

論文

## イメージングプレートを用いたアズキ中のカリウム-40の定量

小山元子\* 谷崎良之\*

Measurement of potassium-40 contents in azuki bean cuttings  
by using Imaging Plate

Motoko KOYAMA and Yoshiyuki TANIZAKI

**Abstract** The natural occurring radioactivity in various plant samples was observed by using Imaging Plate(IP) with high sensitivity. The high intensity of  $^{40}\text{K}$  radioactivity was observed clearly in living organisms in the plants. The autoradiograms were obtained for Azuki bean cutting samples treated with water and KCl solution. The autoradiographic intensity of KCl-treated samples was higher than that of water-treated samples, especially in the part of apices. Potassium content was calculated from PSL (the relative intensity of photo-stimulated luminescence) data of three parts of the samples, epicotyls, leaves and apices. The K content in Azuki cuttings estimated from PSL data was approximately consistent with that determined by neutron activation analysis method. However, there are some problems to be made clear in the use of IP method, for example, validation of each IP, conditions of exposure, measurement of PSL data, fading of images.

**Keywords** Autoradiography, Neutron activation analysis, Imaging Plate,  $^{40}\text{K}$ , Natural radioactivity, Azuki bean

## 1. はじめに

イメージングプレート(IP)は、放射線に対する高い感度、広いラティチュード、放射線照射量に対する良好な応答性といった優れた特性を持っている。このようなIPの特性を生かして、放射能分布を測定する手段として、オートラジオグラフィ、非破壊検査、放射線安全管理などの広範な分野で利用されている<sup>1)</sup>。

IPによるオートラジオグラフィは、その高い感度を利用して、極微量の放射性物質の二次元分布を調査する手法として有効である。たとえば、自然に存在する放射性物質の分布を観察したオートラジオグラフィとして、野菜に含まれるカリウム-40 ( $^{40}\text{K}$ )<sup>2)</sup>、花崗岩中のウラン・トリウム系列の核種<sup>3)</sup>などの報告がみられる。我々は、身近な植物を対象に、IPを利用して $^{40}\text{K}$ の植物中の分布状態を調べる簡便な手法について検討した。また、アズキ芽生えにKを取り込ませ、Kの放射性同位体であ

る $^{40}\text{K}$ の分布・蓄積の様子についてIPオートラジオグラフィにより観察するとともに、PSL値からKの定量を試みたので報告する。

## 2. 方法

## 2.1 植物の自然放射能のオートラジオグラフィ

ヤブカラシ、サクラ、シダ等の植物の葉を押し葉標本としたもの、ブナの幹を切り切断面を磨いたもの等を、身近に得られる植物試料として使用した。これらをマイラー膜で包み、IP(富士写真フィルム社、SR-2025)に密着させ、遮蔽箱中で30日間露光した。露光したIPは、イメージングアナライザ(富士写真フィルム社、BAS-5000MAC)で読み取り、放射能分布画像を得た。

## 2.2 Kを取り込ませたアズキ芽生えのオートラジオグラフィ

アズキ種子をバミキュライト上に播種し、明所25.5で7日間生育させた。芽生えを頂芽より下7cmで切り、

\*精密分析技術グループ

その切り枝を水及び1%KCl溶液または、0.02Mカリウム-リン酸緩衝液(pH7.0)にさし、さらに明所25.5で、2日及び4日間生育させた。切り枝は、熱固定後乾燥させ、押し葉試料とした。ろ紙にKCl溶液の一定量をしみ込ませたものを、IP用の標準試料として用いた。押し葉試料は2-1と同様に露光し、放射能分布画像を得た。これらの画像から、上胚軸、頂芽、第一葉のPSL値(IPにおける画像強度を表す相対値)を求めた。

