

XRF法を用いた茶葉中のAl濃度測定

(環境計測) 高橋 希佳

1. はじめに

土壌中には、鋳物元素としてAlが約8%含まれている。一般に、植物は中性から弱酸性土壌で良好な生育を示し、酸性土壌では生育が抑制される。その理由は土壌が酸性になると、Alが植物に対して強い毒性を持つイオン(Al³⁺)となって溶け出すためである。植物の生育に適さない酸性土壌は、世界中の耕地の約3~4割を占めているため、作物のアルミニウム耐性能力の向上は食糧危機問題解決の一つの切り口である。茶は高いAl耐性を持つ植物として知られている。先行研究によると茶は葉の上皮部分に高濃度(3000~5000 ppm)のAlを溜め込む¹⁾。

研究のテーマとして、環境ストレスに適応性が強い茶を通じてAl耐性・蓄積機能を物理学的観点から解明することがあり、劣悪環境下での作物栽培技術への寄与を目標とする。本研究は、Alの蓄積能力は茶の種類に依存するかを同一土壌内で育成した茶の種類Al量を測定することで調べる。また、Al量は育成期間にどのように影響されているのかを調べるために、同一の種類で育成期間の異なった茶葉を測定する。これらの測定はXRFによる微量元素分析測定を行った。XRF[X-ray Fluorescence Analysis(蛍光X線分析法)]は、内殻電子の励起にX線を使用し、試料からの特性X線(蛍光X線)を測定する方法である。

2. 実験

2.1 試料の作成

絶対濃度を測定するための試料作りは、測定したい元素が試料外部に抜け出し濃度が変化しないように注意が必要であり、乾燥の手段として凍結乾燥法を用いた。手順は、試料を液体窒素で凍結した状態でロータリーポンプを引き、真空度 $0.8\sim 1.0\times 10^{-2}$ Torr程度を維持した状態で質量の変化がなくなるまで乾燥させる。乾燥時間は予備的に最適な時間を測定した。その結果、茶葉に含まれる水分は約60%前後であり、200分程度で乾燥できることが判った。

XRF測定を行う際にAlの特性X線は、大気中では減衰してしまうために真空中で行う。しかし、粉末試料を真空中で測定することは困難なため、粉末に一定の圧力をかけて固体状のペレットを作成して測定を行った。ペレットを作成するための枠の素材は、Alピークを妨げることがないことを確認したポリプロピレンを用いた。枠は表面が平らで一様の厚さであるドーナツ形状(外径φ25, 内径φ5とφ6.5)の枠を作成した。試料の厚みはX-com²⁾を用いて μ_m (質量減衰係数)から計算した。試料が十分に厚いのであれば、Alの特性X線は試料構成物質で遮断されるため、ピークエリア(Alの収量)は厚さに依存せず一定となる。計算結果、AlのX線が試料を1%通過(十分に厚い)する距離が 0.215 g/cm^2 であった。本研究で用いたペレットが十分に厚い状態で測定されているかを調べるために、径が同じで質量が異なる2種類のペレットを用意し、同濃度

のAl標準溶液(溶媒HNO₃ 5000 ppm)滴下後のカウント数の変化を測定した。いずれもプレス後の枠の厚みは十分に厚く、それぞれ 1.86 g/cm² と2.71 g/cm² であり、ピークエリアは誤差の範囲内で一致した。よってこの実験結果より、本試料測定で用いる0.8 g前後の枠において作成されたペレットは、十分に厚い状態で測定できていることがいえた。

XRF 装置は SEIKO 社 SEA2010 で行い、全ての試料に対しロジウムの X 線管を用いた。測定条件は、時間 650 sec、電圧 50 kV が共通であり、それに加え、検量線が照射径 10 mm、電流2 μA、ペレットφ6.5、本試料測定が照射径 3 mm、電流 13 μA、ペレットφ5で行った。

2.2 検量線

Al 標準溶液(溶媒 HNO₃)を茶葉に 1000 ppm ずつ 5000 ppm まで滴下した。乾燥は半日かけて行い、均一にするために滴下後と測定直前に攪拌した。茶葉は予備実験で極端に Al が少なかった阿蘇山産を用いた。

それぞれの濃度に対応する Al の収量の結果は図 1 のようになり、誤差棒は統計誤差のみである。検量線は誤差範囲内で直線であり、本測定はこれを基に濃度測定を行った。

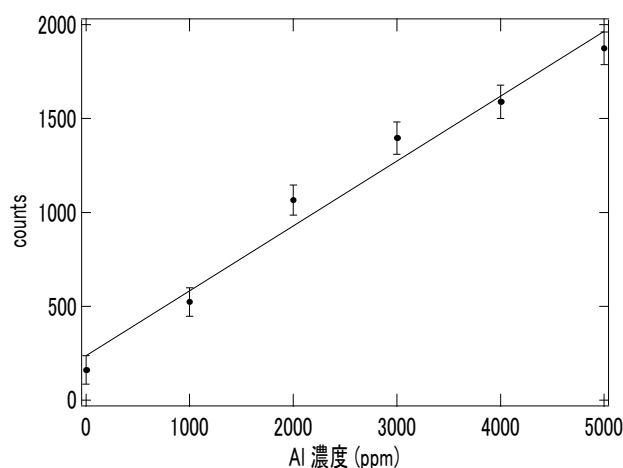


図 1 : 検量線

3. 結果と考察

本測定は、ヤブキタ、アサヒ、サミドリで行い、これらは京都府茶業研究所から提供してもらった。茶葉は同じ土壌で育成してあることを確認済みである。同種において、期間を 4 ヶ月間育成したものと 1 年以上育成したものをそれぞれ測定した。

茶葉を測定して補正を施したカウント数と図 1 の検量線を用いて、茶葉に含まれる Al の濃度を ppm 単位で測定した結果が表 1 である。

表 1 : 茶葉の濃度 [ppm(mg/L)]

茶葉	ppm
ヤブキタ・4ヶ月育成	8154±285
ヤブキタ・1年以上育成	9728±287
アサヒ・4ヶ月育成	529±193
アサヒ・1年以上育成	6019±264
サミドリ・4ヶ月育成	3831±238
サミドリ・1年以上育成	4331±231
阿蘇茶	345±231

表 1 からわかるように 4 種類の茶は Al 量が異なっている。このことから、茶の種類によって Al 量が変わると考えられる。また、表 1 のアサヒに注目すると同一種類の茶葉であっても育成期間が長いほうが Al が多く含まれており、期間による蓄積作用があると考えられる。今後、種類により蓄積率が変化していることに注目して、Al 耐性・蓄積の機能解明をテーマとする。

参考文献

- 1) 静岡大学農学部 応用生物化学科 (<http://www.agr.shizuoka.ac.jp/c/>)
- 2) XCOM (<http://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/Text/XCOM.>)