

環境よもやま話

PART 7

～ゆったり湯々と角間の自然～

519

K16

7

金沢大学

金沢大学附属図書館



0600-10915-1

19

16

7

大学

編集・監修 田崎 和江
金沢大学理学部地球学科 地球環境科学 2006.3.30

表紙の作成にあたって

“地球学科”を満たす絵を考え、その上インパクトを与える。そして「表紙を見て面白さを感じてくれれば」と思い、今回は不思議なイメージを形にするよう努力しました。鯨の半身が木の根っこというのは、“動物と植物は同じ生物である”というメッセージを込めたつもりです。鯨は地球上最大の動物なのでその代表ということで・・・。

あと、この表紙は多くのご協力のもと完成しました。正直私は下書きしかしていません。協力してくれた仲間感謝の意を述べ、文を閉じたいと思います。ありがとうございました。

森谷 匡

まえがき

Part 1; 環境問題一般 (理学部 2 年生)
Part 2; 環境問題一般 (全学の一般教養)
Part 3; <抗菌>の裏事情 (理学部 2 年生)
Part 4; 粘土とあそぼう！ やきものづくり
 (一般市民、理学部、金沢美術工芸大学共著)
Part 5; 金沢水物語 (理学部 2 年生)
Part 6; とかげのしっぽ (理学部 2 年生)
Part 7; ゆったり湯学と角間の自然 (田崎研究室と理学部 2 年生)

一方、角間キャンパスは山を切り開いて建設しましたので、現在、セイタカアワダチソウ、クズが繁茂しています。理学部地球学科2年生の授業で、これらの＜いわゆる雑草＞について、科学的にもっと詳しく知ろうということになり、みんなで研究しました。その内容をここにまとめました。なお、研究成果は地元で行われた学会＜第10回環境の保全と緑化に関わる資材・技術研究会＞で口頭とポスターで発表しましたが、そのときの様子もここでお伝えします。

2006 年 3 月 30 日
田崎和江

目次

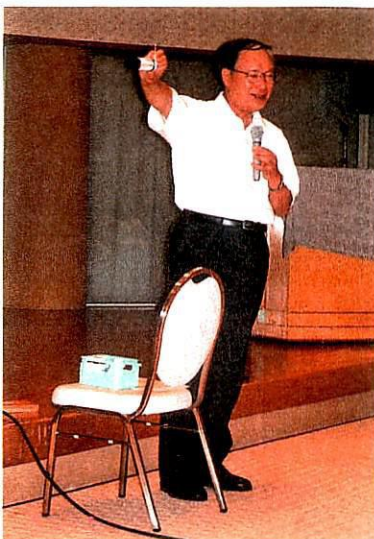
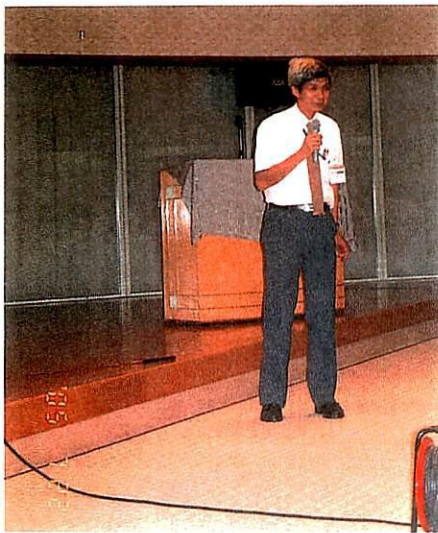
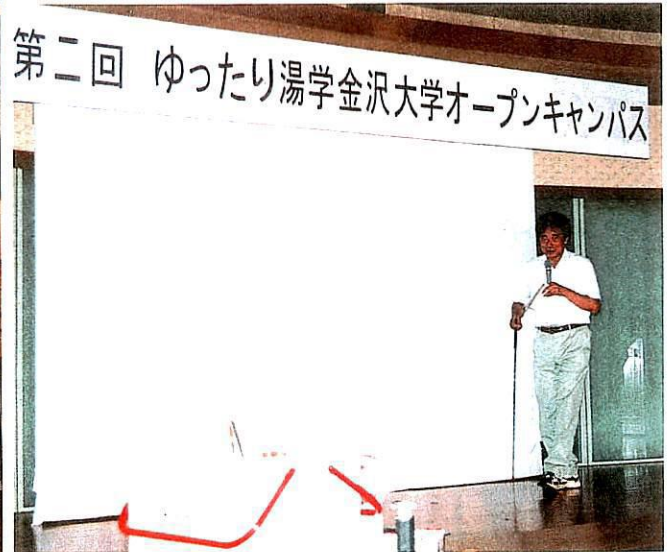
ゆったり湯学

	ページ
＜ゆったり湯学＞の研究発表	1
片山津の柴山潟、湖底の土で開発進む	5
片山津で国際粘土会議・ワークショップ	7
柴山潟湖底土で焼き物	10
金沢大学角間キャンパスの淡水真珠養殖実験	13
柴山潟産真珠養殖に挑戦	14
片山津温泉で＜人工イクラ＞	17
柴山潟から片山津再興	18
金沢大学角間キャンパス 温泉開発構想	21

角間の自然

土壌が植物に与える影響	29
土壌中の金属元素と植生の関係について	36
セイタカアワダチソウに形成する生体鉱物	43
セイタカアワダチソウの他感作用（アレロパシー）	50
葛はただのクズじゃない；植物のエネルギー化	57
重金属汚染地に生息するヘビノネゴザと バイオマットによる金属の濃集	61
一人一言	65

ゆったり湯学



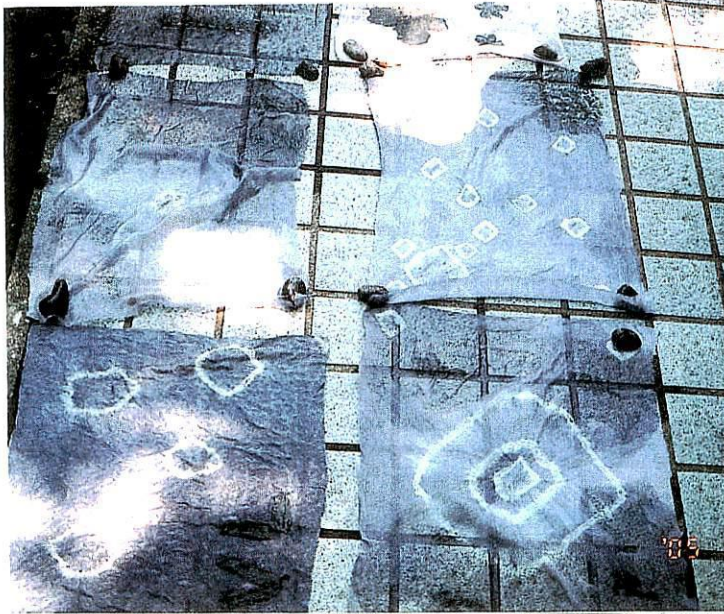
第2回ゆったり湯学、金沢大学オープンキャンパス
(片山津温泉、2005. 7.22) 研究発表風景

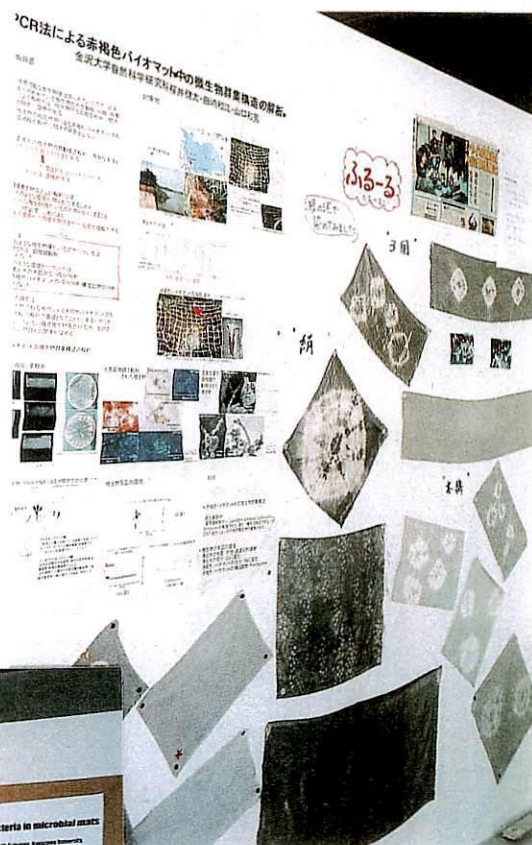
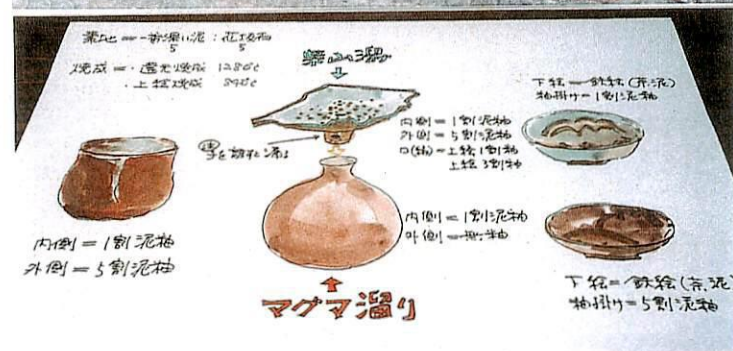


野外での晶子染めの実験風景と温泉とうふの料理風景
(片山津温泉湯元公園、2005.7.22)