### 2.3 アズキ芽生えの放射化分析

明所25.5で7日間生育させたアズキ芽生えから、切り枝を作り、水で1,3,5,8日間生育させた。この切り枝5本から、上胚軸、頂芽、第一葉を切り取り、80で2日間乾燥させたものを、重量測定後清浄なポリエチレン袋に封入し試料とした。これらの試料を、京都大学原子炉実験所圧気輸送管PN3施設(熱中性子束 $2.3 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>·sec)で30秒間中性子照射し、照射後ただちに100秒間ガンマ線計測を行い、短半減期核種を定量した。

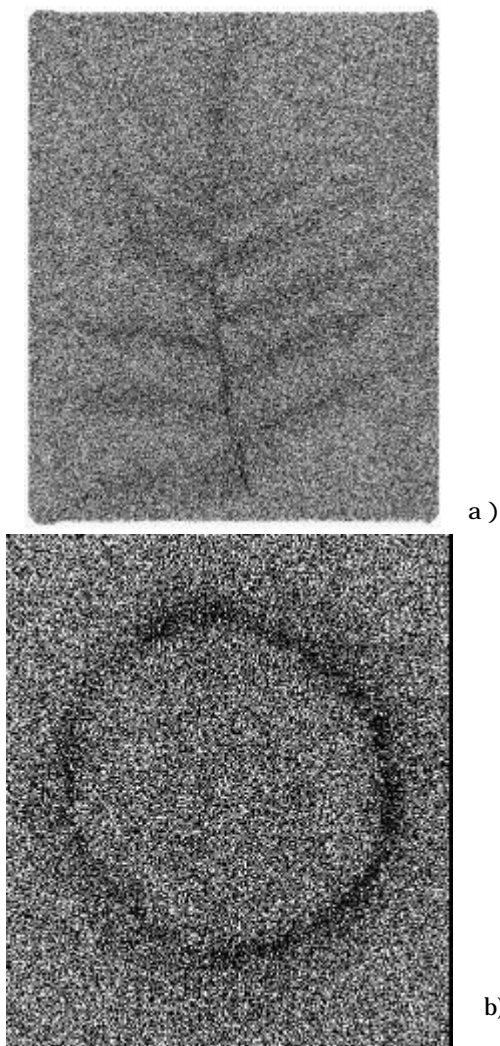


写真1 自然放射線によるオートラジオグラフィ像  
a) シダの葉 b) ブナの幹

### 3. 結果及び考察

#### 3.1 植物の自然放射能のオートラジオグラフィ

IPで得られたオートラジオグラフィ像を写真1に示す。シダの葉(写真1(a))では、中肋、小葉の中心部の葉脈が強く露光した。ブナの幹(同b)では、幹の周辺部と節が強く露光し、材の部分は露光していない。露光したのは、植物に多く含まれるKの同位体<sup>40</sup>K(天然存在比0.0119%)からの放射線によるものと考えられ、いわゆる生きている組織にKが多く含まれていること、特に維管束組織に多く含まれていることが推測された。

#### 3.2 Kを取り込ませたアズキ芽生えのオートラジオグラフィ

KCl溶液で生育させた際のアズキ切り枝の生長阻害を調べるために、組織各部分の乾燥重量を比較した。0.1%KCl溶液で生育させた場合、乾燥重量の増加は水で生育させた切り枝の重量増加と変わらなかったが、1%KCl溶液で生育させた場合、第一葉の重量増加が促進された。しかし、5日間以上生育させると、枯死する個体が増加した。これらの結果から、オートラジオグラフィを得るために使用するアズキ切り枝は、1%KCl溶液で4日間生育させることとした。

