

## PIGE 法を用いた茶葉のフッ素分布測定時における鉛遮蔽体によるバックグラウンドへの効果測定

(環境計測学) 安田 香澄

### 1. 緒言

本来、植物にとってアルミニウムは有毒である。しかし、茶はアルミニウムがないと成長できず、生育期間が1年の茶葉には約 10000 ppm のアルミニウムが蓄積する[1]。このアルミニウムを蓄積するメカニズムは未だ解明されておらず、茶のアルミニウムへの耐性や解毒機構の研究は、酸性土壌における植物生産の向上に必要とされている。

これまでの研究によると、茶葉中のアルミニウムは他の元素と化合物を形成し、解毒していると言われている。関連する元素としては、フッ素、ケイ素、マンガンなどが指摘されており、本研究室がこれまでに PIXE(Particle Induced X-Ray Emission)法を用いて行った研究では、ケイ素はアルミニウムとの相関が高く、マンガンはアルミニウムとの相関が低いことが分かった[1]。フッ素については、特性 X 線のエネルギーが低くそのエネルギーは X 線検出器の窓材により減衰するため、PIXE 法では測定が難しく、PIGE(Particle Induced Gamma-Ray Emission)法を用いて測定したが、ビームライン上流を発生源とするバックグラウンド(以降、BG と呼ぶ)が大きかったためアルミニウムとの相関については結論付けることが出来なかった。そこで、フッ素測定時における BG を減らすために、 $\gamma$ 線の遮蔽効果が高い鉛を用いて遮蔽体を作製し、実験装置に設置することで、BG の削減を試みた。

### 2. 実験

ターゲットには、京都府立茶業研究所から提供された「アサヒ」という品種の茶葉を用いた。茶葉中のフッ素濃度は生育期間が長い方が高い[2]ため、生育期間1年以上の茶葉をターゲットとした。茶葉はマイクロトーム(Plant Microtome MTH-1)を用いて、茶葉の断面を葉脈の垂直方向に切り出した。ターゲットの厚さを 60  $\mu\text{m}$  として切断し、切断後、凍結乾燥を行った。実験は若狭湾エネルギー研究センターのマイクロビーム装置を用いて行った。測定条件として、入射粒子は 2.5 MeV のプロトン、ビーム径は 5  $\mu\text{m}$   $\times$  5  $\mu\text{m}$ 、ビーム量は 30~40 pA 程度、測定領域は 400  $\mu\text{m}$   $\times$  400  $\mu\text{m}$ 、測定時間は1時間とし、鉛遮蔽体の有無による BG 削減の効果を調べた。

#### 2.1 鉛遮蔽体

本実験では、円形鉛遮蔽体(外径 80 mm、内径 30 mm、厚さ 10 mm)と正方形型鉛遮蔽体(70 mm  $\times$  70 mm、厚さ 10 mm、中央に直径 3.9 mm の穴)の2つを用いて測定を行った。図1に示すように、円形鉛遮蔽体はチェンバー外に、正方形型鉛遮蔽体はチェンバー内に設置し、BG 削減の効果を調べた。測定は円形鉛遮蔽体と正方形型鉛遮蔽体をどちらも設置した場合(実験 1)、正方形型鉛遮蔽体のみ設置した場合(実験 2)、鉛遮蔽体を設置しなかった場合(実験 3)の3条件で行った。

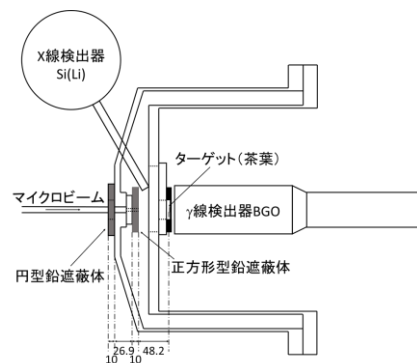


図1. 実験装置の概略図  
(寸法の単位は mm)

### 3. 結果及び考察

図2に実験1,2,3で得られたフッ素の二次元分布を水平方向に射影することによって得られた線分布図を示す。

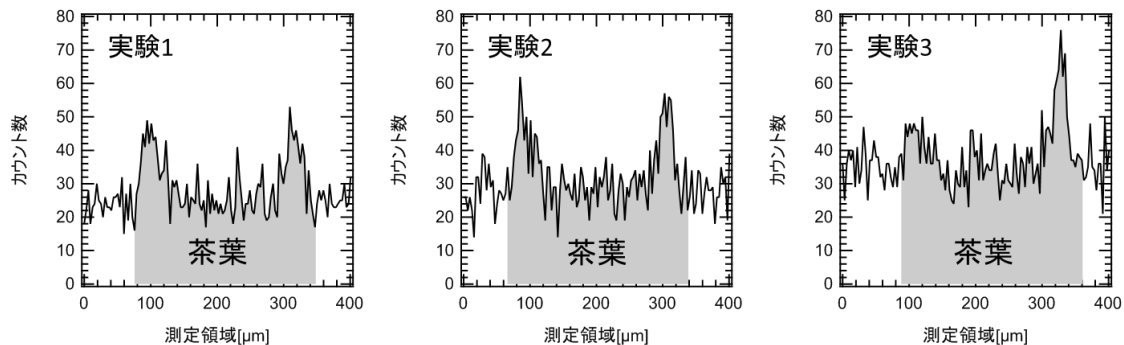


図2. 実験1,2,3で得られたフッ素の二次元分布に対する射影図。茶葉部分を色付きで示す。

左：実験1、中央：実験2、右：実験3

茶葉の位置は茶葉全体に分布しているカリウムの分布を用いて特定した。実験1,2,3におけるBGのカウント数の平均値を茶葉領域以外のカウント数より求め、その平均値を用いて茶葉領域におけるBGのカウント数を求めた。そして、茶葉領域の全カウント数からBGを差し引くことによってフッ素のカウント数を計算し、フッ素に対するBGのカウント数の比から、実験3を基準とするBGの遮蔽率を求めた。その結果を表1に示す。

表1. 実験1,2,3におけるカウント数の測定結果及びBGの遮蔽率

	実験1	実験2	実験3
茶葉中のBGの全カウント数	2184	2471	3132
茶葉中のフッ素の全カウント数	390	418	251
BG/フッ素	5.60	5.91	12.5
BGの遮蔽率[%]	55.1	52.6	0.00

表1より、円型鉛遮蔽体と正方形型鉛遮蔽体をどちらも設置した実験1では55.1%の遮蔽が得られ、正方形型鉛遮蔽体のみ設置した実験2では52.6%の遮蔽が得られたことが分かる。実験1と2では遮蔽率が数%しか変わっていないことから、円型鉛遮蔽体はあまり遮蔽の効果を示していないことが分かった。これは、円型鉛遮蔽体の中央の穴が大きかったため、その穴を通ったBGが検出されたからだと考える。また、計算で求めたBGの遮蔽率は、実験1の場合63.2%、実験2の場合39.3%であるが、実験2で実測値から得られた遮蔽率は計算値よりも大きかった。この理由としては、統計誤差の影響が考えられるが、それ以外の原因も今後考察していく必要がある。

#### [参考文献]

- [1] 魚森駿也, 「茶葉の成長に伴う元素濃度及び分布変化の $\mu$ -PIXE測定」, 京都府立大学, 修士論文(2013)
- [2] 最上直樹, 「茶葉中のアルミニウムとフッ素の濃度変化」, 京都府立大学, 卒業論文(2017)