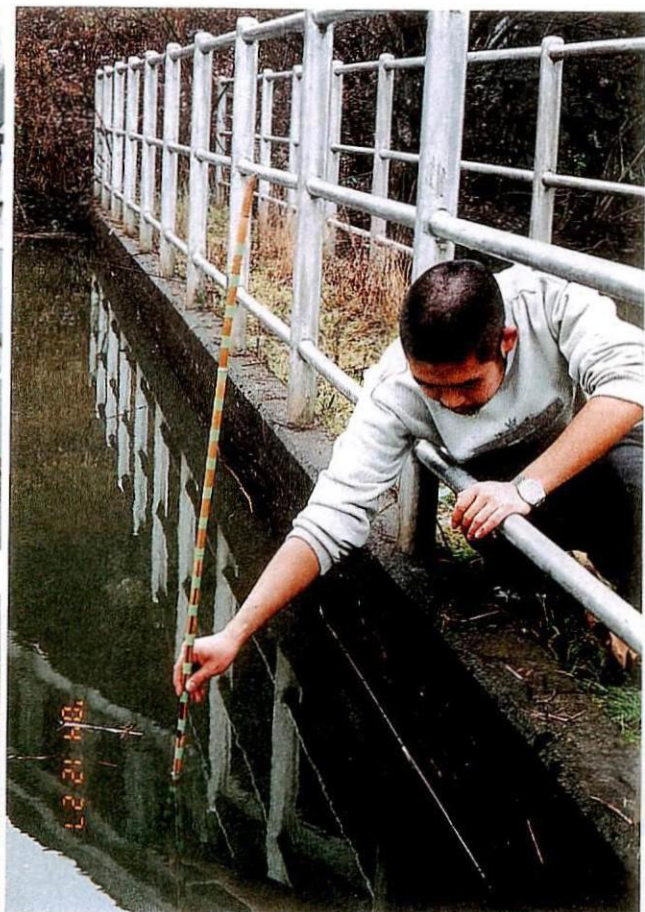


国際粘土会議・ワークショップ風景
 (片山津温泉、2005. 8.19) 柴山潟見学と研究発表





片山津 e 温泉プロジェクト (片山津プラザの展示物)



金沢大学角間キャンパスの調整池で行っている淡水真珠養殖実験
(金沢大学理学部棟前、2004.12.27-28)

金沢大学角間キャンパス 温泉開発

(金沢大学湯ニバーシティ構想)

温泉探査 報告書

－ 概要版 －

平成 16 年 3 月

株式会社 日 さ く

金沢周辺の温泉のなかで、掘削深度と湧出温泉の温度がわかっているものについて掘削深度と泉温をプロットしたものが図. 4 である。この図には地表面を 12℃とした 3℃/100m の温度勾配を示してある。この図をみると金沢地区の地温勾配は新第三紀層分布地域の一般的な地温勾配 3℃/100m より、若干小さいようにみえる。しかし、この図の温度はわき出した温泉の温度であるため、わき出すまでに冷めていることがあり、地下増温率は 3℃程度と見積もることもできよう。図には泉本温泉で測定された孔内温度を示してある。泉本温泉の地下増温率は 3℃/100m よりはるかに大きく、5.4℃/100m となっている。このことは、角間キャンパス周辺の地下増温率が 3℃/100m 以上ある可能性を示している。

つまり、1000m 程度のボーリング掘削を行ない、そこに地下水を貯留するような地層や地質構造があれば、その水は温泉の定義に合致する可能性が大きいといえる。

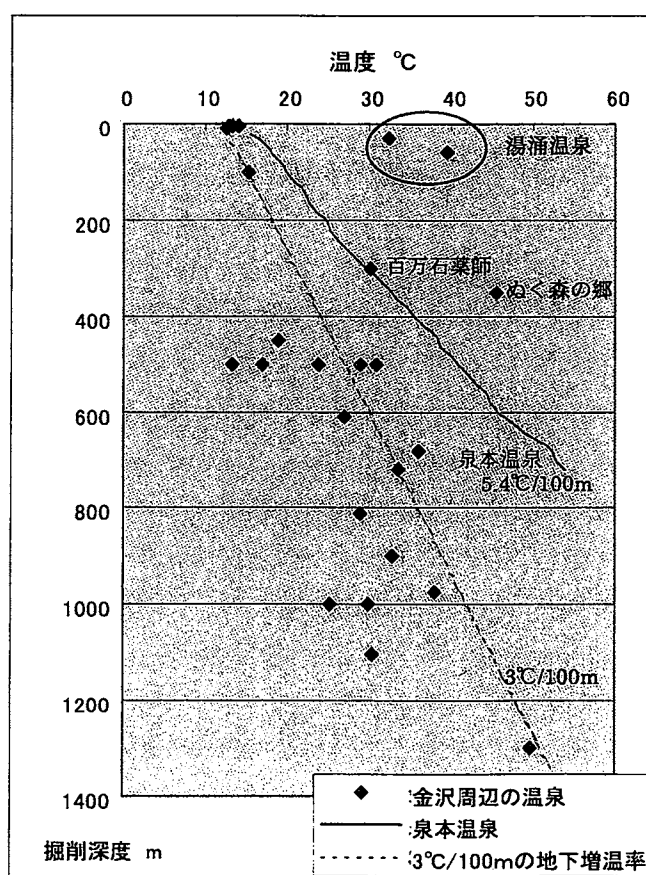


図. 4 金沢地区の温泉の温度

2. 探査の方法と結果

角間キャンパス地下の地層は温泉胚胎の潜在性を秘めていることは1章で述べた。次の段階として、少しでも地下水が集まりやすい地点を探し、掘削候補地点を決定する必要がある。そこで注目する項目が亀裂である。亀裂が多ければ空隙が形成され、そこに水が貯留されやすい。このような亀裂の大規模なものが断層である。

地下にどのような地層や岩石が分布しているかを調べる方法として、弾性波探査・電気探査・電磁探査などが挙げられる。今回は電磁探査を行い、地下の地層分布や構造を調べることにした。

また、地下の亀裂（断層）が地下深部まで連続していた場合、亀裂の空隙を通り地下深部からの自然放射能が上昇してくる。このため、地表の放射能値を測定することにより、地下深部まで達する亀裂の有無を知ることができる。そこで、放射能探査も併せて実施した。

2.1 電磁探査（CSAMT 探査）

今回実施した CSAMT 探査とは、Controlled Source Audio-frequency Magneto-telluric Survey を略したものである。調査地点から数 km 離れた地点で人工的に可聴周波数帯(数 Hz～10 数 kHz)の電磁波を発生させ、地下の比抵抗値(単位堆積あたりの抵抗値、電気伝導率の逆数で、単位は $\Omega \cdot m$)を測定する(図. 5)。地下深部の比抵抗分布を知ることによって、地下深部の地質構造や、断裂・断層などの面構造、熱水変質帯の分布を推定することが可能となる。電磁探査における解析深度は数百 m～数 km である。

