

# ヒ素汚染土壌で生育するハツカダイコンのヒ素吸収に対する ヒ素吸収抑制資材アスクライトの効果

河合成直<sup>1</sup>、渡邊香奈<sup>1</sup>、後藤祥子<sup>2</sup>、世良耕一郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>岩手大学農学部 020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8

<sup>2</sup>日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

<sup>3</sup>岩手医大サイクロトロンセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

## 1 はじめに

ヒ素(As)は生物にとって毒性がある元素である。土壌中の As 含量は  $1\text{mg kg}^{-1}$ ～数  $10\text{mg kg}^{-1}$ (平均  $11\text{mg kg}^{-1}$ ) と言われている(Kabata-Pendias, 2000)。As の酸化数は-3、0、+3、+5 をとり、無機態ではヒ酸( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ )と亜ヒ酸( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ )で存在し有機態と比較して毒性が高い。ジメチルアルシン酸(DMA)、モノメチルアルシン酸(MMA)などの有機態は一般に毒性が低い(Ferguson & Gavis, 1972)。我が国においては、島根県農試におけるイネのヒ素害に関する研究(山根、1989)が知られている。また、南アジアのバングラデシュなどの地域においては、地下水に含まれるヒ素が住民の健康被害をもたらしており、それら地域では地下水の飲用による皮膚がんの発生がみられることが知られている (Anawar, 2002)。

私共は、これまで植物におけるヒ素害を軽減し、食用植物に対するヒ素の取り込みを減少させるために研究を行ってきた。これまでの研究で、植物のヒ素吸収と Fe 栄養には関係性があることが見出されていることから、本研究では鉄を主成分とした As 吸収抑制資材(アスクライト、AsClite)を土壌に施用し、植物体へのヒ素吸収抑制効果、アスクライトが植物体生育へ与える影響、さらにヒ素同族元素であるリン栄養へのアスクライト施用による影響の検証することを目的とした。

## 2 実験方法


### 栽培方法

供試植物として赤丸二十日大根(チェリーメイト、株式会社トーホク)を使用し、岩手大学内の温室にて2ヶ月間栽培した。ヒ素汚染土壌(群馬県安中市で採取)200g にバーミキュライト 200g を加えた土壌、非ヒ素汚染土壌として滝沢土壌 400g にそれぞれ高度化成肥料(N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O: 10, 10, 10%) 0.4g を施肥し、ヒ素吸収抑制資材としてアスクライトをそれぞれ 0%、1%、2%となるように施用した。

ヒ素吸収抑制資材：アスクライト、AsClite(クレアテラ社)

アスクライト(図表中 AsClite と記述)は顆粒状で、成分の約半分を Fe が占める Fe を主成分としたヒ素吸収抑制資材である (Table 1)。

Table 1 AsClite 組成(クレアテラ社からのデータによる)

<b>Total Fe (%)</b>	<b>50.6</b>	<b>Fe(Ⅱ):0.58%,Fe(Ⅲ):50.0%</b>	
<b>Total S (%)</b>	<b>1.75</b>	<b>SO<sub>4</sub>:5.26%,O:3.51%</b>	
<b>Total Cl (%)</b>	<b>0.13</b>		
<b>-OH (%)</b>	<b>44.0</b>		
<b>Heavy metal</b>	<b>ND</b>		
<b>pH(H<sub>2</sub>O)</b>	<b>5.0</b>		
<b>Electric conductivity (dS/m)</b>	<b>0.18</b>		
<b>Bulk density (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>0.45</b>		
<b>Particle size (μm)</b>	<b>100~300</b>		
<b>Preservation</b>			<b>In water</b>

## 元素の定量

### ① 測定用試料の採取

栽培 2 ヶ月後に、それぞれのポットからハツカダイコンを地上部、根部共に回収し、脱塩水で洗浄した。新鮮重を測定後、地上部と可食部に分けて封筒に入れ、70℃の恒温器で 24 時間以上乾燥させた。乾燥後、それぞれの乾物重量を量り、その後植物体をデシケーター中で保存した。

