

## PIXEによる中国産及び国産落花生の元素分析

寺川貴樹<sup>1</sup>、石井慶造<sup>1</sup>、山崎浩道<sup>1</sup>、松山成男<sup>1</sup>、菊池洋平<sup>1</sup>、川村 悠<sup>1</sup>、有川 潤<sup>1</sup>

渡辺未樹<sup>1</sup>、藤川 誠<sup>1</sup>、秋山久樹<sup>1</sup>、伊藤友紀<sup>1</sup>、世良耕一郎<sup>2</sup>、佐々木 廣<sup>3</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>岩手医科大学サイクロトロンセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

<sup>3</sup>佐々木太郎記念 PIXE 分析センター (イオン加速器株式会社)  
040-0076 北海道函館市浅野町 5-3

### 1 はじめに

近年、中国において生産・輸出される食品への残留農薬、殺虫剤、あるいは毒物の混入が、世界的に問題となっている。昨年、日本においても中国から輸入された一部の冷凍食品に殺虫剤が混入し、消費者への健康被害が発生した。日本への食料品の輸入は、種類、量ともに急激に増加しているため、問題食料品を現在の検査・管理システムによって流通前段階で完全に止めることは困難であり、消費による健康被害が発生して初めて問題が発覚する場合が少なくない。また、中国では、経済発展が優先され、環境汚染や残留農薬などによる食品の安全性が今後も懸念される。

本研究では、中国からの輸入食料品の安全性に着目し、毒性重元素を含む環境汚染由来元素の食品中への集積について、PIXE 分析により定量評価することを目的とする。分析対象として落花生を選択した。その理由は、日本の市場に流通する大部分の落花生関連食品に中国産落花生が使用されているためである。また、同時に日本産落花生についても PIXE 分析を行い比較対照とする。

### 2 材料と方法

分析対象とする市販食品落花生として、製品表示記載に基づき、焙煎処理のみされた殻つき落花生を用いた。これにより添加調味料等の元素混入の影響は排除されていると仮定する。落花生の産地は、中国産については不明であるが、国産については千葉県産である。なお、今回の分析では落花生株の違いについて特に考慮はしていない。落花生の種は、図 1

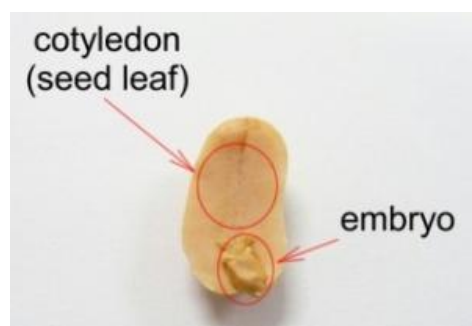


図 1 落花生試料。葉 (leaf) と胚 (embryo) に分離してそれぞれの試料を作成した。

に示すように、主に葉 (leaf) と胚 (embryo) の構造から成るため、成長過程に必要な元素の集積に違いがある可能性を考慮し、分析試料として葉と胚の部分に分けた。また、中国産、国産ともに 1 つの分析試料に 5 個の落花生の種を用いた。試料作成では内部標準元素として 1000 ppm の In を用い、硝酸灰化法<sup>1)</sup>による試料調製後、試料溶液 100  $\mu$ L をバックングフォイルであるマイラーに滴下・乾燥させた試料を PIXE 分析に供した。

PIXE 分析実験は、NMCC 標準の真空用 PIXE 分析システムを用いて行われた。サイクロトロン加速器から得られる 2.9 MeV 陽子ビームを 50~90 nA の強度で試料標的に照射し、X 線スペクトルを低エネルギー及び高エネルギー用の 2 台の検出器により同時測定し、Na 以上の重元素について定量分析した。なお、吸収体として 500  $\mu$ m 厚マイラーを使用した。また、バックングフォイル等のバックグラウンドスペクトルも測定・分析し、試料中の元素濃度を正確に評価できるように配慮した。

### 3 結果および議論

現時点で得ている元素分析結果は、中国産、国産ともにそれぞれ 1 製品についてのみであるが、今回の NMCC における分析前に試験的に実施した結果も得ており、BioPIXE 6 において発表している<sup>2)</sup>。図 2 に典型的な高エネルギー側の X 線エネルギースペクトルを示す。また、図 3 に Mg、P、S、K、Ca 等の試料中主要含有元素の他に 1 ppm 程度以上の微量元素についてそれらの濃度を示す。

As、Cd、Hg、Pb 等の毒性元素について着目すると、日本の食品衛生法の基準値では、食品、添加物、残留農薬、飼料中など対象、化学状態にもよっても異なるが、As、Cd、Pb で 1~4 ppm 以下、Hg で総水銀として 0.4 ppm 以下と定められている。これらを基準と分析結果を比較すると、今回用いた試料については、中国産、日本産ともにこれらの毒性元素濃度は検出限界 (Cd は 5 ppm 程度、それ以外は 0.5~1 ppm 程度) 以下であり、食品としての問題はなかった。

その他の元素について濃度傾向は、Ni、Sr を除き中国産と日本産で特段に大きな違いはなく、Mn 以上の重元素において、中国産の方がやや高濃度であった。ところが、Ni と Sr の濃度は、中国産が国産に比べて 10 倍以上大きく、土壤中の元素濃度に由来すると思われる、土壤汚染の可能性も示唆される。

