

PIXE 法を用いた茶葉からのアルカリ元素溶出に関する研究

寺川貴樹¹、石井慶造¹、松山成男¹、松山哲生¹、稲野浩太郎¹、佐藤 剛¹、
実重雄磨¹、嶋原健太¹、細川 響¹、梶山 愛¹、世良耕一郎²

¹東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻
980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01-2

²岩手医科大学サイクロトロンセンター
020-0603 岩手県滝沢市留が森 348-58

1 はじめに

2011年3月の福島原子力発電所事故以来、日本では農作物の安全性への関心が高まっている。一般に、放射性セシウムの植物への移行は、同族元素であるカリウムが取り込まれる過程で起こると考えられており、セシウムとカリウムまたはルビジウムのような他のアルカリ元素の間で、取り込みや蓄積に何らかの相関があることが期待される。我々は、日本で最も栽培されているキノコの一つである、シイタケについて PIXE 分析を実施し、セシウムとルビジウムまたはカリウムの間で、試料中濃度や空間分布の類似性を確認している^{1,2}。現在、我々は茶葉についてもアルカリ金属元素集積の類似性の有無に着目し PIXE 分析を行っている。お茶は日常的に飲用されるため、茶葉への放射性セシウムの集積、お茶に溶出した放射性セシウムによる内部被ばくなど、一般レベルでも高い関心が持たれる情報である。本研究では PIXE 法により茶葉からお茶へのルビジウムの溶出を評価することにより、間接的に茶葉におけるセシウムの動態を評価することを試みる。すなわち、ルビジウムの動態がセシウムと同じであるという仮定のもとに、茶葉においてもルビジウムがセシウムの代用元素として利用可能かどうか、明らかにすることを目的とする。

2 試料と方法

茶葉として商用販売されている緑茶葉を使用した。試料として、未使用茶葉 2 g を 90°C または 80°C の蒸留水 200cc 中で 1 分間お茶を抽出した使用済み茶葉を用いた。サンプル調整は内部標準法を組み合わせた硝酸灰化法³を用いて行われた。硝酸 1 mL に 50 mg の試料と内部標準元素としてインジウム (1000 µg/g) を加え、この試料をマイクロウェーブオーブン (500 W) で 3 分間温め、茶葉試料を完全に硝酸溶液に溶かした。最後に、PIXE 分析用試料として、試料が溶解した硝酸溶液 20 µL を 4 µm 厚のプローレンフィルム上に滴下し、60°C で乾燥させた。

PIXE 分析は、日本アイソトープ協会滝沢研究所の仁科記念サイクロトロンセンターの AVF サイクロトロンからの 2.9 MeV 陽子ビームを用いて行われた。サンプルは真空チャンバー中にセットし照射した。ターゲットでのビーム強度は 20 nA であった。ターゲットはビーム軸に対して 45 度の角度に設置された。放出された X 線のエネルギーは、高エネルギー X 線用と低エネルギー X 線用の 2 台の Si(Li) 検出器を用いて測定された。高エネルギー用検出器はビーム軸に対して -90 度に設置され、低エネルギー用検出器は、135 度に設置された。

3 結果と議論

図1に、未使用茶葉試料に関する、高エネルギーX線用検出器で測定されたX線スペクトルを示す。検出された元素は、低エネルギーX線用検出器による測定結果も含めて、Mg、Al、Si、P、S、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Zn および Rb の12種類である。各元素の茶葉からの溶出傾向については、2015年のNMCC研究成果発表会の報告書に記載しており、KとRbの溶出傾向の類似性と、CaとMnの濃度が未使用茶葉よりも使用済み茶葉で増加することを報告した⁴。ただし、昨年度報告した結果は、茶葉試料数が5である予備的な結果であったため、今回は試料数を8に増やし、結果の再現性を確かめた。