### ② 測定用試料の調製

地上部、根部の各々の試料を細かく刻んで管ビンへ移した。管ビンに濃硝酸を加え、時計皿で蓋をし、サンプルダイジェスター (Digi PREP Jr, SCP SCIENCE) 上に並べた。50℃で過熱を開始し、30 分ごとに 10 度ずつ昇温し、最終的に 110℃で 7 時間加熱分解した。固形物が消失したのを確認した後、硝酸：過塩素酸=5：1 となるように過塩素酸を添加し、135℃で加熱し、白煙が生じてから 1 時間後に加熱をやめた。放冷後、ろ紙 (ADVANTEC TOYO No.5C) を用いてろ過した。このろ液を元素含量測定用試料とした。

### ③ 測定

元素含量測定用試料に含まれる元素含量は硝酸-過塩素酸分解した後、日本アイソトープ協会滝沢研究所の PIXE により元素含量を測定し、原子吸光光度計 (Shimadzu AA-6200) の結果と比較した。

## クロロフィル含量の測定

葉緑素計 (SPAD-502 Minolta Co. Ltd) を用いて、第 3 葉の先端部、中央部、下端部の 3 ヶ所の SPAD 値を測定した。処理区ごとに 3 個体を無作為に選び SPAD 値を測定し、平均値を求めた。

## 統計処理

実験は 4 連で行った。実験から得られたデータは岩手大学情報処理センター内の大型電算機 sas を用いて、SAS statistic の ANOVA 解析を行った、信頼限界 5%として Tukey のスチューデント化範囲(HSD)検定を行い、有意差のある場合には、本論文中の図表に異なるアルファベットを付すことによって示した。

## 3 結果及び考察

### 植物の栽培

2ヶ月間栽培後のハツカダイコンはFig. 1の様になった。ヒ素汚染土壌区では葉にクロロシスが観察された。また、地上部、可食部の新鮮重、乾物重を測定したところ、有意差は見られなかった(Fig. 2、Fig. 3、Fig. 4、Fig. 5)。植物体の生育はAsClite 施用量による差は見られなかったことから、ヒ素汚染土壌区のクロロシスはヒ素による害作用であると考えられた。このことから、AsClite 施用による可視的なAsの生理傷害を抑制する効果がなかったことが推測された。

栽培後、土壌のpHを測定したところ、このヒ素汚染土壌はpHが高いことが分かった (Fig.2)。また、アスクライト施用が土壌pHを少し低下させており、このpH低下がヒ素吸収量に影響している可能性もある。ヒ素吸収に対するpHの影響を考慮し、今後、土壌pHを調整して再実験する必要があると思われた。

