

## 石英格子欠陥中心の UV 照射による減衰特性：堆積年代測定のための基礎

## Decay characteristics of lattice defect centers in quartz by UV irradiation: A physical basis for absolute dating of sediments

# 福地 龍郎[1], 西村 剛志[2]

# Tatsuro Fukuchi[1], Tsuyoshi Nishimura[2]

[1] 山口大学・理・地球科学, [2] 山口大・理・地球科学

[1] Earth Sci., Yamaguchi Univ., [2] Dept. Earth Sciences, Yamaguchi Univ.

<http://www.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~fukuchi/index.html>

石英中の格子欠陥中心を ESR で検出し、UV 照射による挙動の変化を調べた結果、石英固有の ESR 信号の内、peroxy 中心 (Si-O-0) は、時間と共に規則的かつ早く減衰することが判明した。peroxy 中心の減衰は、単純な一次反応あるいは二次反応では説明できないが、二次反応グラフ上では大きく 2 つの直線部分に分けることができ、酸素間 (O-O) や酸素 - 珪素間 (Si-O) の結合の切断や電子と正孔の再結合反応など、複数の反応が複合して起っている可能性が高い。UV 強度の強い真夏の太陽では、peroxy 中心がほぼ完全に消滅することが期待され、海岸の砂浜やレスなどの堆積物の年代測定に利用できると考えられる。

石英には幾つかの格子欠陥が知られており、自然放射線により生成した不対電子を捕獲している。こうした捕獲電子は、電子スピン共鳴 (ESR) 装置により ESR 信号 (格子欠陥中心) として検出される。石英中の ESR 信号強度 (格子欠陥中心濃度) が、自然放射線により増加する性質を利用する年代測定法が ESR 年代測定法であり、主に第四紀の年代測定に利用されている。これまで、石英中の ESR 信号の放射線照射実験は数多くなされてきたが、紫外線 (UV) 照射実験については詳しい研究がなされておらず、UV 照射による ESR 信号の挙動は不明である。本報告では、石英中の各 ESR 信号の UV 照射による挙動を調べ、第四紀堆積年代測定への応用について考察してみた。

今回実験に使用した試料は、山口県内に分布する生成年代が既知の花崗岩 (広島中期花崗岩類秋穂岩、Rb-Sr 年代: 92Ma) から抽出された石英である。各花崗岩から HF 処理により石英粒子のみを抽出して ESR 測定を行った結果、石英固有の 3 つの ESR 信号 (peroxy 中心: Si-O-0°, E' 中心: Si·Si, NBOHC: Si-O°) が検出された。その他、高エネルギー粒子線により生成する未知の信号 (g=2.0050: 福地, 1999) も検出されている。UV 照射には 302nm 中波長域を使用し、これらの ESR 信号の挙動を調べた結果、E' 中心は増加と減少を繰り返し、非常に不安定な挙動を示した。これに対し、peroxy 中心と NBOHC は UV 照射時間と共に規則的に減衰し、特に peroxy 中心は他の信号よりも早く減衰することが明らかとなった。また高エネルギー粒子線で生成する信号は、UV 照射により強度が多少の変動するが、NBOHC と同様の減衰過程を示した。peroxy 中心の減衰過程を明らかにするために、ESR 信号強度と UV 照射時間の関係を片対数グラフ (一次反応グラフ) と片逆数グラフ (二次反応グラフ) にプロットした結果、減衰の当初は二次反応グラフの方でより相関の高い直線が得られるが、平均寿命に到達する前に、いずれのグラフ上でも直線から大きく外れることが明らかとなった。従って、peroxy 中心の UV 照射による減衰過程は、単純な一次反応あるいは二次反応では説明できないことが明らかとなり、加熱により他の ESR 信号から得られる減衰過程と同様の結果が得られた (Fukuchi, 1992)。

一方、二次反応グラフ上における peroxy 中心の減衰過程を良く調べると、大きく 2 つの直線部分に分かれることが判明した。この結果は、peroxy 中心の減衰には少なくとも 2 種類の反応が関係していることを示唆している。一般に、酸素分子の結合は UV 照射によって容易に切断されることが知られており、peroxy 中心 (Si-O-0°) の持つ酸素間 (O-O) の結合は UV により容易に切断されることが考えられる。また peroxy 中心と似た構造を持つ NBOHC (Si-O°) も規則的に減衰することから、酸素間 (O-O) の切断よりも多くのエネルギーを必要とするが、酸素 - 珪素間 (Si-O) の結合も UV 照射により切断されることが考えられ、peroxy 中心の減衰ではこれらの 2 つの反応が同時に起っている可能性がある。さらに酸素で捕獲されている正孔 (hole) が UV 照射により励起されるか、あるいは励起された電子が正孔と再結合し、ルミネッセンスに変化する反応も考えられる。従って、peroxy 中心の減衰ではこれら複数の反応が複合して起っている可能性が高く、その中でも UV による酸素間の結合の切断が最も起り易い反応であると考えられる。

次に、UV 照射により peroxy 中心が完全に消滅する時間を見積るために、二次反応グラフ上で直線部分を信号のノイズレベルまで外挿して求めて見ると、約 51 日掛かることが判明した。またノイズレベルの 2 倍及び 3 倍までに減衰する時間を求めると、それぞれ約 21 日と 11 日となった。UV 照射に使用した照射装置と冬至 1 日後の太陽光線 (11 月 22 日午後 2 時頃) の光スペクトルをマルチチャンネル分光器で測定した結果、太陽光線中の UV 強度は UV 照射装置よりも高い上に、エネルギーの高いより低波長域の UV も含まれることが判明した。真夏の太陽はずっと高い強度の紫外線を放射しているので、peroxy 中心は夏場では今回の実験結果よりもずっと早く消滅する

ことが期待され、海岸の砂浜やレスなどの堆積物の年代測定に利用できると考えられる。また酸素が（ほとんど）存在しない月や火星などでは、さらに強い UV が期待できるので、月や火星の表面にある土壌の年代測定に応用できる可能性がある。

[ 参考文献 ]

1) Fukuchi, T. (1992) ESR studies for absolute dating of fault movements. Journal of the Geological Society, London, Vol.149, p.265-272.

2) 福地龍郎(1999)高速及び熱中性子照射による石英結晶中の点欠陥生成と ESR 解析．研究炉利用による研究成果集(平成9年度), JAERI-Review 99-007, p.487-491.