

PIGE 法による茶葉中のアルミニウム濃度測定

(環境計測学) 宅間 雅代

1. はじめに

成熟した茶では葉の表表皮にアルミニウムを高濃度に蓄積していることや、アルミニウムとシリコンは良く似た空間分布を示しているということがわかっている。そのため、アルミニウムとシリコンは化合物を形成しているのではないかと考えられる[1]。最近、PIGE 法を用いてフッ素分布を測定したところフッ素もまた表皮に局在していることも分かったが、フッ素のガンマ線計測には BGO 検出器を用いており、アルミニウムのガンマ線を識別することができなかった[2]。一方、葉の表表皮には細胞質と細胞壁からなる表皮細胞があり、その中には核やミトコンドリアなどといったオルガネラが存在している。アルミニウムをガンマ線検出器で定量分析できるか確かめ、アルミニウムが茶葉の表皮細胞中のどの組織に存在しているのかということ調べる必要がある。そこで茶葉の細胞内での元素濃度をより詳細に調べるために、成熟した茶葉の細胞を水溶性画分（液胞など）と不溶性画分（細胞壁など）に分けたものを試料とし、ゲルマニウム検出器を用いて試料中のアルミニウム濃度測定を試みた。

2. 実験

茶葉を凍結乾燥させ粉碎し、水に溶かし遠心分離にかけた。茶葉中の液胞などに存在しているアルミニウムは水溶性画分として水に溶け出し、細胞壁などに吸着しているアルミニウムは不溶性画分として沈殿すると思われる。水溶性画分はろ紙にしみ込ませ、不溶性画分は圧力をかけ固めることでペレットにした。

測定は、3.4 MeV のプロトンビームを用い、ビーム径は直径約 3 mm、ビーム電流量は 9 nA で、一回の測定時間は 40 分程度であった。

3. 結果と考察

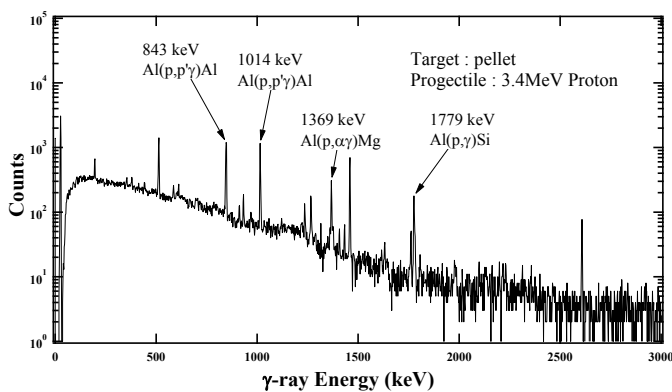


図1 生育15ヶ月の茶葉ペレットのガンマ線スペクトル

図1は生育15ヶ月の茶葉ペレットのガンマ線スペクトルである。今回の実験では図に示したように、アルミニウム核の励起反応 $^{27}\text{Al}(p,p')^{27}\text{Al}$ から生じる 843 keV、1014 keV のピークと組替えを伴う $^{27}\text{Al}(p,\alpha)^{24}\text{Mg}$ と $^{27}\text{Al}(p,\gamma)^{28}\text{Si}$ から生じる 1369 keV、1779 keV のピークが観測された。後者の組替反応で生じたガンマ線は、茶葉中にマグネシウム

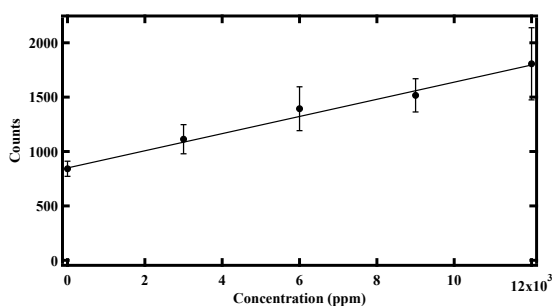


図2 843keVのラインで求めた検量線

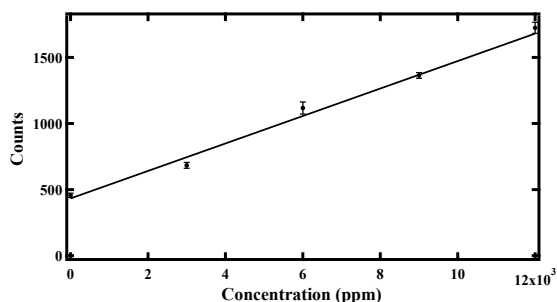


図3 1014keVのラインで求めた検量線

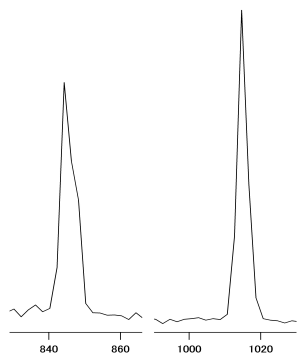


図4 843 keV と 1014 keV
のピーク比較

やシリコンが多く含まれているため、アルミニウムのピークとして採用するには適さなかった。

そこで、今回は 843 keV と 1014 keV のピークでアルミニウムのカウント数を求め、アルミニウムの濃度を決定した。図2と図3に 843 keV と 1014 keV のピークでカウント数を求めたときのアルミニウムの検量線を示した。誤差はそれぞれ約 20%と約 1%となった。843 keV の検量線の誤差が大きくなったのは、アルミニウムのピークがガウス分布していなかったことが原因であると考えられる。図4に 843 keV と 1014 keV でのピークの見え方を示す。横軸はガンマ線のエネルギーを示しており、図の左が 843 keV、右が 1014 keV のピークである。843 keV のピークは 1014 keV に比べピークが非対称であることがわかる。妨害元素の存在やアンプなどのドリフトが原因として考えられるが、詳しくはまだ分かっていない。

くはまだ分かっていない。

そのため試料中のアルミニウム濃度は 1014 keV のピークのカウント数より求めた。液胞などの可溶性画分には 19 ppm、細胞壁などの不溶性画分には 4124 ppm のアルミニウムが含まれていた。不溶性画分の主要成分は細胞壁だと考えられるので、この結果は茶葉中のアルミニウムは細胞壁側に多く存在することを示唆している。

また、ゲルマニウム検出器を用いた PIGE 法で微量なアルミニウムを測定できたので、茶葉細胞のオルガネラごとのアルミニウム濃度測定をすることも可能であると考えられる。

[参考文献]

- [1]魚森駿也「茶葉の成長に伴い元素濃度及び分布変化の μ -PIXE 測定」京都府立大学修士論文(2013)
- [2]吉田泰介「PIGE 法を用いた茶葉のフッ素濃度及び分布測定」京都府立大学卒業論文(2014)