

## 平成 25 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：イメージングプレートを用いた惑星物質の非破壊特性評価  
 英文：Nondestructive characterization of planetary materials using Imaging Plates

研究代表者 三澤 啓司 (国立極地研究所)  
 参加研究者 箕輪 はるか (慈恵医大)、横山 立憲 (国立科学博物館)、岡野 修 (岡山大学)、大橋 英雄 (東京海洋大)

### 研究成果概要

本研究は、イメージングプレート (以下 IP) を用いて惑星物質中からアルカリ元素 (K) に富む岩片を、効率的に、汚染することなく分離、選別することを目的としている。昨年度に引き続き、標準試料 (KCl 結晶) を用いて最適曝写時間の検討を行った。IP を用いて微弱放射能を検出する場合、1 週間から数ヶ月にわたる曝写が必要となる。このような長時間の曝写では、背景放射線による潜像の蓄積が問題となることから、遮蔽についても検討した。

K-40 から Ca-40 への  $\beta$ -壊変を検出するために、試薬の KCl (K = 60  $\mu\text{g}$ -1.3 mg) を標準試料とした。標準試料を包むポリエチレンフィルム (PE) は、塩酸、蒸留水を用いて洗浄し、放射起源となる K, U, Th の汚染を抑えた。IP への曝写は、東大宇宙線研究所微弱放射能測定施設 (地下 25 m) に設置された高純度 Ge 半導体検出器の鉛遮蔽スペースを利用し、空気を窒素ガスによりバージしながら行った。慈恵医大 RI センター (御成門) においても鉛遮蔽箱内で同様の IP 曝写実験を行い、柏での実験結果と比較した。平成 25 年度は、曝写時間により潜像の減衰がどの程度になるか定量的なデータの取得を目指した。

Fig. 1 では、PSL 値と曝写時間の関係を K の量ごとにプロットしている。K の量、つまり  $\beta$ -線源となる K-40 量と PSL 値には、必ずしも正の相関が認められていない。この原因として、曝写期間を通してホルダー内の IP と試料 (KCl 結晶) がきちんとコンタクトしていなかった可能性が示唆された。また、K-40 からの  $\beta$ -線が粒径の大きな KCl 結晶に吸収された可能性も考えられ、曝写時間が長くなれば、一般的に PSL 値も増加することがわかる。曝写時間が 40 日近くなると、PSL 値は頭打ちとなる。これは潜像のフェーディングによるものと考えられる。図 2 では、K 量 ( $\mu\text{g}$ ) と PSL 値の相関をみている。Fig. 2a での曝写による PSL 強度は、Fig. 2b での曝写の PSL 強度と比較して 1/3 程度である (上述の感度の違いによる)。Fig. 2b の柏 (宇宙線研: 白ダイア) と御成門 (慈恵医大: 灰色三角) での 4 週間曝写による PSL 強度は同程度であることから、測定条件 (特に試料と IP のコンタクト) が同一であれば、また潜像のフェーディングが顕著でない期間では  $\beta$ -線量と PSL 値の相関の再現性は高いと判断された。

Yamato-74442 隕石中の暗灰色岩片を柏にて 50 日間曝写して得られた IP のオートラジオグラフィイメージ (Fig. 3) では、PSL 強度の違いが目視により確認できる。岩片中の K, Rb を、IP 曝写後に同位体希釈質量分析により求めた。K の絶対量 ( $\mu\text{g}$ ) をイタリックで示してある。オートラジオグラフィでは、PSL 強度の大小だけでどの壊変によるものなのか、その違いを識別できない。岩片中の K 以外の放射元素 Rb,

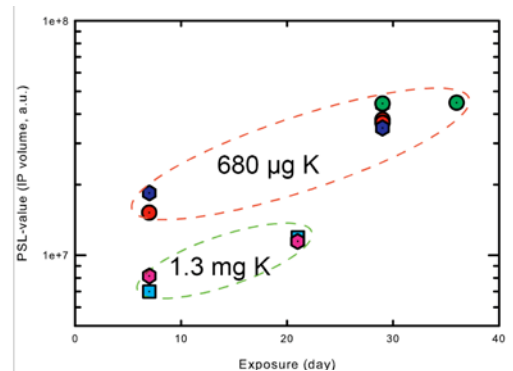


Fig. 1. PSL-value vs exposure time diagram for different amounts of potassium.