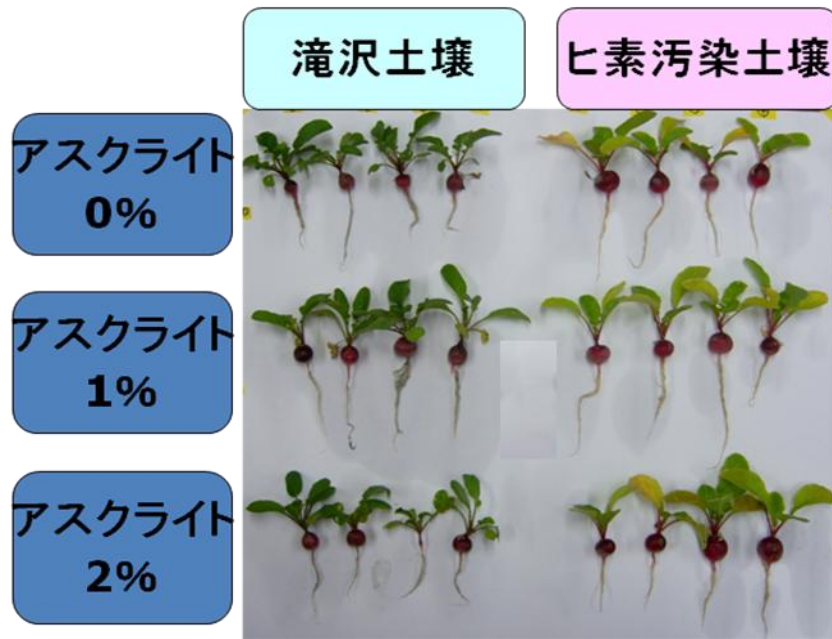


Fig. 1 2ヶ月栽培後ハツカダイコン

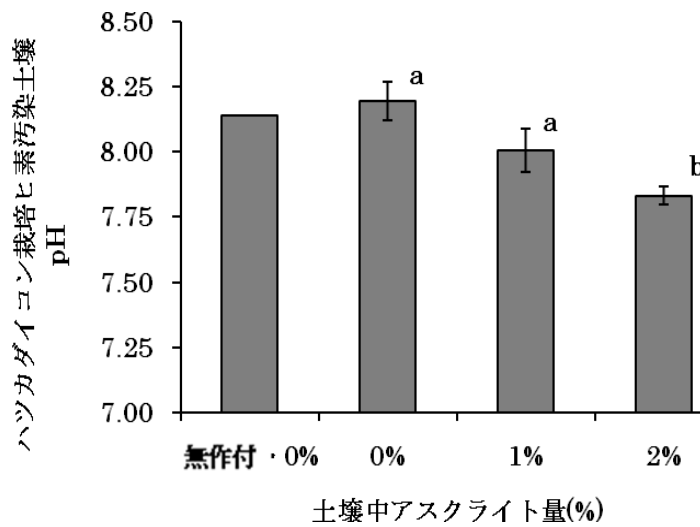


Fig. 2 ハツカダイコン栽培後のヒ素汚染土壌の土壌 pH

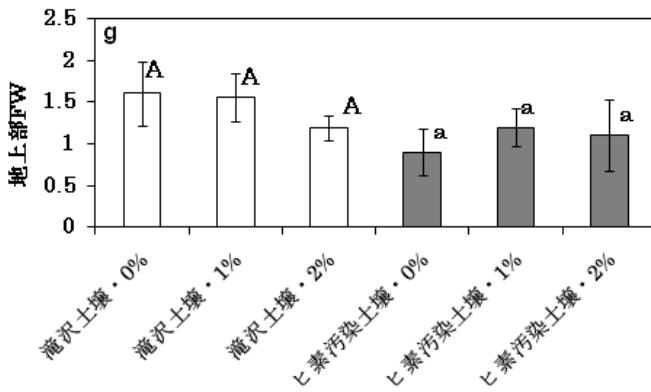


Fig. 3 ハツカダイコンの地上部新鮮重

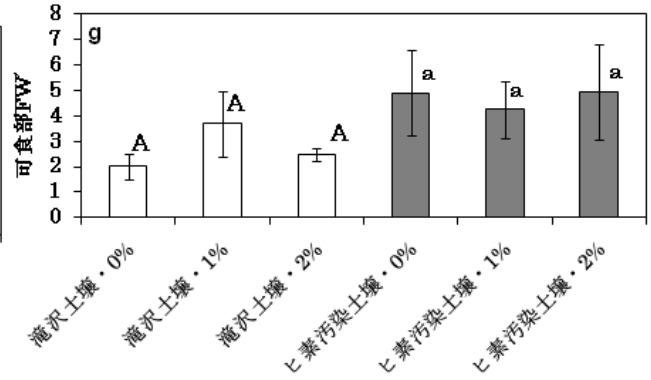


Fig. 4 ハツカダイコンの可食部新鮮重

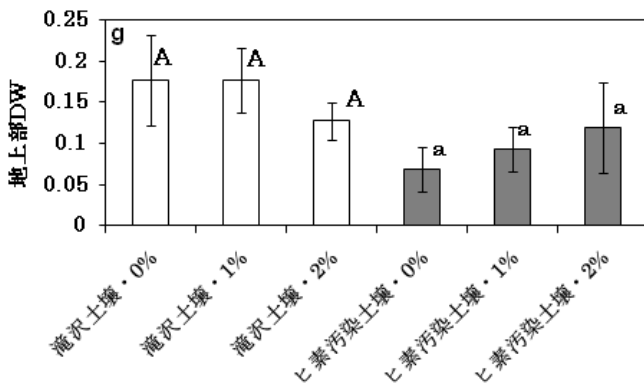


Fig. 5 ハツカダイコンの地上部乾物重

