

内部応力による放射線誘起欠陥の生成効率への影響 ESR及びルミネッセンス年代測定に向けて

A basic study on effects of internal stress on formation efficiency of radiation-induced center for ESR and luminescence dating

村田 敬介[1]; 谷 篤史[1]; 平井 誠[2]; 池谷 元伺[2]

Keisuke Murata[1]; Atsushi Tani[1]; Makoto Hirai[2]; Motoji Ikeya[2]

[1] 阪大・理・宇宙地球; [2] 阪大・理・宇宙地球

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [2] Earth and Space Sci., Osaka Univ

非金属に対する放射線照射効果については、基礎研究としてアルカリハライド等、また放射線化学、ラジカル反応を対象として凍結水溶液や有機物、高分子などの多くの研究がある。また、年代測定に関連して鉱物や化石、生体物質への照射効果の研究が続けられている。

これまでの研究の多くは常圧下で行われており、地下深部や海底のような応力場での放射線の照射効果については、考慮されてこなかった。放射線誘起欠陥の生成効率や熱安定性が応力場によって影響を受ける可能性があり、ESR及びルミネッセンス年代測定を行なうにあたって、調べる必要がある。一方、高レベル放射性廃棄物の地層処分について、現在固化体に用いるガラスとしてホウケイ酸ガラスが選択されており、放射線に対する耐久性も様々な研究者によって調べられているが、内部応力が存在するような系での研究は無い。平井ら(Hirai and Ikeya, 投稿中)はパイレックスの破碎により、ガンマ線によるBOHCの生成効率の減少を報告しており、ガラスに加わる応力が放射線誘起種の生成効率を変化させる可能性が示唆される。鉱物などの結晶に比べてガラスは内部応力をかけることが容易である。そこで本研究では、ホウケイ酸ガラスのひとつであるパイレックスガラスを試料として、内部応力とガンマ線に対する照射効果の相関を電子スピン共鳴(ESR)を用いて調べた。

ガンマ線照射したパイレックスではBoron Oxygen Hole Center (BOHC) や鉄に由来するESR信号が見られるが、今回はBOHCに注目した。これはホウケイ酸ガラス中のホウ素と酸素がホールを一つ捕獲して出来る欠陥だとされている。実験では、パイレックスガラスをガスバーナーで熱して水中で急冷することにより内部応力を残存させた涙状の試料、いわゆるプリンスラパートの涙、を作成した。いくつかの温度条件下での焼鈍を行い、内部応力を調整した。これにガンマ線を30 kGy照射し、ESRの測定を行った。試料の表層部分は圧縮応力、内部は引っ張り応力が存在する。(数十MPa程度、これは地下1000m付近での鉛直応力に相当する。この深度で、30 kGyは自然放射線の被曝1千万年分に相当する。)プリンスラパートの涙は熱強化ガラスの一種で、球状の部分とそこからのびる尾の部分で出来ている。球状部を金槌で叩いても強化されているため何とも無いが、尾の部分をペンチ等で折ってやると、応力が解放されて粉々になって飛び散る。見ていて面白いので高校物理の教卓実験などによく用いられる。

実験結果から、より大きい内部応力が残存する試料の方がBOHCの生成効率が増加する傾向が見られた。内部応力によって起因される格子間距離や角度の変化が、欠陥が生成するのに必要な活性化エネルギーや欠陥の熱安定性に影響を与えたため、生成効率が増加したと考えられる。発表ではESR-CTによる画像解析の結果を加えて、圧縮層と引っ張り層の違いも示したい。また、放射線誘起欠陥を用いた年代測定に与える影響について議論する予定である。

参考文献 : M.Hirai, M.Ikeya: Effects of milling process on the ESR center formation in Pyrex glass by subsequent gamma-rays irradiation, Jpn. J. Appl. Phys., 投稿中