

7 - 10 野島断層 500m 掘削コア試料から検出される高温流体移動及びラドン異常現象 Hot Fluid Flow and Radon Anomaly Events Detected from the 500m Nojima Fault Drilling Core Sample

山 口 大 学
野島断層解剖計画グループ
Yamaguchi University
Nojima Fault-zone Probe

『断層解剖計画』¹⁾の一環として、北淡町小倉地区において採取された野島断層 500m掘削コア試料の ESR 解析、並びに ICP 発光及び質量分析を実施した。500m コア試料では、深度 388.425m 付近に 1995 年兵庫県南部地震時に活動したと推定される断層面が位置しており、ここでは白亜紀に貫入した古領家花崗岩起源の断層ガウジ（断層作用によって源鉱物が破碎され、粘土化したもの）と大阪層群のレキ層が断層面を挟んで接している¹⁾。この断層面を基準として、断層ガウジを 0~3mm（暗灰色ガウジ）、3~6mm（灰色ガウジ）、6~11mm、11~16mm（以上、淡灰色~白色ガウジ）、16~23mm、23~33mm 及び 33~50mm（以上、淡灰色~白色で部分的に茶褐色に酸化しているガウジ）の厚さに細分し、非破碎岩と一緒に各種分析を行った。

第 1 図(A)に、 250 ± 250 mT の磁場範囲を室温で測定した時に得られる ESR スペクトルを示す。ESR 測定に使用した試料の粒度は 8~20 μ である。150~200 mT に見られるやや鋭いピークと 200~400 mT に見られるブロードな巨大ピークは、いずれも Fe^{3+} に起因する ESR 信号である。特に、0~3 mm の暗灰色ガウジの部分が 3 価の鉄イオンに富んでいることを示している。第 3 図(A)に示した ICP 発光分析による主要元素の定量分析結果を見ると、0~3 mm の部分では Fe_2O_3 （全ての価数の鉄）濃度が極端に増大しており、ESR 分析結果と対応していることが分かる。 Fe^{3+} の ESR 信号は鉄の d 軌道電子に由来しており、ESR 信号強度は試料中に含まれる d 軌道不対電子の数（すなわち磁気モーメントの数）に比例するので、ESR 信号の増大は磁化率の増大を意味する。

第 1 図(B,C)には、同じ試料を磁場範囲を拡大して（ 335 ± 5 mT 及び 335 ± 25 mT）室温で測定した ESR スペクトルを示す。横軸は磁場（H）とマイクロ波周波数（ ν ）で決定される g 値（ $g = h\nu / \beta H$ ；h：プランク定数、 β ：ボーア磁子）で示してある。ESR スペクトル中には、モンモリロナイト固有のカルテット（四重）ESR 信号（ g_a, g_b, g_c, g_d ）²⁾に加え、石英固有の空孔型欠陥中心である E' 中心及び peroxy 中心³⁾が観察されるが、0~3 mm の暗灰色ガウジの部分ではカルテット信号がほぼ完全に消滅している。またマイクロ波出力 0.01 mW で測定した E' 中心（第 1 図B）は、0~3 mm の部分では半分位まで信号強度が減少しているのに対し、3~11 mm の部分では逆に増大している。さらに、低温（77K）で測定した ESR スペクトル（第 1 図D）では、中央付近（ $g = 2.01$ ）に石英中の Si イオンが Al イオンと置換してホール（正孔）を捕獲した Al 中心⁴⁾の信号が観察され、0~3 mm の部分では Al 中心に特徴的な超微細構造（hfs）がほぼ完全に消滅している。8~20 μ 程度のメカニカルな擦り潰しでは、Al 中心の超微細構造を消滅させる事は不可能であり、加熱による影響が強く示唆される。様々な温度による加熱実験（5 分間）の結果を第 2 図（A~C）に示す。カルテッ

ト信号及びAl中心が約 300 °Cでほぼ完全に消滅しているのに対し、E'中心は増大していることが分かる。第2図(D)には、Al中心の超微細構造が人工γ線照射によって回復していく過程が示されている。これらの結果は、断層活動時に断層面近傍では 300 °C程度の加熱を被ったことを暗示している。