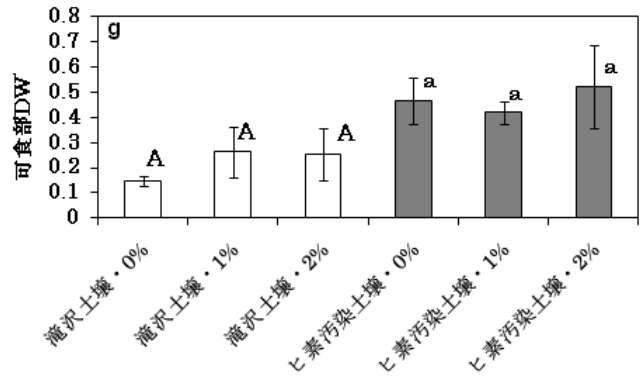


Fig. 6 ハツカダイコンの可食部乾物重

PIXEで測定したハツカダイコンの元素含量

ヒ素汚染土壌で生育したハツカダイコンの可食部（根部）、及び地上部について、元素含量を測定した。データは新鮮重当たり (Fig. 7) と乾物重当たり (Fig. 8) で示した。可食部のほうが地上部より As 含量が低かった。また、アスクライトの施用量の上昇につれて、可食部 DW あたりの As 含量が有意に減少した。特に2%施用区においては4つの試料中3つにおいて As 含量が検出限界以下であった。このことは、アスクライトが根からの As 吸収量を抑制することを示唆している。また、As は吸収後、地上部へ移行し易いことも示していた。

