

PIXE 法を用いたアジサイのアルミニウム測定

(環境計測) 村上 まゆ

1. はじめに

多くの花の色は、遺伝子によって決定されるが、アジサイでは土壤環境（酸性もしくはアルカリ性）の要因が大きい。アジサイは、酸性土壌で育成すると青色の花をつけ、アルカリ性土壌で育成すると赤い花をつけるという特徴をもつ。アジサイは、植物にとって毒であるアルミニウムに耐性を持っており、青いアジサイは酸性土壌中に溶け出したアルミニウムを根から吸収し、花弁の液胞内に溶解している色素、アントシアニンと結合してアルミニウムの錯体を作り、青色を発色すると考えられている。¹⁾

本研究では、PIXE 法を用いて、アジサイの微量元素分析を行い、アジサイ中のアルミニウムの蓄積量や分布を測定すること、さらに種類や色別での比較を行うことを目的とした。

PIXE とは、Particle Induced X-ray Emission（粒子線励起 X 線放出）のことで、加速器を用いた分析手法の一つである。加速器からイオンビームを試料に照射すると試料中の原子が励起し、その際に放出される原子固有の特性 X 線を検出することによって元素分析を行うことができる。PIXE 法は、微量の元素でも非破壊で多元素同時分析が行えるという利点をもつ。

2. 実験

測定に用いたアジサイは、青色の花のブルースカイ、ホンアジサイ、城ヶ崎、名称不明と、赤い花のロシタ、白い花のテラーホワイトの 6 種類で、京都府立植物園のご協力により採取したものである。アジサイは採取後、洗浄し、それらの花弁、葉、茎を押し花にして乾燥、保存した。乾燥させたアジサイの花と葉はそのまま、茎は断面を薄く切り取ったものを、導電テープでステンレス製のホルダーに接着し、サンプルとした。

実験は京都大学工学研究科原子核工学専攻放射実験室の装置で行い、加速器は 4MV バンデグラフ型加速器、検出器は Si (Li) 検出器を用いた。測定条件として、入射粒子 2.5 MeV He⁺ ビーム、ビーム電流は 15 nA、また散乱ビームを遮断するため、検出器の入り口には 9.4 μm 厚のダイヤホイル膜を貼り付けた。アルミニウム等の軽元素は、特性 X 線の減衰が大きく、検出しにくい。通常 PIXE で用いる 2.5 MeV 程度の H⁺ ビームの場合、検出器への散乱ビームを遮断するためには 80 μm 厚のダイヤホイルが必要となる。この膜中ではアルミニウムからの特性 X 線はおおよそ 10 万分の 1 に減衰してしまい、測定できなくなる。そこで、散乱ビームを遮断する膜でアルミニウムの特性 X 線が減衰してしまわないように H⁺ のエネルギーを下げてダイヤホイル厚を薄くすることを試みた。その結果、わずかにアルミニウムの X 線ピークを見出すことができたが、抜本的な改善にはならなかった。最終的に入射ビームを He⁺ に変更することで、膜厚を劇的に減らすことができ、かつ、アルミニウムに対する内殻電離断面積は H⁺ の場合と変わらないために、検出感度を飛躍的に高めることに成功した。

3. 結果および考察

図1に実験で得られたアジサイの花のX線スペクトルの一例を0.5~5.0 keVのエネルギー範囲で示す。実線のものが青い花のブルースカイ、▲がホンアジサイ、●が赤い花のロシタである。検出した元素は、Mg、Al、Si、P、S、Cl、K、Caである。植物に不可欠なリン、カリウム、カルシウムの他、今回注目しているアルミニウムを検出することができ、青い花のブルースカイ、ホンアジサイに比べ、赤い花のロシタはアルミニウムのピークが小さいことが見てとれる。

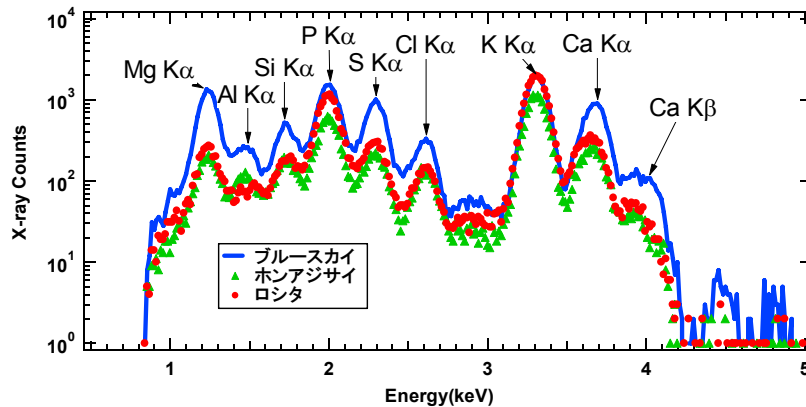


図1 アジサイ(花)のX線スペクトル

今回、試料は種類や部分によって厚さが異なり、濃度を算出することができなかったため、Al蓄積量の比較は、カリウムに対してPeak Areaの比をとって行った。図2は、試料6種類のアジサイの花、葉、茎についてそれぞれの比を示したものである。特に、青い花のブルースカイは赤い花のロシタの約3倍も多くアルミニウムを蓄積していることがわかった。さらに、平均的なカリウムの濃度から概算すると、ブルースカイのアルミニウムの濃度は、花でおよそ1000 ppm、葉でおよそ1500 ppmであると考えられる。アジサイ

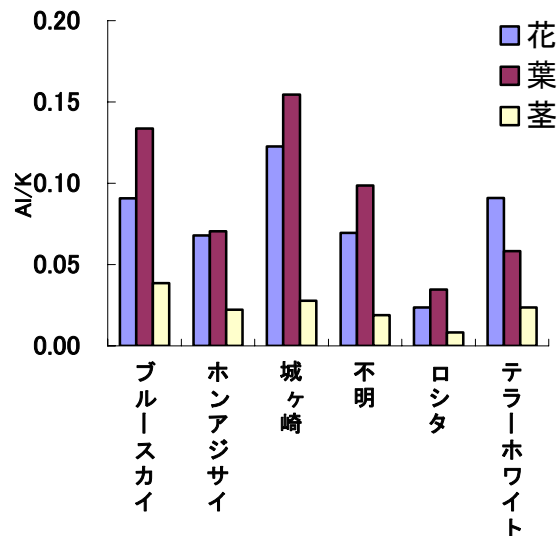


図2 Kに対するAlのPeak Areaの比

の花、葉、茎を比較すると、アジサイ中のアルミニウムは、青色を発色する花卉にだけに含まれているのではなく、アジサイ全体に含まれており、葉、花、茎の順に多く蓄積している。また、1枚の葉の部位によるAl蓄積量の分布も調べたところ、1枚の葉の中では、部位による差はなく、葉全体にアルミニウムは均一に分布していることがわかった。

今回の実験では、検出しにくいアルミニウムを検出し、アジサイの種類や色別、部位によるアルミニウムの蓄積量や分布を比較することができた。

【参考文献】

- 1) 武田幸作：アジサイはなぜ七色にかわるのか？ (PHP 研究所, 1996)