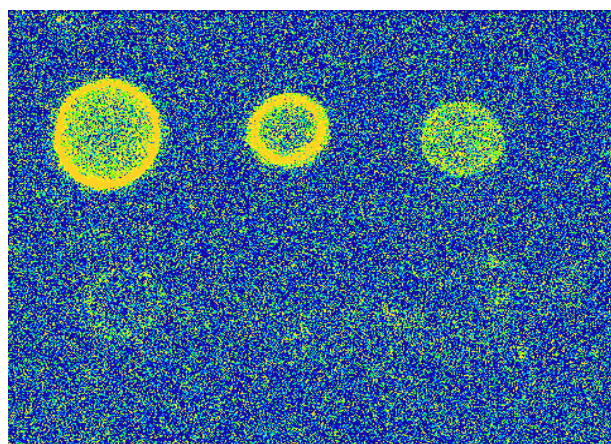


写真2 K標準試料のオートラジオグラフィ像

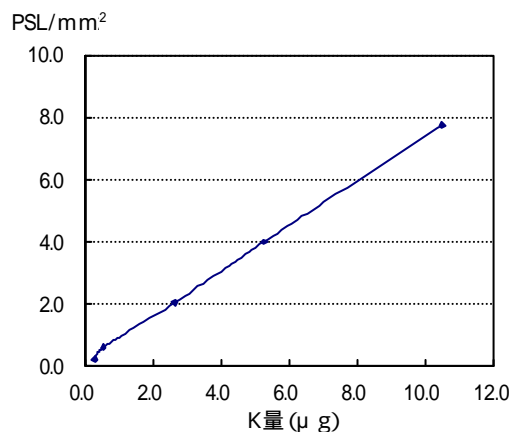


図1 標準試料のK量とPSL値との関係

IPによるオートラジオグラフィ像の定量性について検討した。KCl標準試料をIPに密着させて得た像を写真2に、そのPSL値を求めた結果を図1に示す。図1から明らかなように、標準試料に含まれるK量とPSL値は直線関係にあり、IPを利用してKを定量できることがわかった。