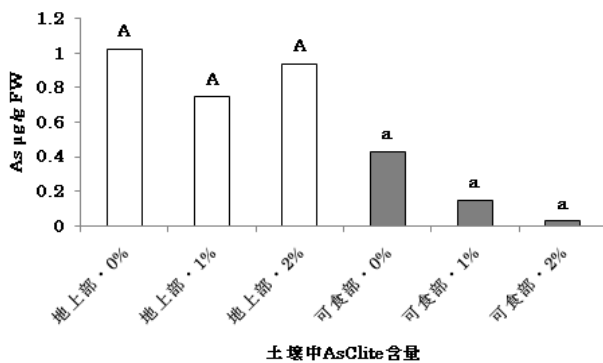


Fig. 7 新鮮重 (FW) あたりの As 含量

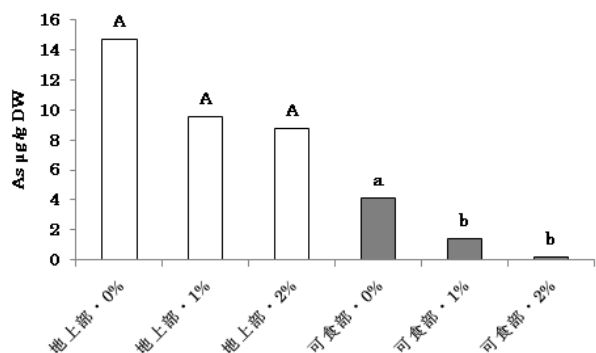


Fig. 8 乾物重 (DW) あたりの As 含量

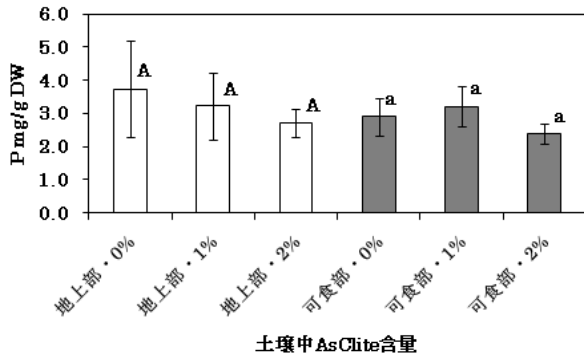


Fig. 9 乾物重当りの P 含量

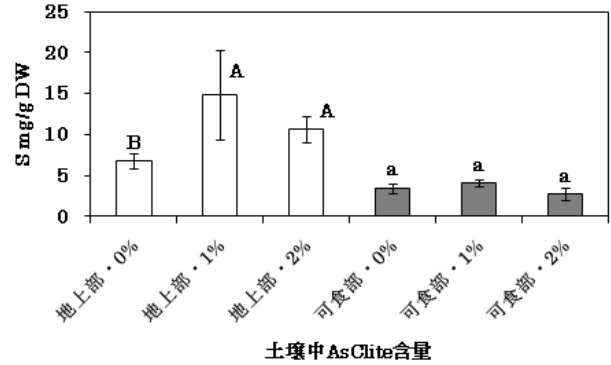
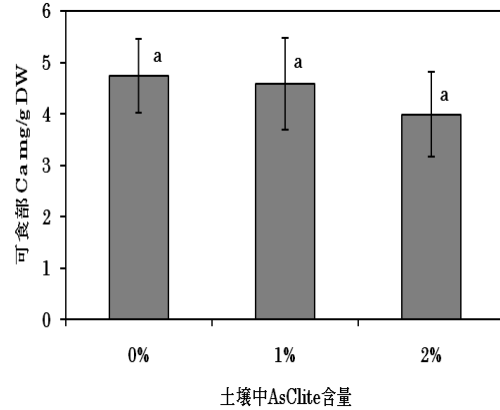
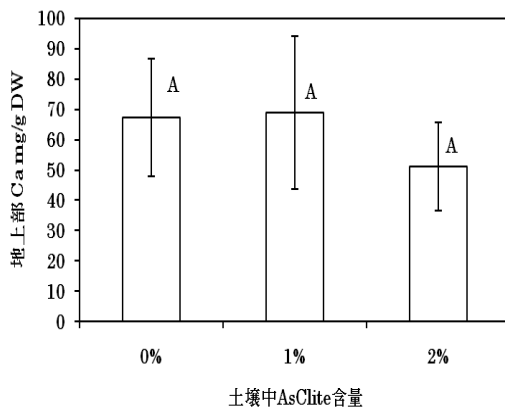


Fig. 10 乾物重当りの S 含量



地上部

可食部

Fig. 11 乾物重当りの Ca 含量

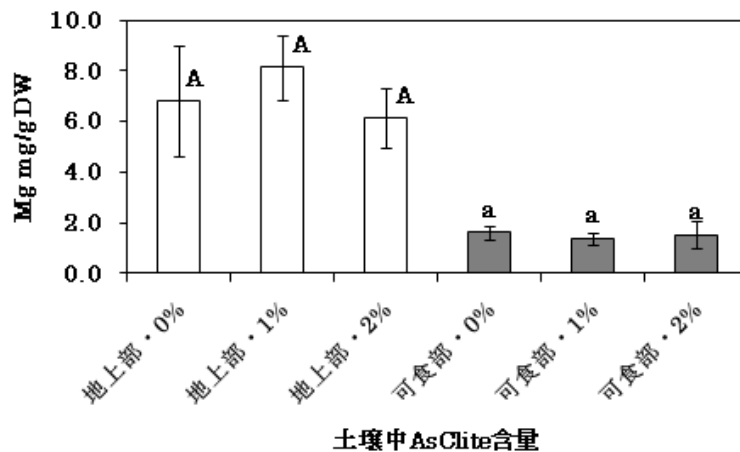


Fig. 12 乾物重当りの Mg 含量

ハツカダイコンの地上部、可食部の多量元素である P 含量 (Fig. 9)、S 含量 (Fig. 10)、Ca 含量 (Fig. 11)、Mg 含量 (Fig. 12) を示した。その結果、特に、アスクライトの施用により地上部 S 含量において有意に増加した以外は、他の元素含量に有意差はみられなかった。このことは、アスクライトが多量元素の吸収に影響を与えないことを示していた。