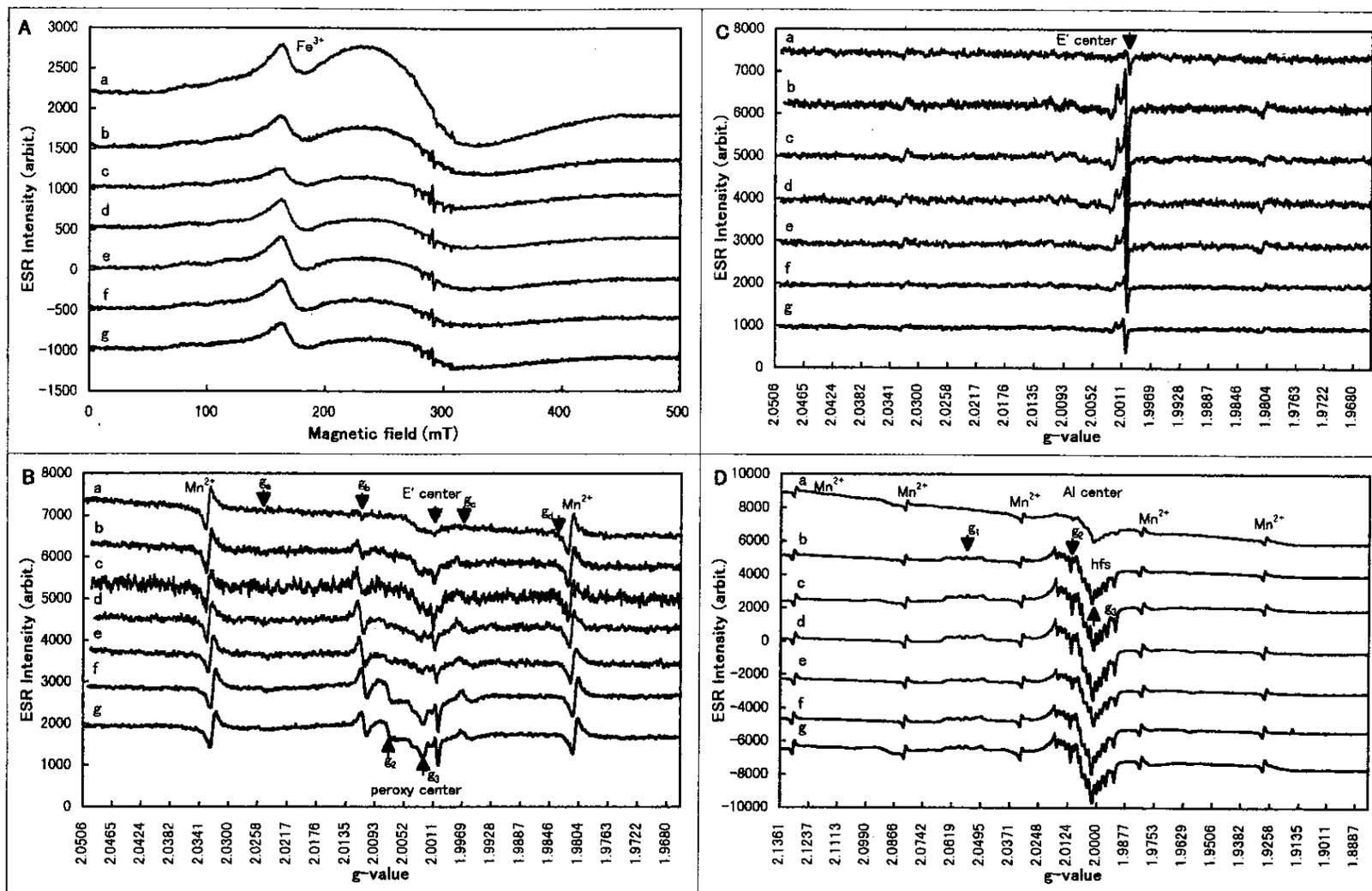
ICP発光分析結果(第3図(A))によると、0~3mmの部分ではFe₂O₃と同様にAl₂O₃濃度が増大し、K₂O濃度は逆に減少しているが、その他の主要元素には極端な変動は見られない。一方、ICP質量分析による微量元素分析結果(第3図B~D)によると、0~3mmの部分において⁷Li、⁵¹V、⁵²Cr、⁶⁶Zn、¹³³Csなどの核種の濃度に異常増加が認められ、同時に¹³⁸Baには減少が見られる。濃度異常が認められる元素が特定のものに限られること、及び¹³³Csや¹³⁸Baといった質量数が大きく、それ自体では移動し難い核種の濃集も見られることから、断層面近傍を特定の元素を含んだ流体が通過した可能性が指摘される。さらにESR解析結果を考え合わせると、断層活動時に主に鉄やアルミニウムを含む高温の流体が地殻深部から吹き上げてきたことが推定される。