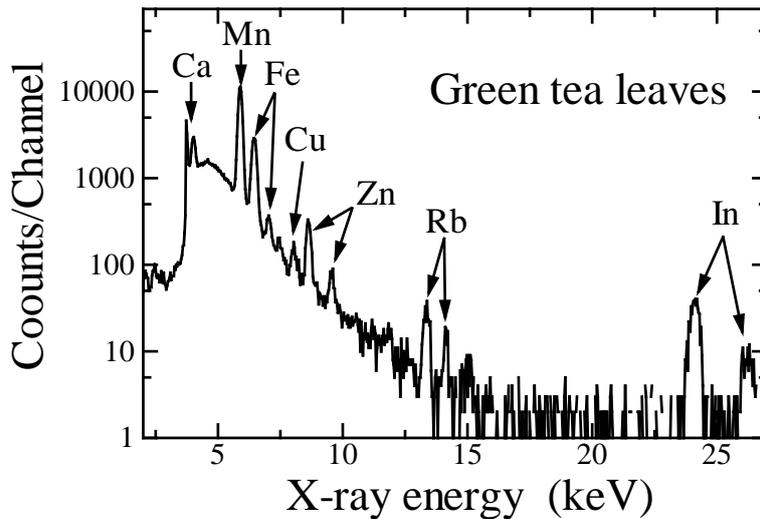


図1 未使用茶葉試料からのX線スペクトル（高エネルギーX線検出器）

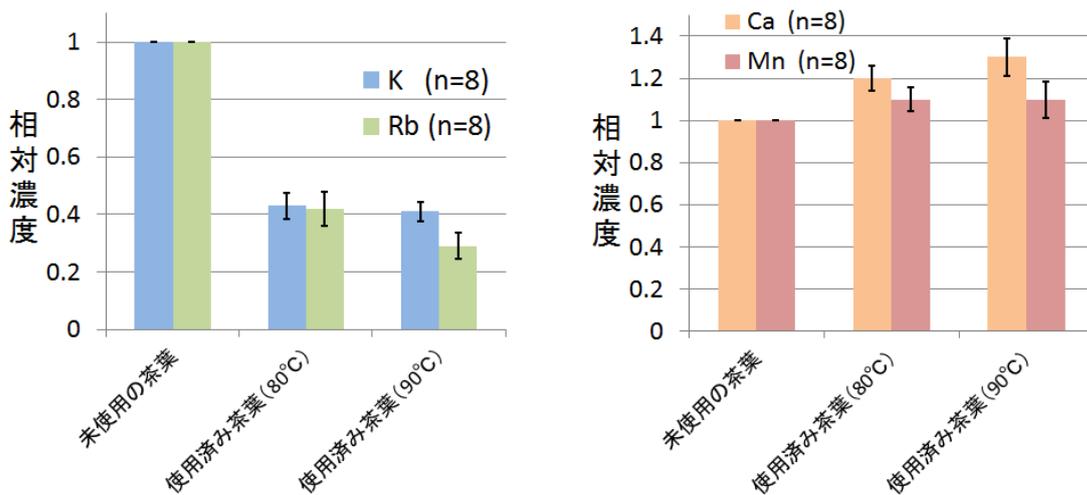


図2 未使用および使用済み茶葉試料におけるKとRbの相対濃度、およびCaとMnの相対濃度

図 2 に、未使用茶葉と使用済み茶葉に関する K と Rb、および Ca と Mn の相対濃度の比較を示す。K と Rb はともに、使用済み茶葉における濃度が未使用茶葉では約 30~40%程度減少する傾向が改めて確認された。したがって、アルカリ元素であるセシウムについても、使用済み茶葉では同様に減少し、お茶へ溶出することが予想される。一方、Ca と Mn においても、未使用茶葉よりも使用済み茶葉における濃度が増加、あるいは同程度であることが確認された。未使用茶葉における濃度が未使用茶葉の場合に比べて高くなる原因として、他の元素や高分子などがお茶へ溶出するのに対して、Ca や Mn はほとんどお茶へ溶出せず、結果的に茶葉における濃度が高くなった可能性が考えられる。

参考文献

- 1) Studies on radioactive cesium and alkali elements in *lentinula edodes* (Shiitake) based on PIXE analysis, International Journal of PIXE, 23 (2013), 147-152. A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, Y. Hirakata, K. Kikuchi, T. Matsuyama, A. Fujita, K. Kubo, S. Toyama, K. Watanabe, S. Koshio, K. Nagakubo and T. Sakurada, K. Sera
- 2) Accumulation and localization of alkali elements in *Lentinula edodes* studied by PIXE analysis. International Journal of PIXE, 24 (2014), 197-204. A. Terakawa, K. Ishii, S. Matsuyama, H. Hirakata, A. Fujita, K. Kikuchi, T. Matsuyama, S. Toyama, K. Watabe, S. Koshio, K. Nagakubo and T. Sakurada, K. Sera
- 3) Present status of NMCC and sample preparation method for Bio-samples. International Journal of PIXE 3, 4, (1993) 319-328. S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, S. Saitou and K. Sera
- 4) PIXE 法を用いた椎茸及び茶葉におけるアルカリ金属元素集積に関する研究, 第 22 回 NMCC 共同利用研究成果報告会報告文集 (2015), 寺川貴樹、他.

Study on the elution of alkali elements from tea-leaves evaluated using PIXE analysis

A. Terakawa¹, K. Ishii¹, S. Matsuyama¹, T. Matsuyama¹, K. Inano¹, T. Sato¹,
Y. Saneshige¹, K. Shigihara¹, H. Hosokawa¹, A. Kajiyama¹ and K. Sera²

¹Department of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku University
6-6-01-2 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

²Cyclotron Research Center, Iwate Medical University
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0603, Japan

Abstract

The concentrations of alkali elements in Japanese green-tea leaves were studied using PIXE analysis to study the elution of radioactive cesium into green tea based on that of potassium or rubidium. We have confirmed that the concentrations of potassium and rubidium of used tea-leaf samples are lower than those of unused samples, whereas no significant differences in the concentrations of the other elements were observed between them, and that there is a similarity in the relative concentrations between potassium and rubidium. These results suggest that it is possible to investigate the elution of radioactive cesium into green tea using potassium and rubidium as substitutes of cesium.