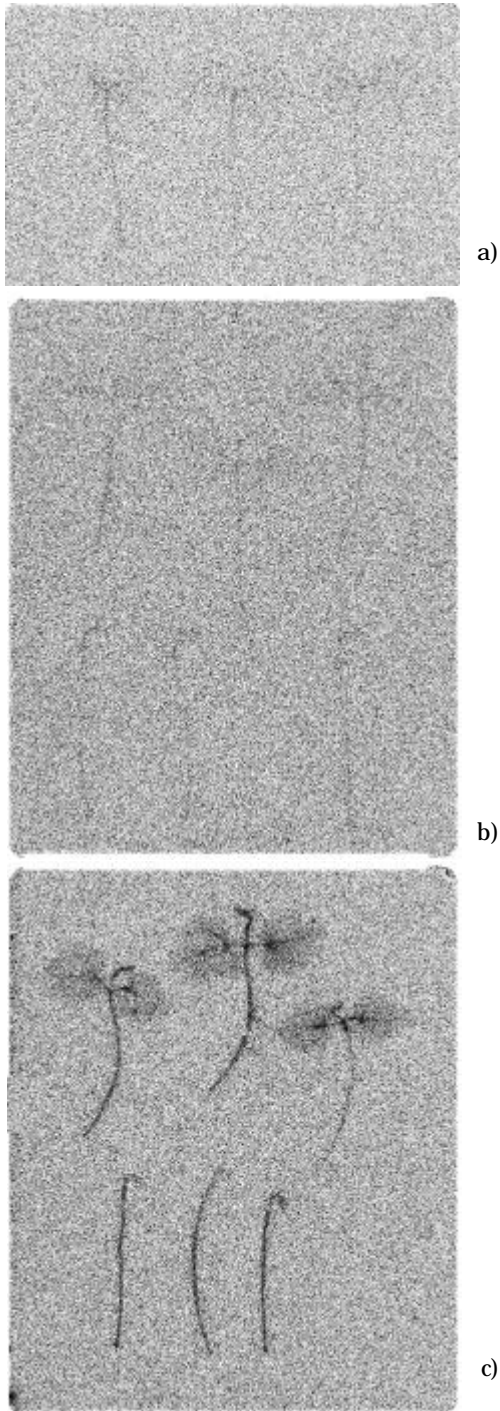


写真3 カリウムを吸収させたアズキ上胚軸切り枝のオートラジオグラフィ像

- a) 7日目の芽生えから得た切り枝(初期芽生え)
- b) 水で2日間生育させた切り枝
- c) 1%KCl溶液で2日間生育させた切り枝

水および1%KCl溶液で生育させたアズキ切り枝のオートラジオグラフィ像を写真3に示す。1%KCl溶液で2日間生育させた切り枝の画像(写真3(c))は、水で同期間生育させた切り枝の画像(同(b))や初期芽生えの切り枝(同(a))の画像より明らかに強い露光を示し、Kが吸収されたことがわかった。第一葉を除去して生育させた切り枝(同(b),(c)下)でも、Kが吸収されることが明らかになった。

オートラジオグラフィ画像から、上胚軸、第一葉、頂芽の各部のPSL値を求めた結果を図2に示す。KCl溶液で生育させた切り枝は明らかにPSL値が高かった。そして、KCl溶液での生育期間が長いほどPSL値も高く、Kが時間と共に蓄積されたことを示した。Kを含む溶液で生育させて2日目には、上胚軸のPSL値が高く、4日目では、第一葉と頂芽のPSL値が高くなった。このことから、Kは、はじめ上胚軸に吸収され、その後、第一葉と頂芽に移行していくものと推測された。また、初期芽生え(図2のini)とその後4日間Kを取り込ませた芽生えの各部分のPSL値を比較すると、上胚軸で約4倍、第一葉で約5倍、頂芽で約8倍となっており、頂芽に多くのKが蓄積していることがわかった。すなわち、生長点を含む頂芽の部分がより多くのKを必要としていることが確認された。

KCl溶液は酸性を示し、Kの吸収やアズキの生育に影響を与えることが考えられた。そこで、カリウム-リン酸緩衝液(pH7.0)を用いて生育実験を行ったが、この場合でも同様の結果が得られた(図2,KP)。

### 3.3 放射化分析法による定量結果

放射化分析法によって、Al,Br,Ca,Cl,K,Mg,Mn,Na,Vなどの短半減期核種を生成する元素の分析を行った。ここでは、Kの分析結果についてのみ利用し、その他の元素については別報において述べることにする。