A断面二次元解析

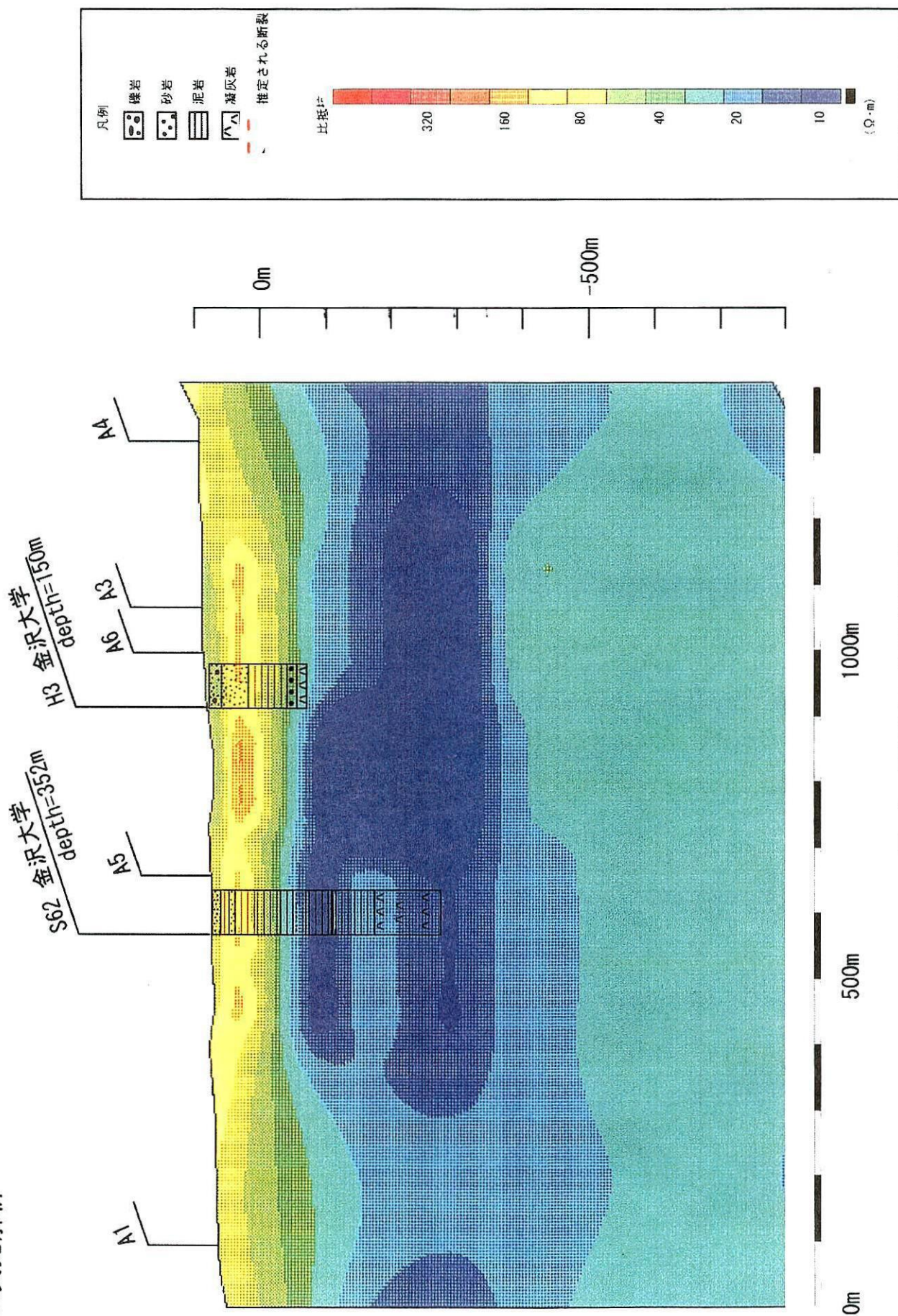


図. 9 A測線の二次元解析結果

B断面二次元解析

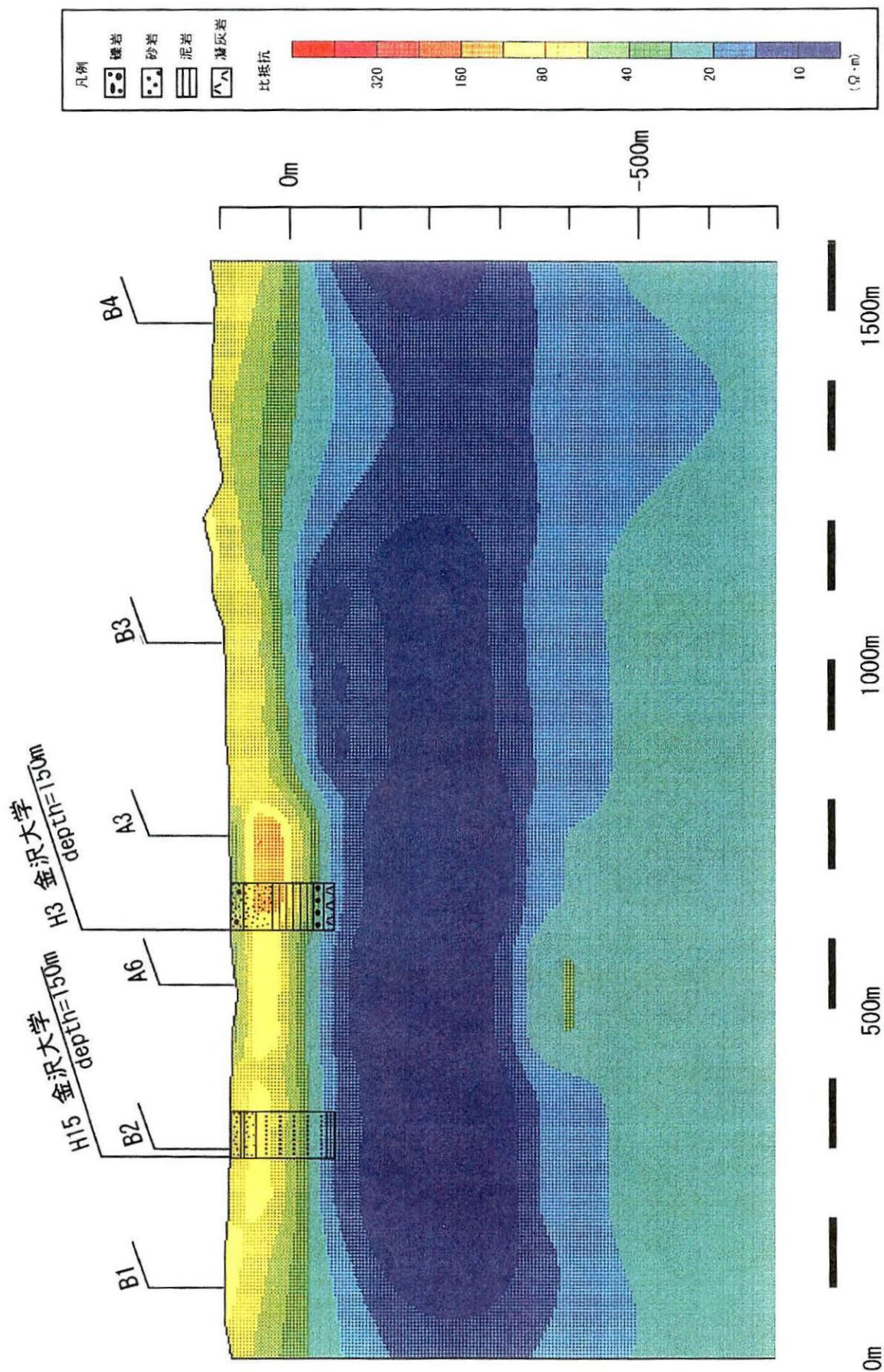


図. 11 B測線の二次元解析結果

3. 調査結果のまとめと掘削候補地点

調査の結果を整理し、掘削候補地点を検討したものを表. 3 に示す。

本地域では、大桑層がそれ以下の地層を不整合に覆い、地表部に広く分布しているため、温泉胚胎層となりうる七曲層以下の地層が地下ではどのような構造になっているかを地形解析や地表地質踏査で明らかにすることはできなかった。しかし、既存の研究から見るとこの地域には緩い盆状構造が存在し、角間川付近がその中心になっている可能性があることが明らかになった。

今回実施した電磁探査では地表付近（標高－50m 以上）の部分には大桑層に相当する高比抵抗層が一様に分布し、その下位に低比抵抗層が分布し、七曲層に相当する中比抵抗層は標高－400m～－500m 以深に現れることが明らかになった。中比抵抗層の上面は A1 測点と A5 測点の間、B1 測点と B2 測点の間、B2 測点と A6 測点の間、B3 測点と B4 測点の間などに、若干のギャップが認められた。そのなかでも、A1 測点と A5 測点の間、B2 測点と A6 測点の間、B3 測点と B4 測点の間のそれは、二次元解析の結果でも比較的明瞭な垂直的変位として現れており、断層などの存在がその原因となっている可能性が大きい。

一方、放射能探査では電磁探査の A1 測点の近傍で異常値が現れている。異常値はカーボン・ハンドボーンともに確認されている。特にこの異常は Bi 値が大きくなっていることが原因である場合が多く、開いた亀裂の存在を裏付けている。



さく井工事中

工事名 金沢大学角間Ⅱ団地
基幹整備(さく井)工事

工事場所 石川県金沢市角間町
(金沢大学角間団地構内)地内
平成15年 平成16年

期間 9月24日～1月30日

施工 株式会社日さく金沢営業所

電話 076-237-1133

発注 金 沢 大 学
施設部設備第一係 電話 076-264-5144



金沢大学角間キャンパスの温泉掘削候補地と放射能探査の様子
(金沢大学大学院研究科棟に行く橋のたもと 2003.12.22-23)

角間の自然

土壌が植物に与える影響

～植物はミネラルストレスを感じるのか～

舍利弗 祐介 林 亜以子 吉岡 潤平 石堂 知基
松山 佳弘 海野 圭史 名内 理恵 田崎 和江
金沢大学理学部地球学科

はじめに

植物は土壌に根を張り生息しているので、動物のように自ら移動することはできない。そのため土壌が植物に与える影響は大きいと考えられる。そこで先行研究を調べたところ、植物にはミネラルストレスという金属元素による影響があることがわかった。

植物とミネラルストレス

〈岡山大学資源生物科学研究所 HP 参照〉

ミネラルストレスには、植物の生育に欠かせない栄養素が欠乏するストレスと、他の元素の過剰毒性ストレスがある。植物はこれらのストレスにさらされると、生育が阻害される。

ミネラルストレスには以下の 3 種がある。

- ・アルミニウムストレス
- ・鉄欠乏ストレス
- ・重金属過剰ストレス

Al ストレスは Al^{3+} の状態でおこると考えられている。 Al^{3+} で最も強い影響が出るとされているが Al が三価のイオンは pH4.5 以下の強い酸性の条件下で存在する。

高 p H	中性	低 p H(酸性土壌)		
$\text{Al}(\text{OH})_4^-$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_2^+$	$\text{Al}(\text{OH})^{2+}$	Al^{3+}
	不溶性・無毒			強い毒性

目的

石川県金沢市角間町（金沢大学角間キャンパス）周辺にはセイタカアワダチソウ（*Solidago altissima*）が広く分布するが、同じ平地にも関わらず、繁茂していない場所もある。また森の中でも認められない。そこでそれらの場所はセイタカアワダチソウの繁茂できない土壌であると推測し、その構成する元素とミネラルストレスの関係を調べることにした。



