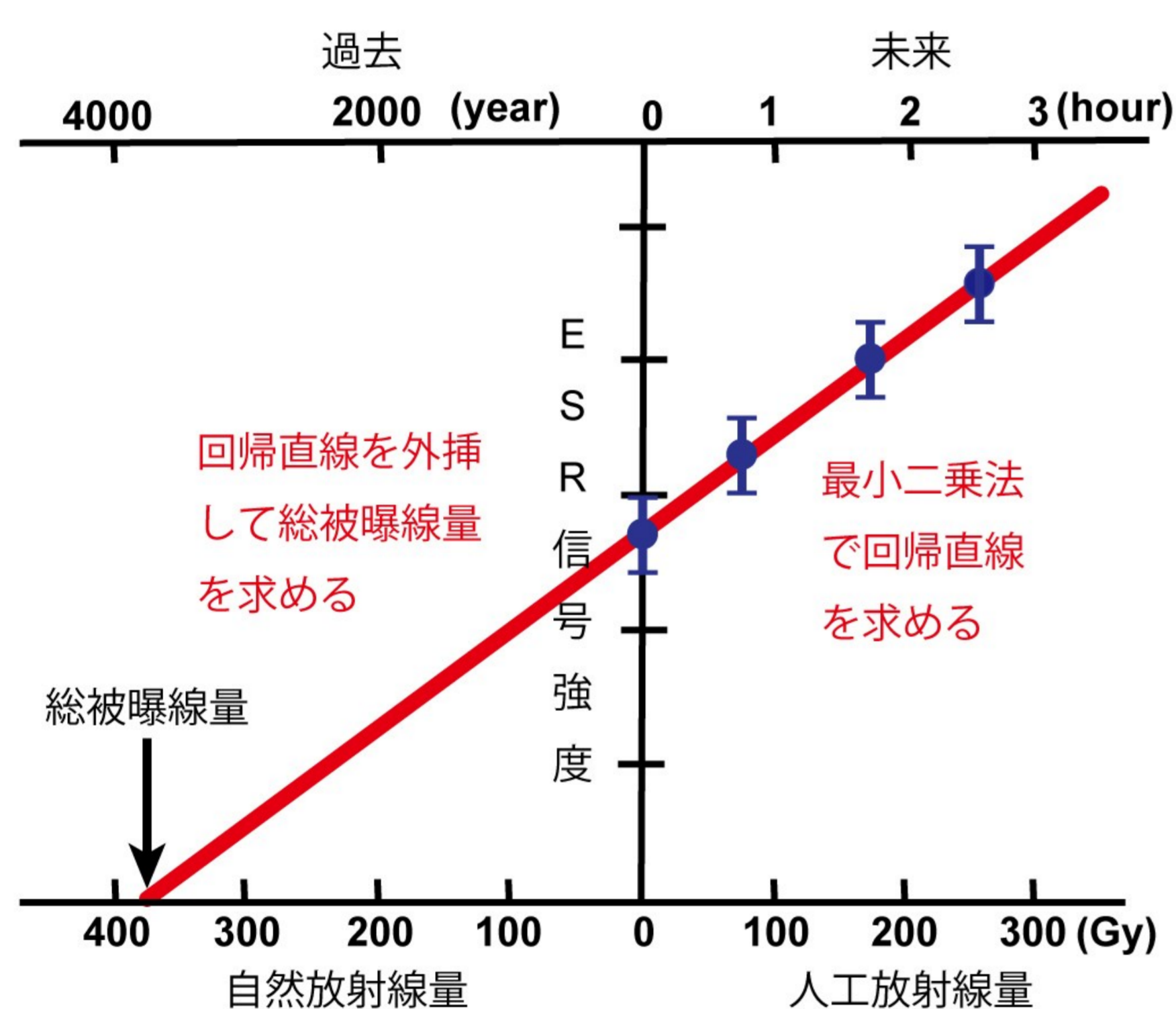


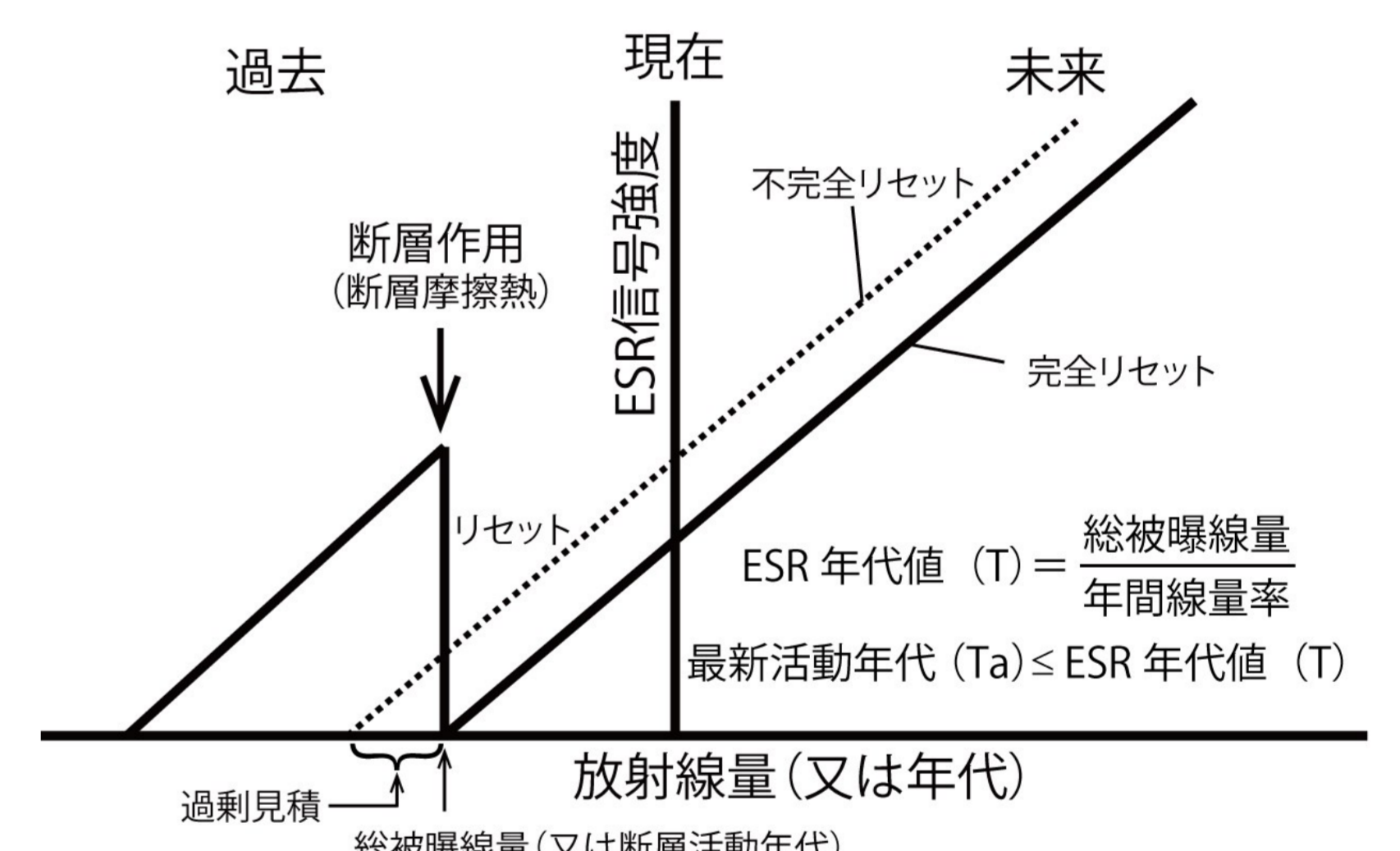
図4 ESR法による放射線量計測の原理

$$\text{ESR年代値} = \frac{\text{総被曝線量}}{\text{年間線量率}}$$

総被曝線量: 鉱物試料が生成以来受けてきた放射線の総量を言う。鉱物試料に人工放射線を段階的に照射した時に得られるESR信号強度の成長直線(あるいは曲線)を外挿して決定する。

年間線量率: 試料が1年間に受ける放射線量を言う。試料中及び周囲に存在する放射性元素から放出される全てのα線, β線, γ線の吸収線量を化学分析と放射平衡を仮定した計算により決定する。

図5 ESR年代測定法の原理



ESR年代値による活動性評価(1Ma=100万年)

- Ta ≤ 2 Ma 活断層
- Ta ≤ 0.4 Ma 原発耐震上重要な活断層
- Ta ≤ 0.13 Ma 特に注意が必要な活断層

図6 断層のESR年代測定法の原理

山梨県内の活断層への適用と活動性評価

南アルプス西縁には日本第1級の地質構造線である糸魚川-静岡構造線(糸静線)が位置している。糸静線は、北杜市小淵沢町以南では、活断層であることが判明している認定区間と判明していない未認定区間に分岐している。ESR年代測定の結果、北杜市石空川~葦崎市ドンドコ沢の未認定区間が活断層であることが判明した(図7)。地震の震源分布の解析の結果、南アルプス直下では微小地震が線状に分布しており、未知の活断層の存在が示唆される(福地・窪田, 2023)。2~4mm/年という日本最大の隆起速度を示す南アルプスは削剥速度も大きく、活断層の変位地形が消されている可能性がある。

地球環境評価への応用

電子スピン共鳴法は、鉱物の他、貝殻及び魚骨、土壌、食品に応用可能である。貝殻を構成するアラレ石や魚骨に含まれる燐灰石を活用して放射線量計測を行い、福島県産水産物(魚介類)への放射能処理水の影響評価が期待できる。また、土壌に含まれる粘土鉱物(モンモリロナイト等)を活用して放射線量計測を行い、山梨県内の土壌の放射能汚染評価が期待できる。