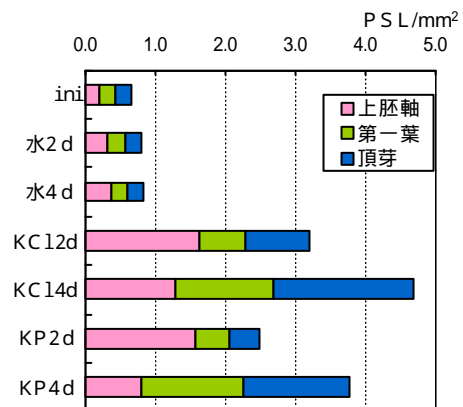


図2 アズキ切り枝のPSL値

ini:初期芽生え 水2d,4d:水で初期芽生えを2,4日生育  
KCl: 1%KCl溶液で生育 KP:K-リン酸緩衝液で生育

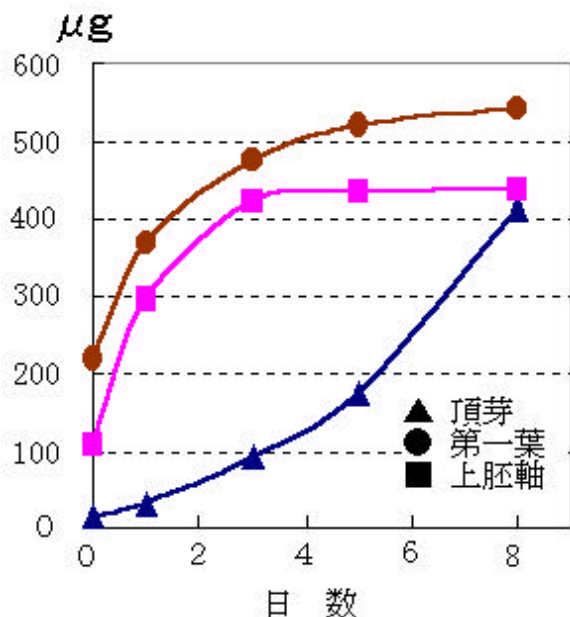


図3 放射化分析法により求めたアズキ切り枝中のK量の経時変化 (水で生育)

水で生育させたアズキ切り枝中のK量の経時変化を放射化分析法により求め、その結果を図3に示した。上胚軸のK量は3日目まで著しく増加し、それ以後はほぼ一定となった。第一葉でも同様に3日目までK量の急激な増加が認められ、以後の増加は緩やかであった。これに対し、頂芽では3日目以降の増加が著しかった。このことから、第一葉の生育が3日目まででほぼ終了し、頂芽から上の第二葉が生長して行くこと、それに必要なKが上胚軸から頂芽へ移行していくことが推測された。

### 3.4 PSL値から求めたアズキ切り枝中のK量

アズキ切り枝のPSL値をKの標準試料のPSL値と比較しK量を求めた(表1)。表1から、取り込ませたKは上胚軸に蓄積し、その後第一葉、頂芽に移行することがわかる。水で生育させた試料についてPSL値から求めたK量を放射化分析法により求めた値と比較すると、試料の生育期間等はそれぞれ異なるものの、概ね一致していた。

<sup>40</sup>Kの天然存在比は、0.0119%であるが、これ以外にも天然に存在する放射性核種がいくつかある。天然に存在する放射性核種の中から、天然存在比が大きいもの、たとえばルビジウム-87 (<sup>87</sup>Rb:天然存在比27.85%)、サマリウム-147 (<sup>147</sup>Sm:同15.07%)などについて、IPによるオートラジオグラフィで定量が可能かどうかを検討する予定である。

IPを利用して放射能を定量する際にはフェーディング現象が問題となる。また、露光や読み取り等の条件を

表1 アズキ切り枝中のK量(μg/個体)

	上胚軸	第一葉	頂芽
<u>PSL値から求めたK量</u>			
初期芽生え(ini)	243	484	58
水2日	522	243	139
水4日	642	189	156
KCl2日	2324	1529	1045
KCl4日	1900	2115	6561
<u>放射化分析法により求めたK量</u>			
初期芽生え(ini)	109	217	15
水1日	294	368	67
水3日	458	477	91
水5日	434	519	175

一定にする必要がある。本研究は、これらの点を考慮して実施したが、異なるIP間の性能差まで確認していない。また、PSL値を正確に求めるためには植物体の各部分の像の範囲を明確に指定する必要があるが、画像強度が弱い場合は範囲を設定することが困難である。測定条件等の検討を行い、どの程度まで定量性を追求できるか確認する必要がある。

### 4. まとめ

自然放射性核種である<sup>40</sup>KのIPによるオートラジオグラフィ観察を行い、下記のような知見を得た。

IPの高い感度を利用することにより、自然に存在する放射性元素の二次元分布を観察することができる。

植物に取り込ませたKが植物内を移動していく様子を観察することができる。

IP像から求めたPSL値から、Kを定量することができる。

### 謝辞

中性子放射化分析については、京都大学原子炉実験所共同利用によって行った。お世話になった高田実弥先生をはじめ、関係各位に謝意を表す。

### 参考文献

- 1) 宮原諄二: Radioisotopes, 47,143-154(1998).
- 2) 森千鶴夫 他: Radioisotopes, 44,433-439(1995).
- 3) 床安正安: 鉱物学雑誌, 23,151(1994).

(原稿受付 平成12年8月21日)