図1 セイタカアワダチソウの様子



図2 森の様子

セイタカアワダチソウの密集地の土壌の採取場所

▲ 地点①～⑤

森林土壌の採取場所

■ 地点a～c

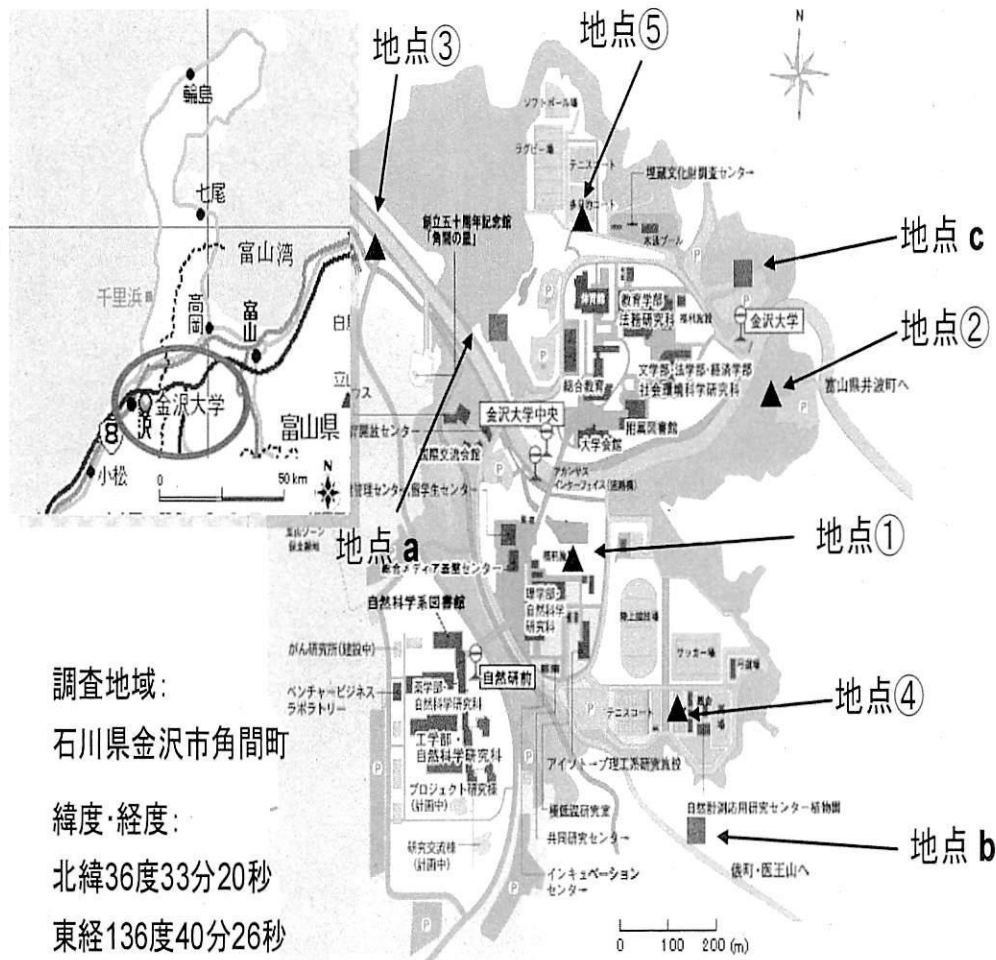


図3 実験(1)における試料採取場所

実験方法

実験（１）：図３の▲の地点５箇所から、セイタカアワダチソウの密集地の土壌（地点①密～地点⑤密）と、すぐ近くの繁殖していない土壌（地点①無～地点⑤無）、■の地点３箇所から森林土壌（地点a～地点c）を採取（図４～７参照）し、その金属元素を比較する。

実験（２）：実験（１）の結果からミネラルストレスに関与する元素で顕著な違いがみられたものを用いて植物を栽培する。

実験（１）

１、土壌を採取（図３を参照）

２、土壌の乾燥

〔土壌を適量用意し、薬包紙に載せ自然乾燥〕

→土壌の粉末化及びサンプル作製

〔乾燥させた土壌を乳鉢で指の指紋に入るくらいになるまですりつぶし、容器に入れる〕

３、エネルギー分散型蛍光 X 線分析（ED-XRF）

〔容器に入れたサンプルを ED-XRF で分析する〕

（図８～１０参照）

４、土壌の pH の測定

実験（２）（ミネラルストレスについての実験）

カイワレ大根（*Raphanus sativus*）を条件の違う３つの溶液でそれぞれ育て、成長の違いを見る。

１、ミョウバン{ $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ }を蒸留水に溶かした溶液

２、チョーク（ CaCO_3 ）を蒸留水に溶かした溶液

３、水道水

* １については 20 度の飽和溶液と 1/2 の濃度を用いて実験した。

* ２については 20 度の飽和溶液の 1/2 と 1/4 の濃度を用いて実験した。



図4 実験(1)③のセイタカアワダチソウ
密集地の土壌採取様子



図5 実験(1)②のセイタカアワダチソウ
密集地の土壌採取様子



図6 実験(1)⑤のセイタカアワダチソウ
の繁殖していない土壌採取様子



図7 実験(1)cの森林土壌の採取様子

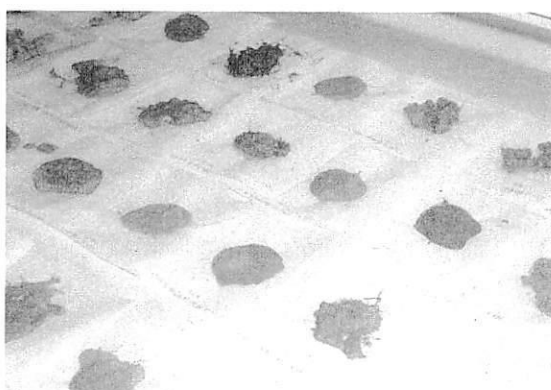


図8 試料乾燥の様子



図9 試料の粉末化の様子

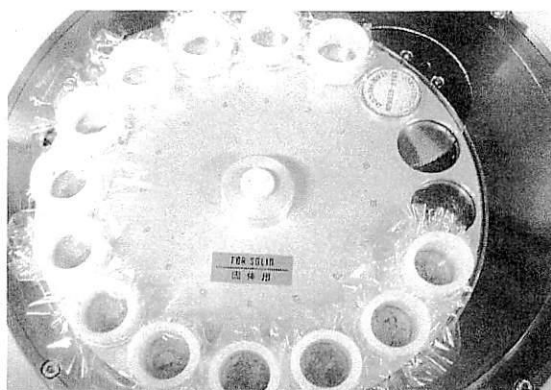
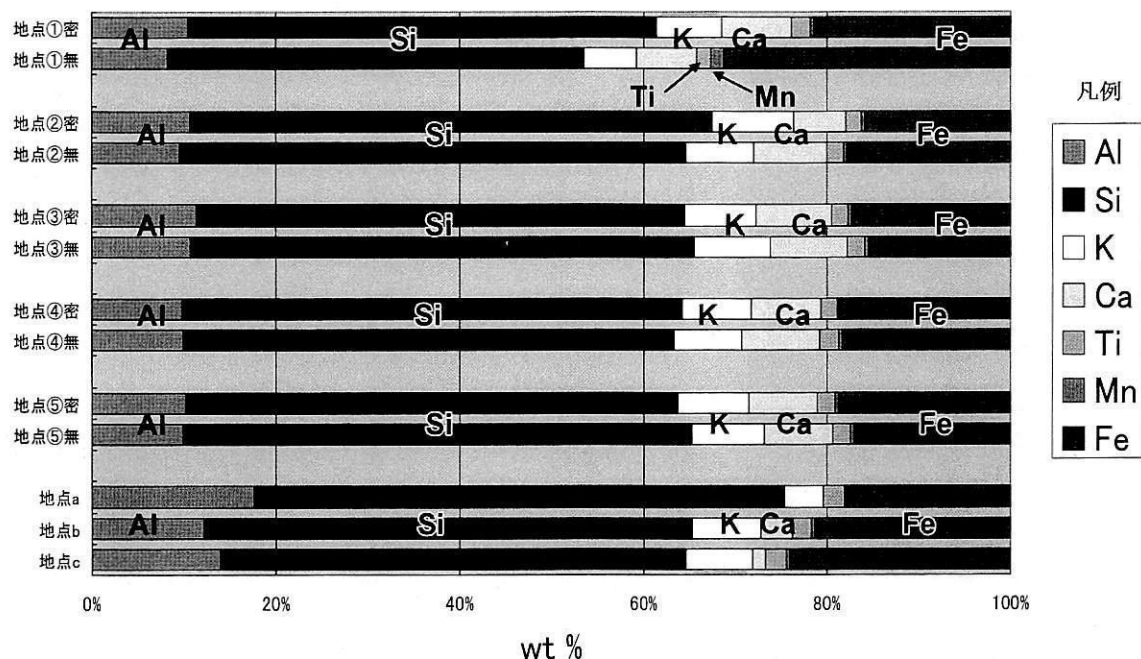