引用文献

- T. Fukuchi (1992) ESR studies for absolute dating of fault movements. Journal of the Geological Society, London, 149, 265-272.
- 福地龍郎(2004) 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, 63, 45pp.
- 福地龍郎(2021) ESR法による活断層の絶対年代測定と活動性評価—糸魚川-静岡構造線活断層系を例として. RADIOISOTOPES, 78, 131-145.
- 福地龍郎・窪田有記(2023) 山梨県で発生する地震の特性. 山梨大学教育学部紀要, 33, 119-138.

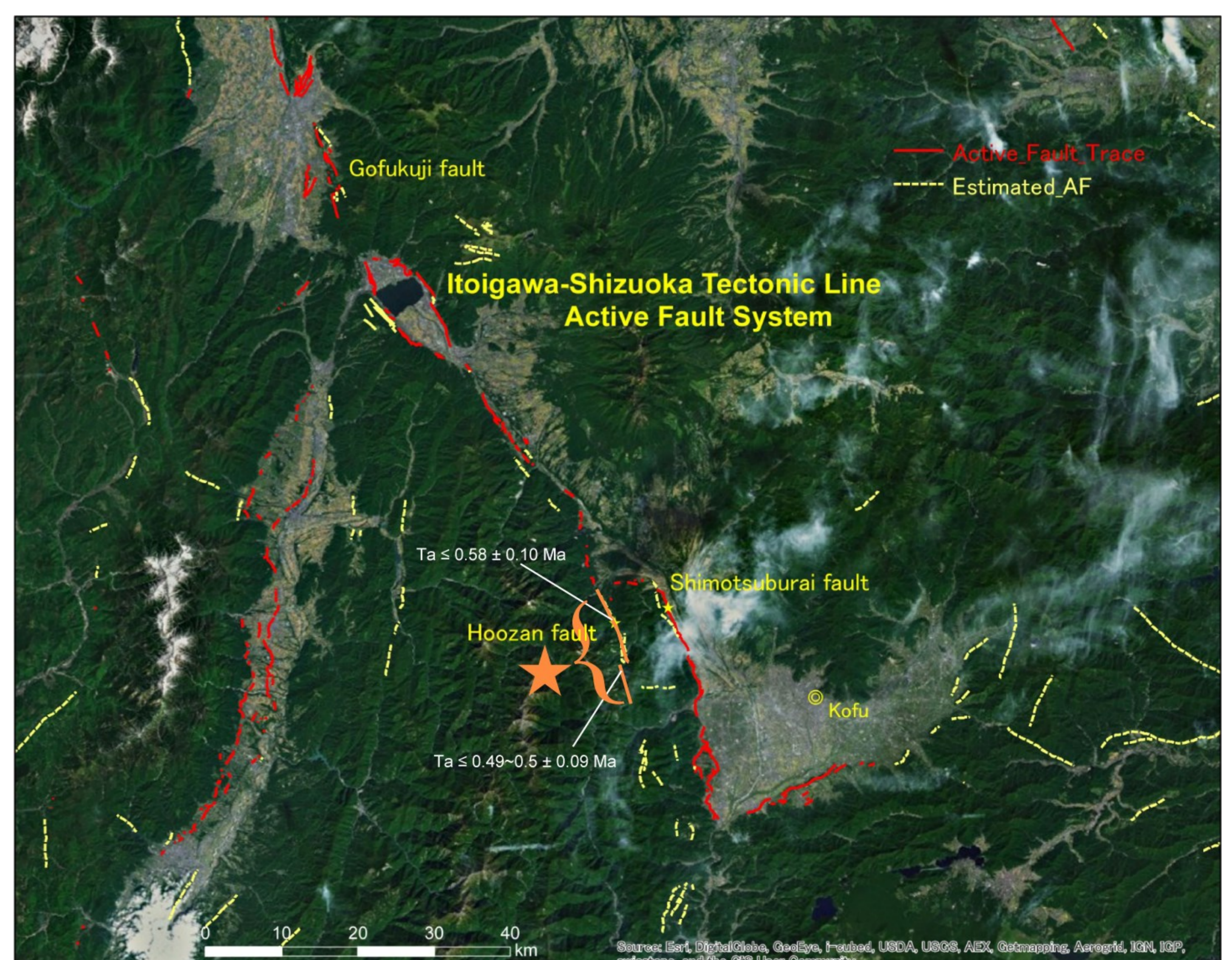


図7 ESR年代測定により明らかになった糸魚川-静岡構造線の新たな活断層区間。赤実線は活断層、薄黄色破線は推定活断層を示す。図中の★印の部分が新たに活断層であることが判明した区間(福地, 2021を一部改訂)