

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

寺川貴樹¹、石井慶造¹、松山成男¹、久保亮介¹、平方遥子¹、菊池航介¹、松山哲生¹、
伊藤 駿¹、笠原和人¹、遠山 翔¹、稲野浩太郎¹、佐藤 剛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

キノコ中への放射性セシウムの移行はカリウムを取り込む過程で起こると考えられているが、詳細なメカニズムは良く理解されていない¹⁻⁴。一方、同じアルカリ元素であるルビジウムもキノコ中に数～数十 ppm の濃度で存在し、セシウムと同じ移行メカニズムであると考えられる。キノコ中のルビジウム濃度は元素分析で検出可能なレベルであり、放射性セシウムの代用元素としてルビジウムの利用が可能であると期待される。すなわち、キノコ中の放射性セシウムとルビジウムなどの他のアルカリ元素の移行の相関関係について、元素分析法で明らかにすることが可能と考えられる。したがって、本研究では、PIXE 法を用い、キノコ類における放射性セシウムとアルカリ元素移行の相関関係を明らかにすることを目的とする。

一方、日常的に飲用されるお茶についても、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ている。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 材料と方法

キノコ試料としてシイタケを用いた。シイタケ栽培用の原木は、福島県飯舘村の民家で事故当時使用されていたものである。栽培前に炭酸セシウムと炭酸ルビジウムの水溶液を原木に噴霧した。噴霧条件は、原木表皮の密度と表面積を基に、原木表皮におけるこれらの元素濃度がそれぞれ 300 µg/g 程度となるようにした。噴霧の時期は 2013 年 11 月 12 日で、噴霧後に 2 つのシイタケが発生し 2013 年 12 月 13 日に収穫された。シイタケ中の放射能の濃度分布を測定するためイメージングプレートを使用した。生のシイタケを 2 つに切り、切断面をイメージングプレートに 36 時間密着させた後にイメージングプレートリーダー (Fuji film BAS-5000) で画像化した。一方、元素濃度の評価のための硝酸灰化⁵された試料の PIXE 分析は、仁科記念

サイクロトロンセンターの PIXE 分析システムを用いて行われた。さらに、東北大学高速中性子実験施設のサブミリ PIXE 分析システムを用いて、シイタケ中のアルカリ元素濃度分布を測定した。

また、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、未使用茶葉 2 g を 90℃ または 80℃ の蒸留水 200 cc 中で 1 分間お茶を抽出したものをを用いた。これらの茶葉試料を乾燥させ、インジウム(1000 ppm)を内部標準元素として加え、硝酸灰化法⁵により PIXE 分析用試料を作成した。PIXE 分析は、日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンターの真空 PIXE 分析システムを用いて行われた。

3 結果、議論およびまとめ

図 1 に添加セシウムとルビジウムの濃度の相関、図 2 にイメージングプレートによるオートラジオグラフィ (放射セシウム放射能分布)、サブミリ PIXE 分析による元素分布画像をそれぞれ示す。セシウムとルビジウムの濃度には相関関係があることが示された。一方、シイタケ試料中の放射性セシウムの放射能はかさの端部分で高く、サブミリ PIXE 分析によるカリウムおよびルビジウムの濃度分布と放射能分布とほぼ同じ傾向であることが確認された。