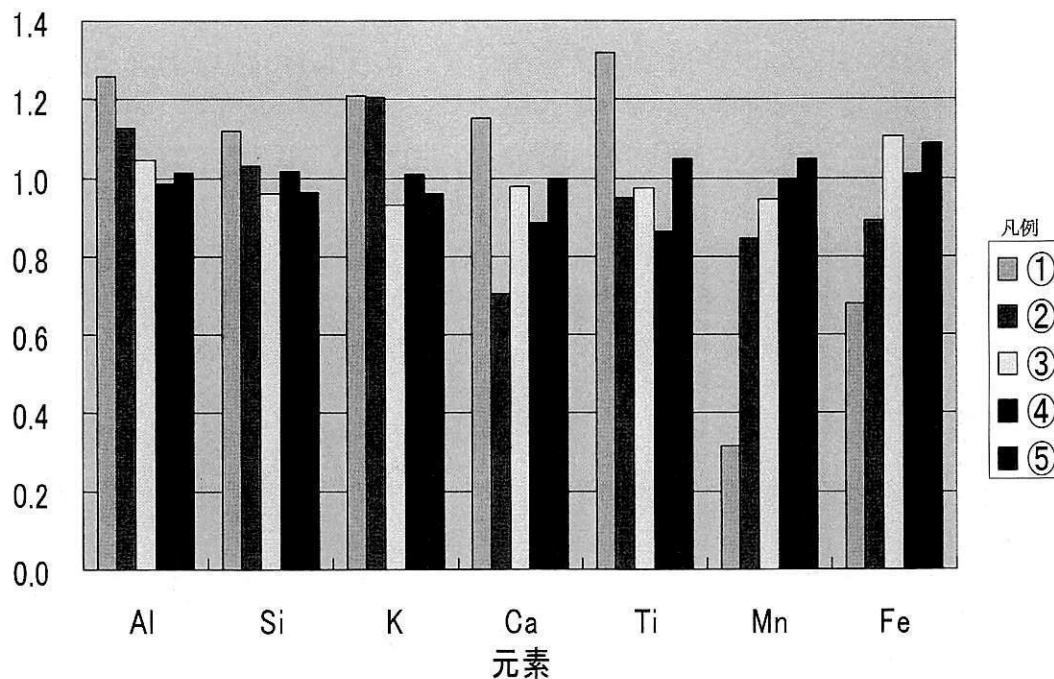
図10 ED-XRFの様子

実験結果

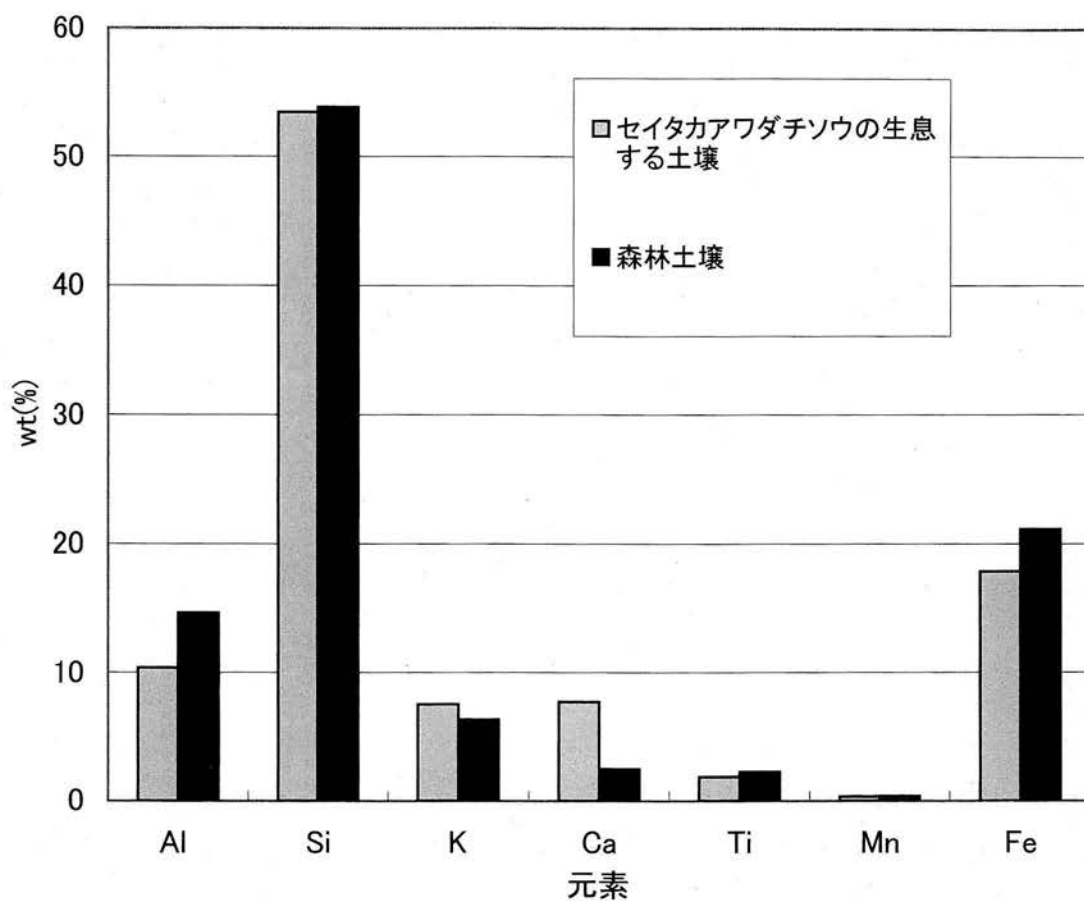


グラフ1 実験(1)におけるED-XRFの比較

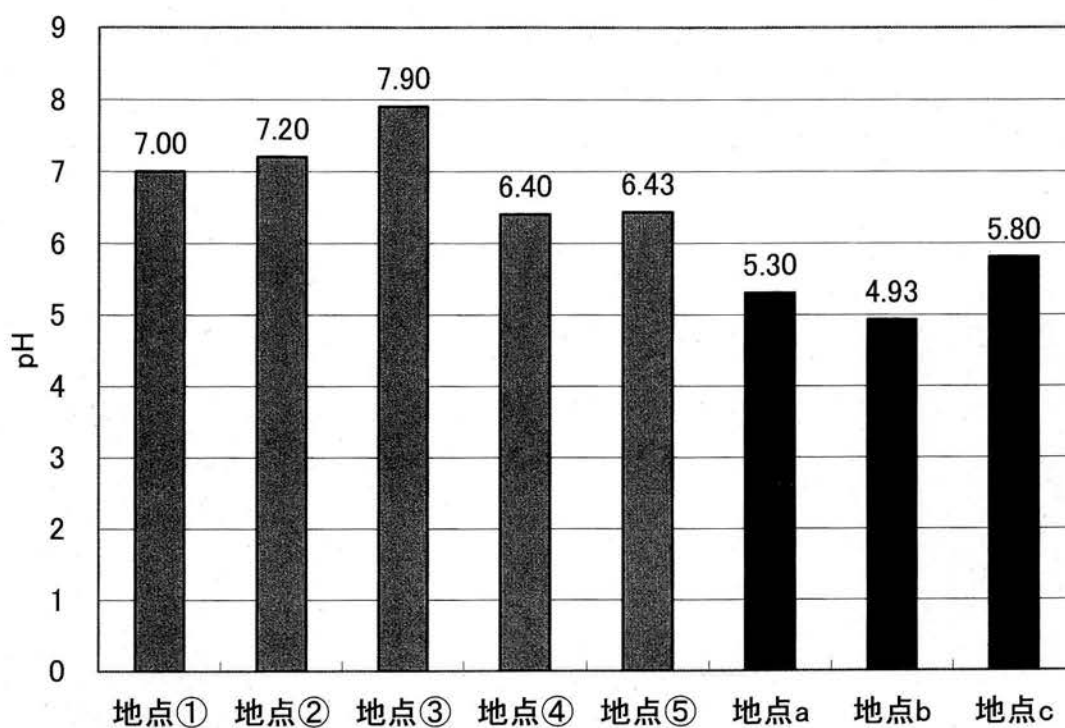
セイタカアワダチソウ密集地(地点①密～地点⑤密)、セイタカアワダチソウの繁殖していない土壌(地点①無～地点⑤無)、森林土壌(地点a～地点c)各地点の元素のwt%



グラフ2 セイタカアワダチソウの繁殖していない土壌を1.0とした時の密集地の土壌の元素の比率(ED-XRFの結果から)



グラフ3 実験(1)ED-XRFの結果 森林土壌(地点a～地点c)とセイタカアワダチソウ密集地(地点①密～地点⑤密)の各元素の平均の比較(wt%)



グラフ4 図3における各地点の土壌の pH 値の比較

- ・ 森の土壌には Al が多く含まれ、Ca が少ない。
- ・ 例外もあるがセイタカアワダチソウが繁殖しているところは繁殖していないところに比べて Al が多く Ca、Mn が少ない。
- ・ 森林土壌はセイタカアワダチソウが繁殖しているところに比べて酸性に偏っている。
- ・ ミヨウバン{ $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ }で育てた植物は発芽が遅れ、反対にチョーク(CaCO_3)で育てると発芽が促進された。

考察

実験(1)、(2)の結果から、身近な草本植物が生育しにくい理由として、Al の過剰と Ca の欠乏の2つが考えられる。

森林土壌の pH の値(グラフ4)から、Al は土壌に $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ と $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ のかたちで溶出していると考えられる。森林では身近に見られる草本植物の個体数が少ないことから、それらの植物は $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ と $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ の毒性に対して敏感であると推測できる。

セイタカアワダチソウが繁殖していない土壌にも他の植物は生息している。成長や繁殖力が強いセイタカアワダチソウは、それらの植物よりも多く成長に必要である Ca や Mn を取り込んだため、今回のような結果(グラフ2)が出たと考えられる。

ミヨウバン溶液の pH は 3.1~3.3 であるため Al が Al^{3+} で存在していると考えられるので実験(2)の結果から植物が Al ストレスの影響を受けたと考えた。

今後の研究

Al^{3+} が存在する環境は強い酸性である。しかしその状況下では酸性の影響で植物の成長が阻害されたとも考えられる。今後の研究では pH の値を調整し、Al を $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ または $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ で存在させ、そのかたちで植物に与えたときもその成長が阻害されたなら、Al は植物にストレスを与えたといえると考え、その方法も含めて研究していきたい。

また、ミヨウバンには SO_4 が含まれるためやはり酸性の影響を受けていると考えられるため、今後は他の Al の供給源を探し、なるべく Al だけを植物に与えてその影響を調べていきたい。

謝辞

田崎研究室の皆様、大学院自然科学研究科化学科の松本 健 助教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

『植物生理学入門 上』335 頁 スタイルズ／コッキング 著 倉石 晋／西成 典子 訳

1972 年 東京大学出版会

『土をはかる』110 頁 稲松 勝子 著 1987 年 日本規格協会

『植物ストレス応答分子解析グループ』 岡山大学資源生物科学研究所

<http://www.rib.okayama-u.ac.jp/plant.stress/index-j.html>

土壌中の金属元素と植生の関係について

金沢大学 地球学科 二年

森谷匡 成瀬貴洋 柳沢和也 広瀬哲也 三戸俊二 三富雄介 中村元
田崎和江

・研究の目的

本研究では、5種類の植物がどのような元素を土壌から吸収するかを調べ、また元素が植生にどのような影響を与えるかを調べる。さらに、そのことが環境改善などに利用できるかを考察する。