一方、落花生の葉と胚における元素濃度の比較では、中国産、日本産ともに Mn 以上の重元素は、葉よりも胚においてやや高濃度の傾向がみられ、生育過程で必要な微量元素が集積されているものと示唆される。

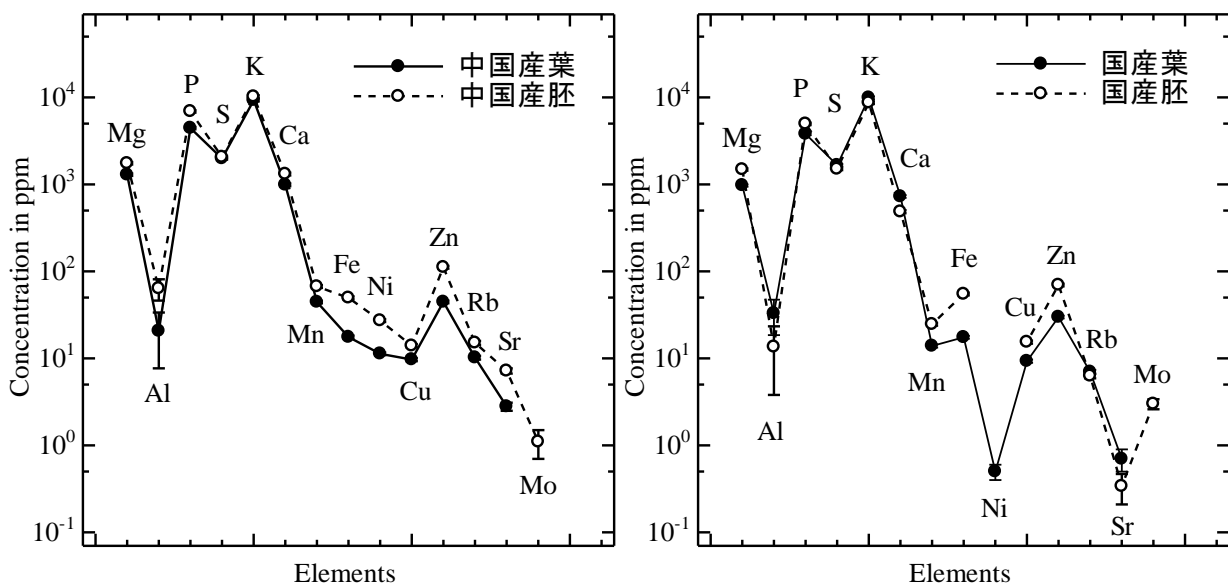


図 3 中国産及び国産落花生の主要な元素濃度

## 4 まとめ

中国産および国産落花生について、PIXE分析より得られた元素濃度を比較した結果、主要な成分元素については特段に大きな違いはなく同様の濃度傾向であった。毒性元素についても検出限界以下であった。NiとSrの濃度は、中国産が国産に比べて10倍以上大きく、土壌汚染の可能性も示唆される。一方、落花生の葉と胚における元素濃度の比較では、中国産、日本産ともにMn以上の重元素は、葉よりも胚においてやや高濃度の傾向がみられた。

### 参考文献

- 1) S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, Y. Saitoh, and K. Sera, *International Journal of PIXE*, Vol. 3-4, (1993) 319.
- 2) A. Terakawa, K. Ishii, J. Arikawa, Y. Kawamura, M. Fujikawa, S. Matsuyama, Y. Takahashi, H. Yamazaki, H. Sasaki, K. Maeda, and K. Sera, *Proceedings of the Sixth International Symposium on BioPIXE*, June 16-20, 2008, EMSL, Richland, Washington, USA, *International Journal of PIXE*, Vol. 18, (2008) 253.

## Elemental analysis of Chinese and Japanese peanuts by PIXE

A. Terakawa<sup>1</sup>, K. Ishii<sup>1</sup>, H. Yamazaki<sup>1</sup>, S. Matsuyama<sup>1</sup>, Y. Kikuchi<sup>1</sup>, Y. Kawamura<sup>1</sup>  
J. Arikawa<sup>1</sup>, M. Watanabe<sup>1</sup>, M. Fujikawa<sup>1</sup>, H. Akiyama<sup>1</sup>, Y. Ito<sup>1</sup>  
K.Sera<sup>2</sup> and H. Sasaki<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku University  
Aza-Aoba 6-6-01-2, Aramaki, Aoba-ku Sendai, Miyagi 980-8579, Japan

<sup>2</sup>Cyclotron Research Center, Iwate Medical University  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

<sup>3</sup>Sasaki Taro Memorial PIXE center  
5-3 Asano-chou, Hakodate, Hokkaido 040-0076, Japan

### Abstract

Elemental concentration in Chinese peanuts was analyzed and compared with that in Japanese peanuts by means of a PIXE (Particle Induced X-ray Emission) technique with an internal standard method to investigate toxic elements in them because frequent detection of contamination of toxic elements or excessive agrochemical residues in food imported from China has posed serious health concerns to Japanese people. The authors prepared the samples by separating the peanut seed into two cotyledons (seed leaves) and an embryo. The present result showed that there were not significant differences in concentration for major elements between Chinese and Japanese peanuts, while higher concentration of Ni and Sr was observed in the Chinese peanut sample. It is suggested that the high concentration of these elements is related to pollution of the soil.