一方、ガウジ帯における²⁰⁸Pb濃度(第3図D)を見ると、断層面ごく近傍では特に異常は検出されないにも関わらず、11~16mmの部分では異常増加が認められる。²⁰⁸Pbの親元素である²³²Thあるいは²³⁸Uの濃度には特に異常が認められず、その他の微量元素及び主要元素にも11~16mmの部分には特別の変化が見られないことから判断すると、この²⁰⁸Pb濃度異常は流体等の貫入を伴わずに単独で発生した現象であると考えられる。²⁰⁸Pbの単独濃集を説明するには、地殻深部で大量に発生した²²⁰Rnガスが断層破碎帯を上昇し、半減期の短い²²⁰Rn(半減期: 55.6秒)が地表に達する前に崩壊して最終的に安定な²⁰⁸Pbに変化したというモデルが考えられる。兵庫県南部地震時には、地下水中でRn異常が検出された⁵⁾他、野島断層直上でγ線(²¹⁴Bi)強度異常が観測された⁶⁾が、今回、野島断層の地下深部でもRn異常の痕跡を確認することができた。Rn異常及び高温流体移動現象の原因を解明するためには、今後、震源付近から掘削コアを採取し詳しく解析を行う必要がある。

(文責: 福地龍郎)

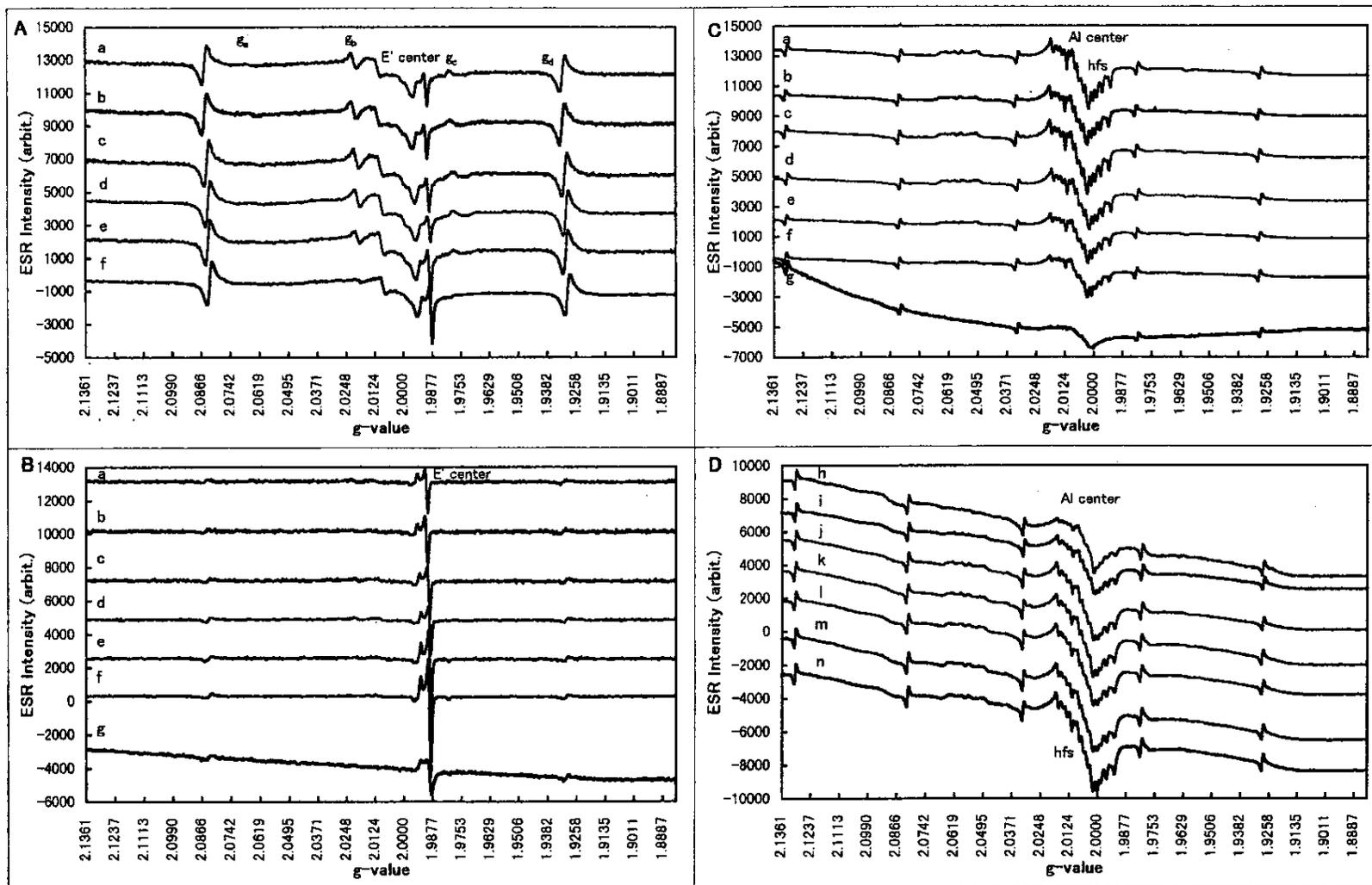
参 考 文 献

- 1) 島崎邦彦他: 断層解剖計画シンポジウム, 京大防災研共同利用研究成果報告書, (1997), 151p.
- 2) Fukuchi, T.: Quartet ESR signals detected from natural clay minerals and their applicability to radiation dosimetry and dating. Jpn. J. Appl. Phys., **35** (1996), 1977-1982.
- 3) Griscom, D.L.: Point defect and radiation damage processes in α-quartz. In: Proc. 33rd Frequency Control. Symp., (1979), 98-109.
- 4) Schnadt, R. and Rauber, A.: Motional effects in the trapped-hole center in smoky quartz, Solid State Comm., **9**, (1971), 159-161.
- 5) Igarashi et al.: Ground-water radon anomaly before the Kobe earthquake in Japan, Science, **269**, (1995), 60-61.
- 6) 伊勢崎修弘他: 淡路 - 明石地域航空磁気・放射線強度測定結果, 第 102 年日本地質学会「兵庫県南部地震」特別プログラム, (1995).