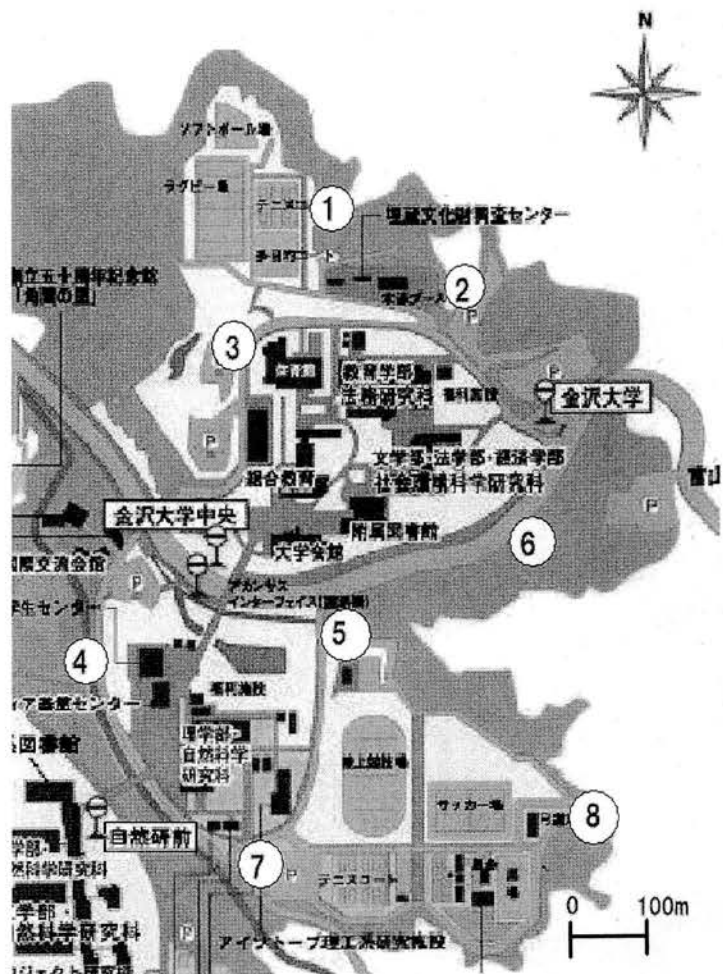
・研究の流れ

植物相の境界において3種類の土壌サンプルを取り、それぞれエネルギー分散型蛍光 X 線分析 (ED-XRF) を用いて分析し、土壌構成元素の種類、及び濃度を調べる。

※ 今回の研究ではセイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*)、クズ (*Pueraria lobata*)、ススキ (*Miscanthus sinensis*)、ササ (*Sasa veitchii* var. *veitchii*)、カナムグラ (*Humulus japonicus*) の5種類を分析した。

・金沢大学敷地内における土壌採取場所

- ① 北部テニスコート横
(ササ・カナムグラ)
- ② C 駐車場
(ササ・セイタカ)
- ③ B 駐車場
(クズ・セイタカ)
- ④ メディアセンター横
(ススキ・クズ)
- ⑤ 図書館横
(クズ・セイタカ)
- ⑥ D 駐車場
(ススキ・クズ)
- ⑦ 南部駐車場
(クズ・セイタカ)
- ⑧ サークル棟付近
(ササ・カナムグラ)



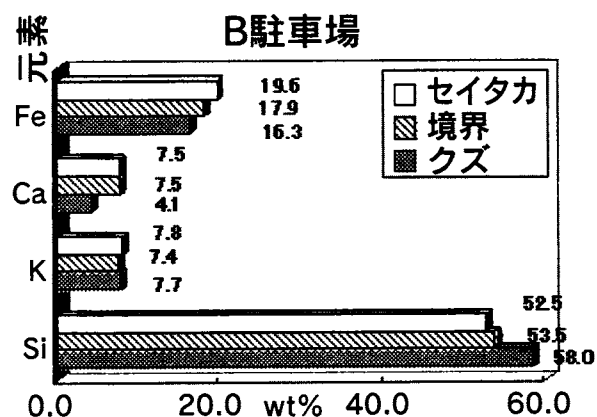
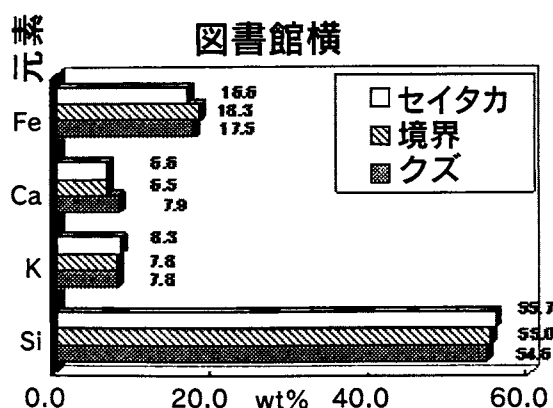
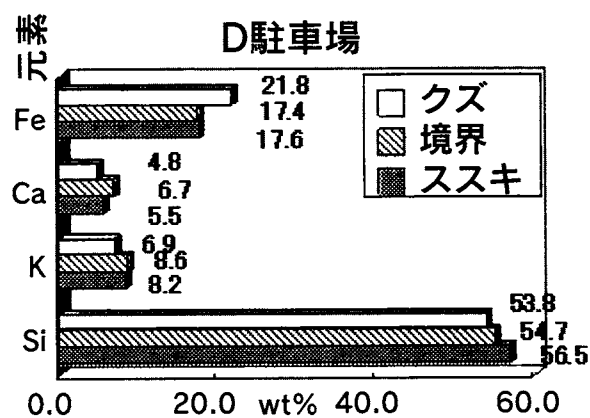
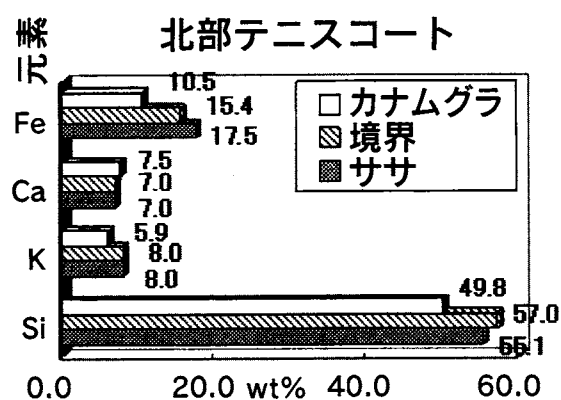
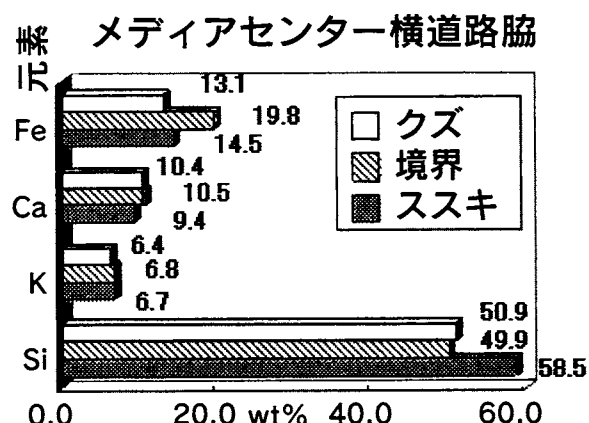
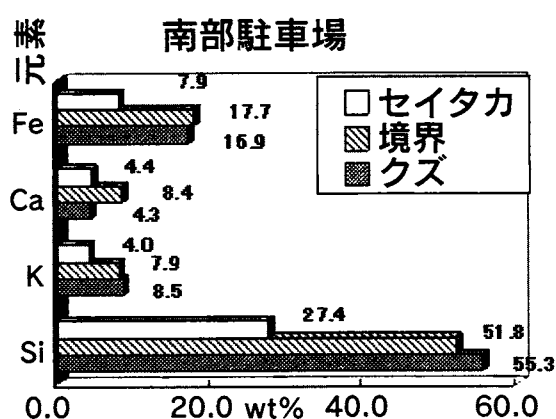
・サンプル採集

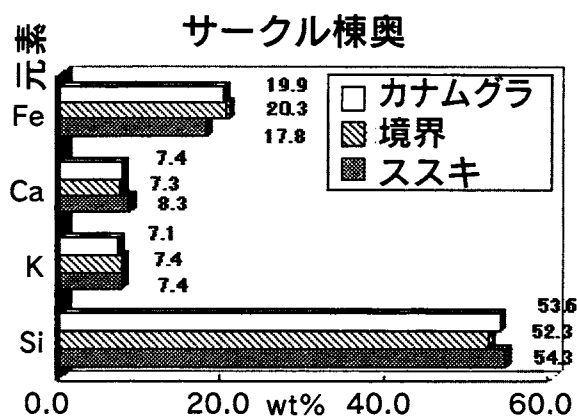
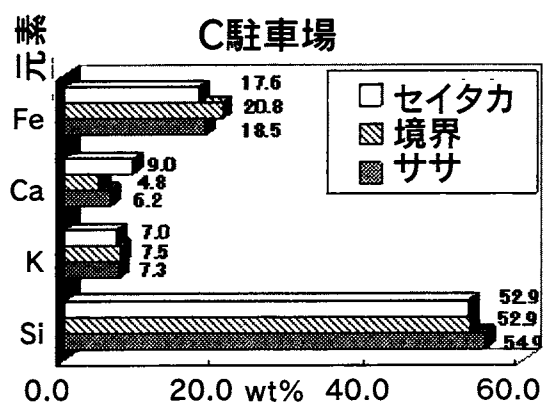
二種類の植物が生息している場所から土壌サンプルを採取する。植生の移り変わりを境界部分とし、土壌サンプルを採取する。一方、ほぼ単一の植物が密集している場所からもそれぞれ採取し比較する。1ヶ所から2地点の試料をとり、計6サンプルとする。金沢大学敷地内の8ヶ所行なった。