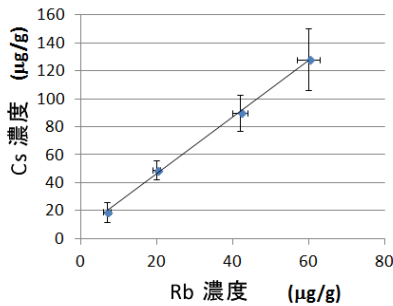


図 1 シイタケ試料中の Cs と Rb 濃度の相関

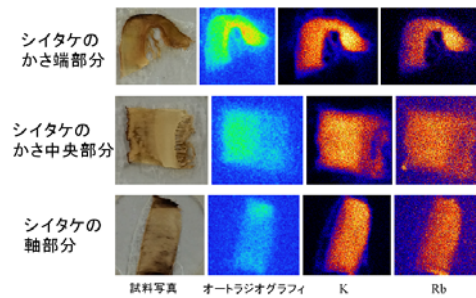


図 2 シイタケ試料中の放射能、K と Rb 濃度の分布

図 3 に未使用緑茶葉と使用済み緑茶葉 (水温 80℃ と 90℃) における主要元素の相対濃度を示す。検出された元素のうち、カルシウムとマンガンを除いて未使用茶葉よりも使用済み茶葉で元素濃度の減少が確認された。特にカリウムとルビジウムは同じ傾向で濃度減少が著しく、お茶への溶出率が他の元素と比べて高いことが示された。したがって、同族元素であるセシウムの溶出も同様に高いことが予想される。今後は、セシウム添加土壌で栽培された茶葉試料を用いて、カリウム、ルビジウム、およびセシウムが同じ傾向を示すかどうか確認する予定である。

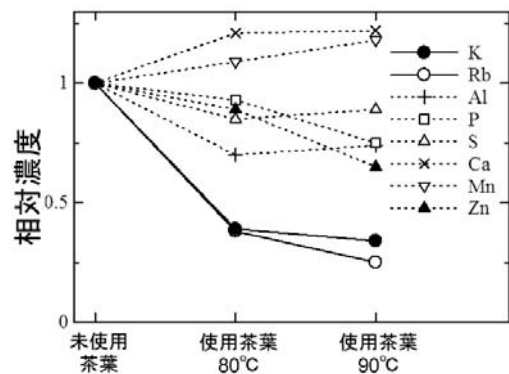


図 3 未使用/使用済み茶葉における主要元素濃度

参考文献

- 1) G. A. Battiston, S. Degetto, R. Gerbasì and G. Sbrignadello, "Radioactivity in Mushroom in Northeast Italy Following the Chernobyl Accident", *J. Environ. Radioactivity*, 9 (1989) 53-60.
- 2) L. Kammerer, L. Hiersche and E. Wirth, "Uptake of Radiocaesium by Different Species of Mushroom", *J. Environ. Radioactivity*, 23 (1994) 135-150.

- 3) H. Bem, W. Lasota, E. Kusmieriek, M. Witusik, "ACCUMULATION OF ^{137}Cs BY MUSHROOMS FROM ROGAZNO AREA OF POLAND OVER THE PERIOD 1984-1988.", *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 145 (1990) 39-46.
- 4) Masami Shimizu and Ikuro Anzai, "Concentration of ^{137}Cs in dried *Lentinula edodes* (Shiitake) as an indicator of environmental contamination", *Journal of Oral Science*, 43 (2001) 145-149.
- 5) S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, S. Saitou and K. Sera, "Present status of NMCC and sample preparation method for Bio-samples", *Int. journal of PIXE* 3, 4, (1993) 319-328.

Concentrations of alkali elements in Lentinula-edodes mushrooms and tea-leaves evaluated using PIXE analysis

A. Terakawa¹, K. Ishii¹, S. Matsuyama¹, K. Kubo¹, H. Hirakata¹, K. Kikuchi¹,
T. Matsuyama¹, S. Ito¹,
K. Kasahara¹, S. Toyama¹, K. Inano¹, T. Sato¹ 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 and spatial distributions of potassium and rubidium in Lentinula edodes mushrooms contaminated with radioactive cesium were measured using Particle-induced X-ray emission (PIXE) analysis to study relationships in elemental concentration in the mushrooms between radioactive cesium and other alkali elements. Autoradiographic measurements using an imaging plated showed that radioactive cesium was concentrated in the peripheral region of pileus of the mushroom. We found that potassium and rubidium were highly accumulated in the same region as radioactive cesium from PIXE analysis.

The concentrations of alkali elements in Japanese green-tea leaves were also evaluated using PIXE analysis to investigate the elution of radioactive cesium into green tea using potassium and rubidium. The concentrations of potassium and rubidium of used tea-leaf samples were lower than those of unused samples, whereas no significant differences in the concentrations of the other elements were observed between them. In addition, we found a similarity in the relative concentrations between potassium and rubidium although the other elements showed different aspects. 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.