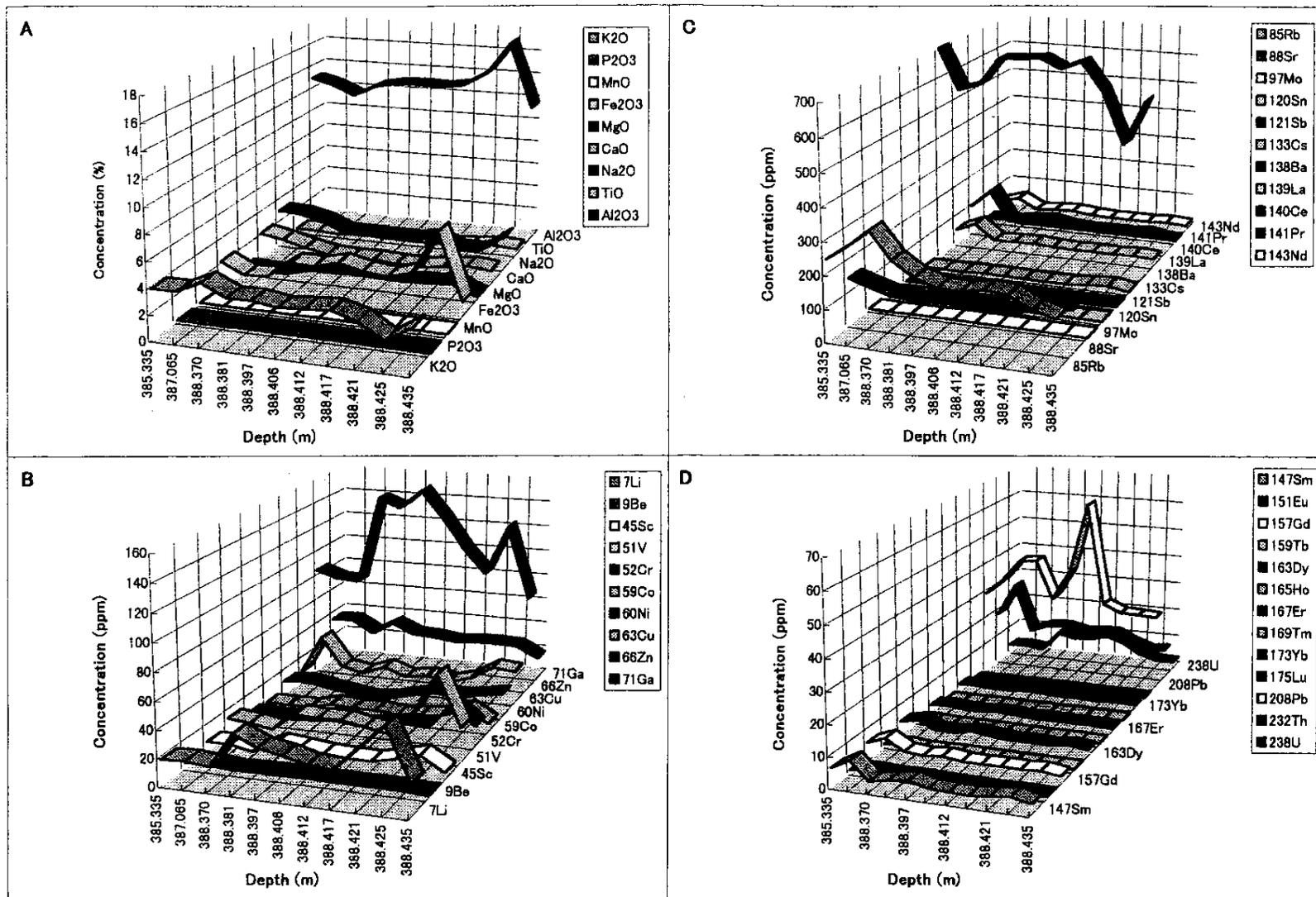
第 1 図 断層面からの距離による ESR 信号強度変化。

Fig.1 a : 0-3mm , b : 3-6mm , c : 6-11mm , d : 11-16mm , e : 16-23mm , f : 23-33mm , g : 33-50mm , A : Microwave power 1mW , Temperature RT , B : 1mW , RT , C : 0.01mW , RT , D : 1mW , 77K Variation of ESR signal intensity against a distance from the fault surface.



第2図 加熱及び γ 線照射によるESR信号強度変化。

Fig.2 a: 0°C, b: 100°C, c: 150°C, d: 200°C, e: 250°C, f: 290°C, g: 349°C, h: 0kGy, i: 4kGy, j: 8kGy, k: 12kGy, l: 16kGy, m: 20kGy, n: 24kGy, A: 1mW, RT, B: 0.01mW, RT, C, D: 1mW, 77K Variation of ESR signal intensity by heating or γ -rays irradiation.



第3図 野島断層 500m コア断層ガウジ帯 (0-50mm) の I C P 発光及び質量分析。

Fig.3 Depth 388.425m : 0-3mm , 388.421m : 3-6mm , 388.417m : 6-11mm , 388.412m : 11-16mm , 388.406m : 16-23mm , 388.397m : 23-33mm , 388.381m : 33-50mm ICP-AES/MS of the fault gouge zone (0-50mm) in the 500m Nojima Fault drilling core sample.