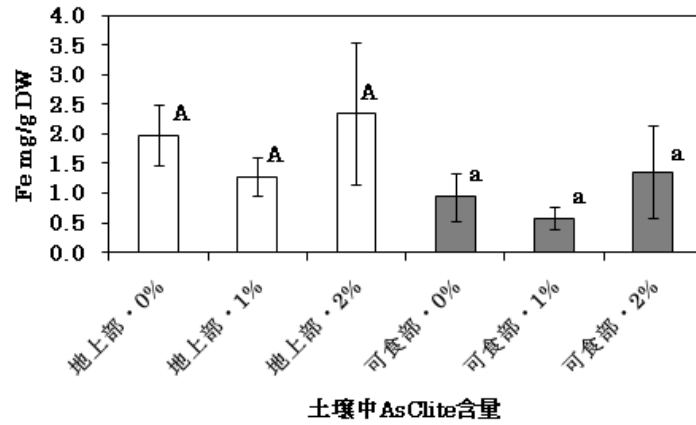


Fig. 13 乾物重当りの Fe 含量

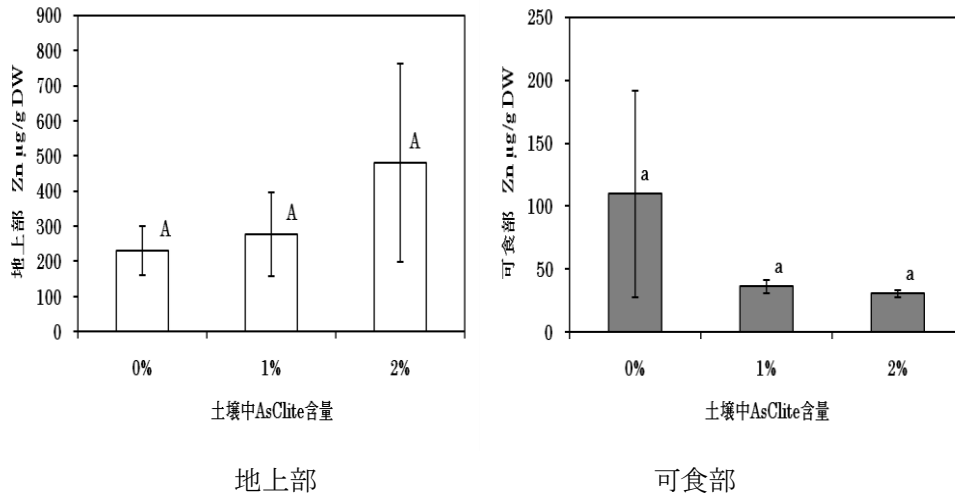


Fig. 14 乾物重当りの Zn 含量

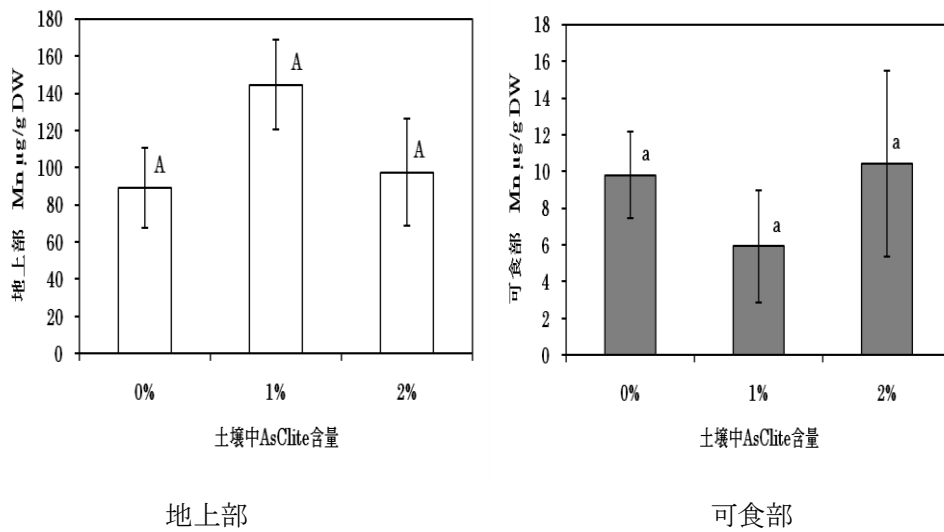


Fig. 15 乾物重当りの Mn 含量

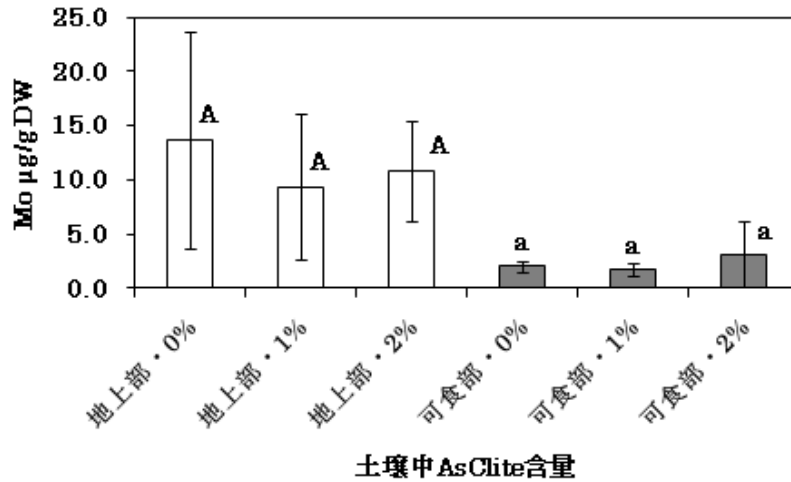


Fig. 16 乾物重当りの Mo 含量

ハツカダイコンの地上部、及び、可食部の Fe 含量 (Fig. 13)、Zn 含量 (Fig. 14)、Mn 含量 (Fig. 15)、Mo 含量 (Fig. 16) を示した。元素により部位による含量の差異はあるが、アスクライトの施用により有意に変動するものは見られなかった。