・ 土壌サンプル分析の結果

土壌サンプルのED・XRF分析結果から、金沢大学角間キャンパス敷地内の土壌は主にMg、Al、Si、K、Ca、Ti、Mn、Feで構成されていることが明らかになった。また、植物相の境界における土壌を構成する元素の割合が、境界を形成している二種類の植物がそれぞれ繁茂している土壌のものと異なることが認められた。





・ 土壌サンプル分析のまとめ

分析の結果を総合すると、K、Ca、Si、Fe の構成元素の変化が他に比べ顕著だった。このことから植生の度合いには K、Ca、Si、Fe の土壌中の含有率が結びついているのではないかと考えられる。この結果をふまえ次の実験を行なう。

・ 水溶栽培実験

土壌の ED-XRF 分析結果から、植物が吸収する土壌構成元素を予想し、水溶栽培実験を行い実際に吸収するかどうかを確認する。

・ 水溶栽培実験の方法

植物サンプルはセイタカアワダチソウ、ササの 2 種類を用いる。

土壌分析の結果全体の傾向として K、Ca、Si、Fe の構成元素の変化が顕著だったため水溶栽培実験では水に溶けない Si 以外の元素 K、Ca、Fe の水溶液を作る。このとき、K を含む植物肥料を蒸留水に溶かすことで、K 水溶液を、石灰を蒸留水に溶かすことで Ca 水溶液を、鉄釘を長時間入れて放置した水道水を蒸留水で薄めて Fe 水溶液をそれぞれ作った。これをプラスチックの容器に入れ、茎上部を切り離した植物サンプルの根を溶液中に浸した。個体差による誤差の値を小さくするためセイタカアワダチソウとササの 2 種類を、K、Ca、Fe のそれぞれにつき 3 サンプルずつ用意し、計 18 固体を 21℃ の恒温実験室内で観察する。

・ 水溶栽培実験の方法

6 日おきに各溶液の EC(電気伝導度)、pH を測定し、その変化が顕著に表れた場合、溶液を ED-XRF を用いて分析し溶液中の元素濃度を調べる。

※EC については計測方法に誤りがあったためデータを省いた。

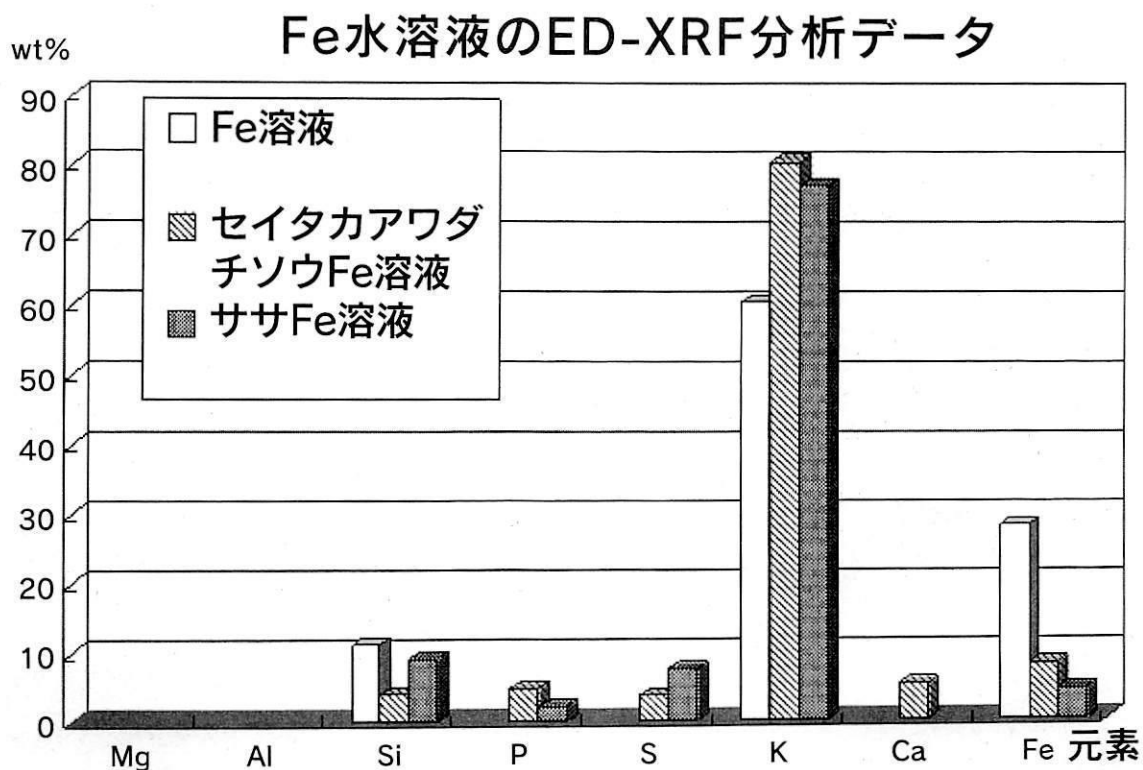
容器中の溶液の水分の蒸発、植物の吸収による減少は、その都度蒸留水を加え最初の重量に保つことで対処する。