Uの含有量は、それぞれ 100 ppm, 0.02 ppm 程度であることから、またこれらの岩片に含まれる REE, U, Th はコンドライト的であることから [1,2], Yamato-74442 岩片中に含まれていた Rb, U, Th 量は、高々 1  $\mu\text{g}$ , 0.2 ng, 1 ng と推定される。このことは、Yamato-74442 岩片には、K-40 を除いて IP に PSL を蓄積させる放射性核種が充分含まれていなかったことを示唆している。さらに、曝写実験で使用した PE フィルムは、 $\alpha$ -粒子を遮ること、 $\gamma$ -線の IP への影響は少ないことから、得られた PSL 強度分布 (Fig. 3) は、K-40 の  $\beta$ -壊変のみによるものと結論づけられた。

IPを用いたオートラジオグラフィーは、mmからサブmmサイズのKを数 $\mu\text{g}$ 含む惑星物質 (岩片試料) について、汚染することなく容易に識別できる簡便な手法であることが示された。放射壊変 (K-40 からの $\beta$ -壊変) によるIPへのエネルギー蓄積は、曝写時間が長くなればそれに応じて増加する。これまで報告のなかったK-40 からの $\beta$ -壊変による潜像のフェーディングについて、IP曝写開始から数週間以降に顕著になることがあきらかになった。これは、先行研究の2ヶ月の曝写で46% (20°C) [3]よりも短い ([3]では核種については言及していない)。

曝写期間中に IP を充分冷却することにより、潜像のフェーディングを軽減できることが報告されている (Sr-90, Cs-137, Pm-147, Am-241 [3-5])。この手法をアポロ試料である月表土に適用すれば、Kに富んだ小岩片を効率よく選別できアルカリに富んだ月岩石の成因の解明につながると期待される [6]。

参考文献: [1] Wlotzka F. et al. (1983) Alkali differentiation in LL-chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta* **47**, 743–757. [2] Yokoyama Tatsunori et al. (2013) Rb-Sr isotopic systematic of alkali-rich fragments in the Yamato-74442 LL chondritic breccias. *Earth Planet. Sci. Lett.* **366**, 38–48. [3] Amemiya Y. & Miyahara J. Imaging plate illuminates many fields. *Nature* **336**, 89–90. [4] Suzuki T. et al. (1997) Characteristics and correction of the fading of imaging plate. *J. Nucl. Sci. Tech.* **34**, 461–465. [5] Mori C. et al. (1994) Detection of extremely low level radioactivity with imaging plate. *Nucl. Instr. Meth.* **A339**, 278–281. [6] Yokoyama T. et al. (2014) Photostimulated luminescence technique applicable to pre-screening of K-rich materials in chondrites. *45<sup>th</sup> Lunar Planet. Sci. Conf.* #1692. Houston, TX, USA.

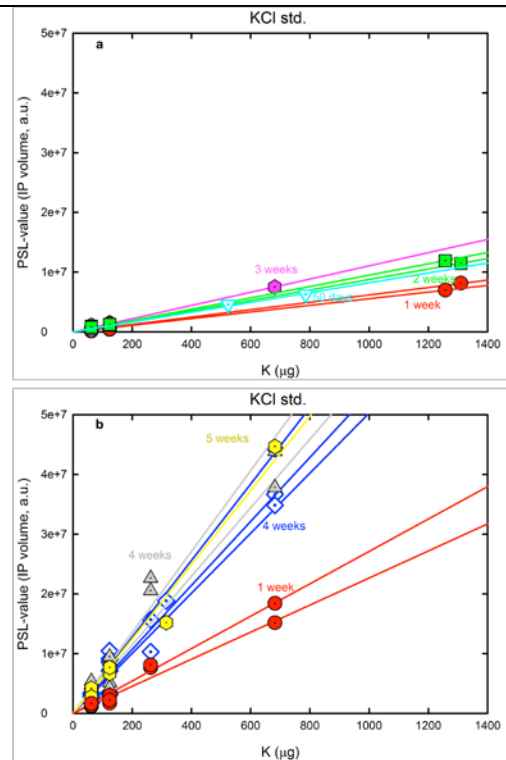


Fig. 2. Relationship between PSL-value and potassium amount (in  $\mu\text{g}$ ) for various exposure time. (a) low-sensitivity and (b) high-sensitivity experiments. Solid symbols: exposed at Jikei Univ. School Med., open symbols: exposed at ICRR.

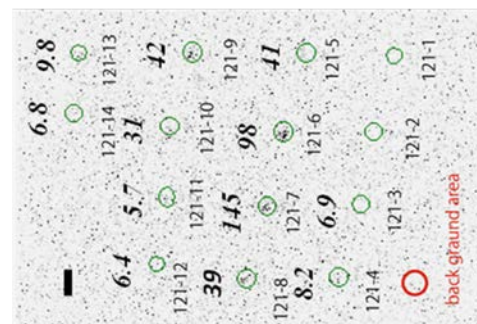


Fig. 3. Autoradiographic image showing the intensity of the PSL. Rock fragments separated from Y-74442 were exposed at ICRR for fifty days. Italics: potassium (in  $\mu\text{g}$ ) in rock samples determined by isotope dilution thermal ionization mass spectrometry. Scale bar = 1 cm.