上記の結果は、アスクライトが As の吸収に対し特異的に抑制効果があり、他の元素の吸収には影響を与えないことを示していた。また、生育に対しその施用が悪影響を与えることもなかった。

PIXE の定量値とその他の定量法による定量値との比較

PIXE による定量値と Fe 及び As における原子吸光光度法、及び、P における比色定量法(バナドモリブデン酸法)の定量値を比較したところ、特に Fe の値に差がみられた。これは、PIXE 用にサンプルを移した際に、Fe が混入してしまった可能性も考えられた。今後とも原子吸光光度法の定量値と PIXE の定量値の違いについては注目していきたいと考えている。

Table 4-1 原子吸光と PIXE による植物体元素含量分析結果

AsClite 含量 (%)	原子吸光高度法(As、Fe)と比色法(P)による測定値			PIXE による測定値		
	As µg/g DW	Fe µg/g DW	P mg/g DW	As µg/g DW	Fe µg/g DW	P mg/g DW
地上部における含量						
0	20.21	1051.8	9.38	14.73	1983.2	3.74
1	15.59	658.8	8.19	9.58	1281.3	3.23
2	11.16	802.3	6.85	8.80	2342.1	2.72
可食部における含量						
0	3.82	152.7	5.01	4.14	940.4	2.90
1	3.44	206.2	5.42	1.42	538.9	3.21
2	1.49	116.7	4.54	0.81	1361.9	2.38

## 4 結論

本研究において、As 吸収抑制資材アスクライトを土壌の重量に対し1%又は2%施用してハツカダイコンを栽培したところ、アスクライト2%の施用により、可食部(根部)へのAsの集積が有意に抑制された。このことは、As汚染がある土壌での作物栽培において、食料へのAsの汚染を軽減できる資材としてアスクライトが有効である可能性を示していた。

## 参考文献

- 1) Kabata-Pendias, A. (2000) : Trace Elements in Soils and Plants., Third Edition, CRC Press Inc., Florida
- 2) Ferguson J. F. & Gavis J. (1972): A review of the arsenic cycle in natural waters. *Water Res.*,6, 1259-1274
- 3) Anawar, H. M. (2002): Arsenic poisoning in groundwater health risk and geochemical sources in Bangladesh. *Environment International*, 27, 597-604
- 4) 山根忠昭 (1989): 水稻におけるヒ素被害の発生機構と対策. 島根県農業試験場研究報告, 24, 1-95



## **Effect of Asclite, reducer of As absorption, to the As absorption of radish grown on As-contaminated soil**

S. Kawai<sup>1</sup>, K. Watanabe<sup>1</sup>, S. Goto<sup>2</sup> and K. Sera<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Iwate University  
3-18-8 Ueda, Morioka 020-8550, Japan

<sup>2</sup>Nishina Memorial Cyclotron Center, Japan Radioisotope Association  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

<sup>3</sup>Cyclotron Research Center, Iwate Medical University  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

### **Abstract**

In order to examine the effect of Asclite (Createrra Inc.) to reduce absorption by plants, a pot experiment was conducted. Asclite is artificially made as material to remove As from water. Seeds of radish were sown in the pots (500 ml) with 400 g of 2 types of soils. Takizawa soil without As as control and mixed soil with Annaka Soil contaminated with As were used in the experiment. Vermiculite known as soil amendment was mixed with the Annaka soil, whose weight ratio was 1:1. Asclite was added and mixed with the soils in the concentration 0, 1, and 2 %. Chemical fertilizer (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O: 10, 10, 10 %), 0.2 g, was added to each pot. The plants were grown in the greenhouse of Iwate University. The dry weights of the plants were not significantly varied by the addition of Asclite. The results of measurement of elements concentration with PIXE analysis indicated that As concentration in the edible part of radish was reduced by the application with 2 % of Asclite. But the concentrations of the other elements were not changed by the application of Asclite. The As concentration of the edible part was lower than that of shoots in radish. The results suggested that Asclite may be useful material for the reduction of As concentration in the edible part of the root crop.