・水溶栽培実験のサンプル

実際のサンプルの図（2006.1.6のもの）である。サンプルの植物は根と茎だけになっている。

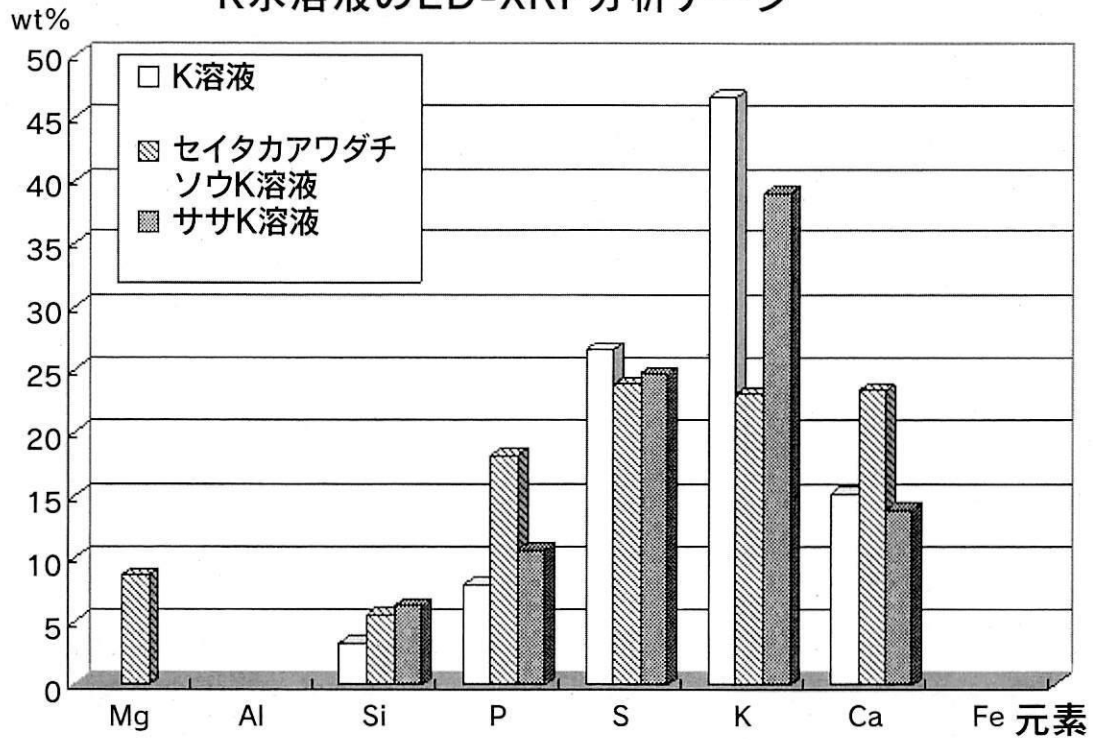


*ECは測定方法を誤ったやりかたで実験してしまったので省く。



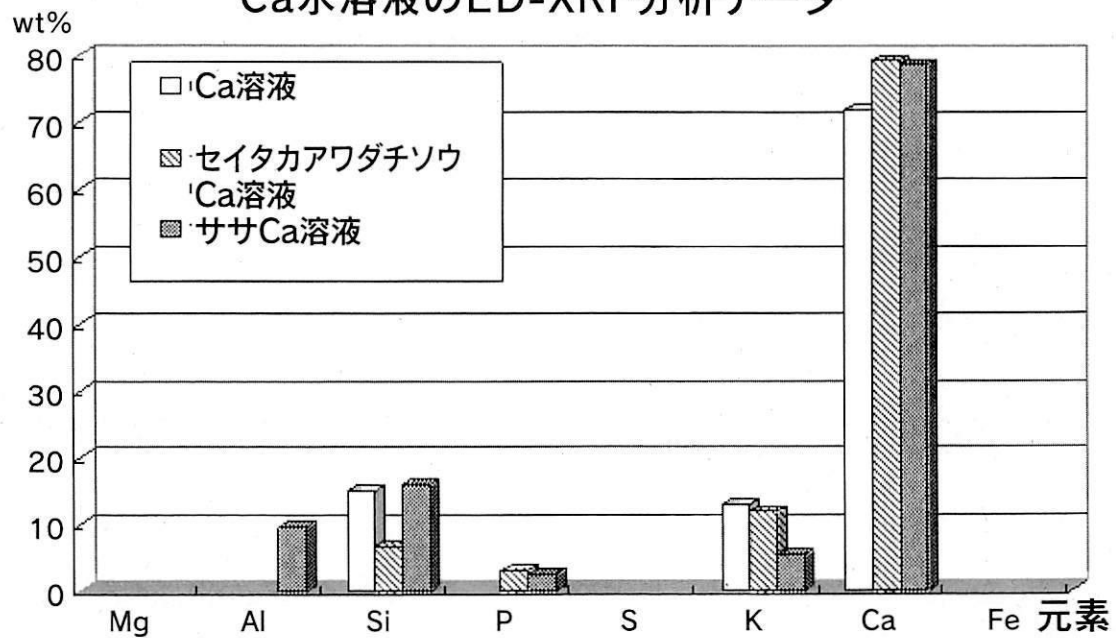
*初期 pHは 6.9 である。

K水溶液のED-XRF分析データ



*初期 pHは 4.6 である。

Ca水溶液のED-XRF分析データ



*初期 pHは 12.4 である。

・水溶栽培実験の結果

Fe 水溶液の栽培実験の結果、セイタカアワダチソウ、ササの両方が Fe を吸収していたがササのほうが変化が顕著であった。次に K 水溶液の栽培実験の結果どちらも K を吸収していたがササはあまり吸収せず、セイタカアワダチソウのほうがより吸収していた。さらに Ca 水溶液の栽培実験の結果では、セイタカアワダチソウとササのどちらもが、わずかに Ca の wt%が増加していた。

・考察

セイタカアワダチソウは水溶栽培実験の結果から土壌実験の結果の予想通り、Ca をあまり吸収しないと考えられる。しかしこれは溶液が、炭酸カルシウムを溶かしたため強アルカリ性となり吸収しにくい液性になっていたためと考えられる。また、アルカリ性水溶液は植物の根を溶かすので、それも吸収の妨げになっていたと思われる。これはED-XRF分析の結果から植物内に含まれる元素も検出されたことからわかる。現にササも Ca をあまり吸収していなかった。

Fe、K 水溶液においては両植物とも元素を顕著に吸収していた。Fe、K については植物に必要な元素であるためか、よく吸収していた。

・研究のまとめ

本研究においては、セイタカアワダチソウ、ササ、ススキ、クズ、カナムグラの5種類の植物について研究を行ってきたのだが、それぞれの植生する土壌の構成元素や、水溶栽培実験におけるセイタカアワダチソウやササの元素吸収状況を見ると、植物によって好んで吸収する元素が異なることが明らかになり、それが繁茂している土壌の構成元素と関連があるのが見受けられる。これらのことから、植物による環境改善は可能であると思われるが、変化の量及び吸収した元素の種類を見ると、長期的な目で見ると必要性がある。これらを踏まえ、さらなる研究に取り組んで行きたいと思う。

・参考文献

「Botanical Garden」

<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BotanicalGarden/BotanicalGarden.html>

「季節の花 300」

<http://www.hana300.com/index.html>

・謝辞

田崎和江 今西 弘樹 岩井隆昌 中山俊 中村紀祐 脇元理恵

以上の方々には本研究において多大な労力を費やしていただき、また御協力の際多大な迷惑をおかけしたことをお詫びすると同時に深く感謝の意を表し、これをもって謝辞とさせていただきます。

セイタカアワダチソウに形成する生体鉱物

小西あゆ香¹・佐藤隆¹・渋谷史¹・中野浩輔¹・

永田貴洋¹・小林民夫¹・田崎和江²

¹金沢大学理学部地球学科

²金沢大学大学院自然科学研究科

目的

セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*) は外来種で繁殖力が強く、日当たりがいいところに多く繁茂している。繁殖力の強さを調べるためにセイタカアワダチソウを各部位に分けて、生体鉱物の存在を観察し分析を行う。形成している生体鉱物の種類や量、形などをさまざまな角度から観察した結果を報告する。その結果どのような土地・気候条件で生息することができるかを明確にし、どんな利用法があるかについて考える。

セイタカアワダチソウとは

Solidago altissima. キク科 アキノキリンソウ属. 北アメリカ原産で明治 30 年頃に渡来した帰化植物. 各地の土手や荒地にはえる多年草で、地下茎を伸ばしてよく増える. 戦前に観賞用に栽培され、すでに 1937 年には逸出していたが、戦後に京阪神や九州北部に広がって大群落をつくるようになった. 現在では関東や中部地方にも広がっている (牧野, 1996). 蜜蜂協会指導者が本種の蜜源価値のため各地で増殖したため繁殖分布が広がったといわれる.

プラント・オパールとは

イネ・タケ・ヨシ・ススキなど、イネ科植物中には珪質化した細胞が存在し、植物が枯死したあとも土壤中に化石として残る. プラント・オパール ("Plant Opal" あるいは "Phytolith") は、土壤中に残された植物珪酸体 (シリカボディ) の総称である. イネ科以外でもカヤツリグサなどの草本からカシなどの樹木まで、プラント・オパールの給源になる植物は多い.

セイタカアワダチソウの採集地点

試料採集の場所は、石川県金沢市角間町金沢大学角間キャンパス内である（北緯 $36^{\circ} 33' 08''$ 、東経 $136^{\circ} 42' 04''$ ）。周辺環境は、山から流れ出た沢沿の東向きの斜面であり、セイタカアワダチソウ・クズ・ススキが生息している（図1）。平成7年に大学が角間に移転したため山林が伐採された。



図1. セイタカアワダチソウの採集地点

実験方法

セイタカアワダチソウの生体鉱物の存在を確かめるため、まず試料を乾燥させ粉末にし、エネルギー分散型蛍光X線分析（ED-XRF）を用いて分析を行った。次に、粉末X線回折分析（XRD）を用いて分析を行った。しかし、植物の大部分がCとHでできているので 600°C 、 800°C で12時間焼成してCとHをとばして鉱物を濃集し、検出しやすくした上でXRDを用いて再度分析を行った。また高温にすることで非晶質のプラント・オパールを結晶化させることが推測された。更に操作型電子顕微鏡（SEM）を用いて観察を行った。

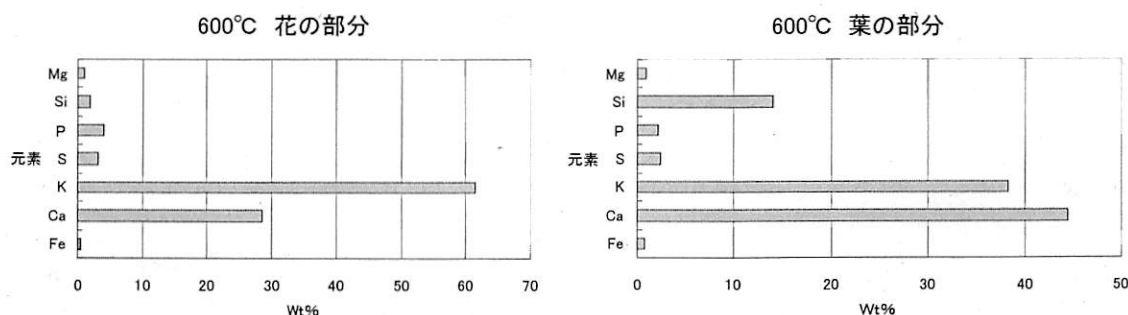
結果と考察

① エネルギー分散型蛍光X線分析（ED-XRF）

セイタカアワダチソウの花、葉、茎、根の各部分の構成元素を調べた。

セイタカアワダチソウ中には、Si・K・Caが全般的に大きな割合を占めていることが明らかになった。葉、茎、根の部分ではCaが一番多く含まれており、花の部分ではKが一番多く認められた。特にSiは葉に多く含まれることから、葉に多くの生体鉱物が含まれているのではないかと考えられる。また、Ca・Kに関してもそれぞれの部分について生体鉱物を作っていることが示唆される。

さらに、 600°C 焼成した後に再び分析をおこなったところ、どの部分も焼成前と構成元素の変化はほとんどなく含有の割合も変化が認められなかった。よって、焼成実験では鉱物を構成する元素ではなく、CとHだけが熱によってとばされたと考えられる。



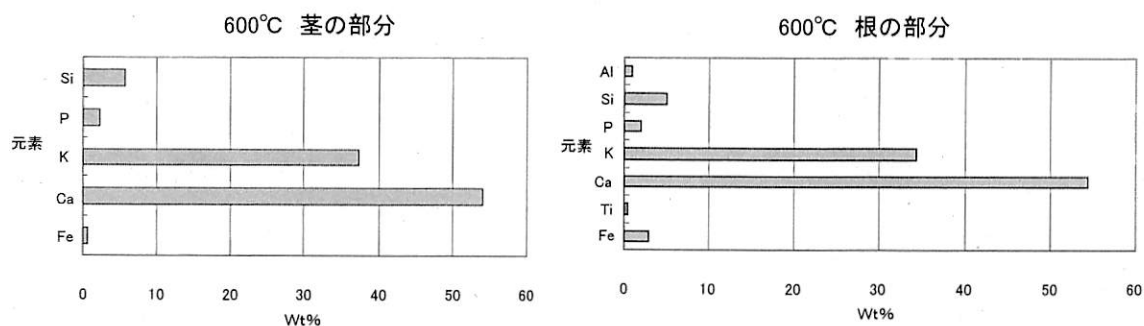


図 2. 600°Cで焼成したセイタカアワダチソウの構成元素

また,さらに 800°Cで焼成した後に再び分析を行ったところ,600°Cと同様に焼成前との構成元素の変化はほとんどなく含有の割合も変化が認められなかった.

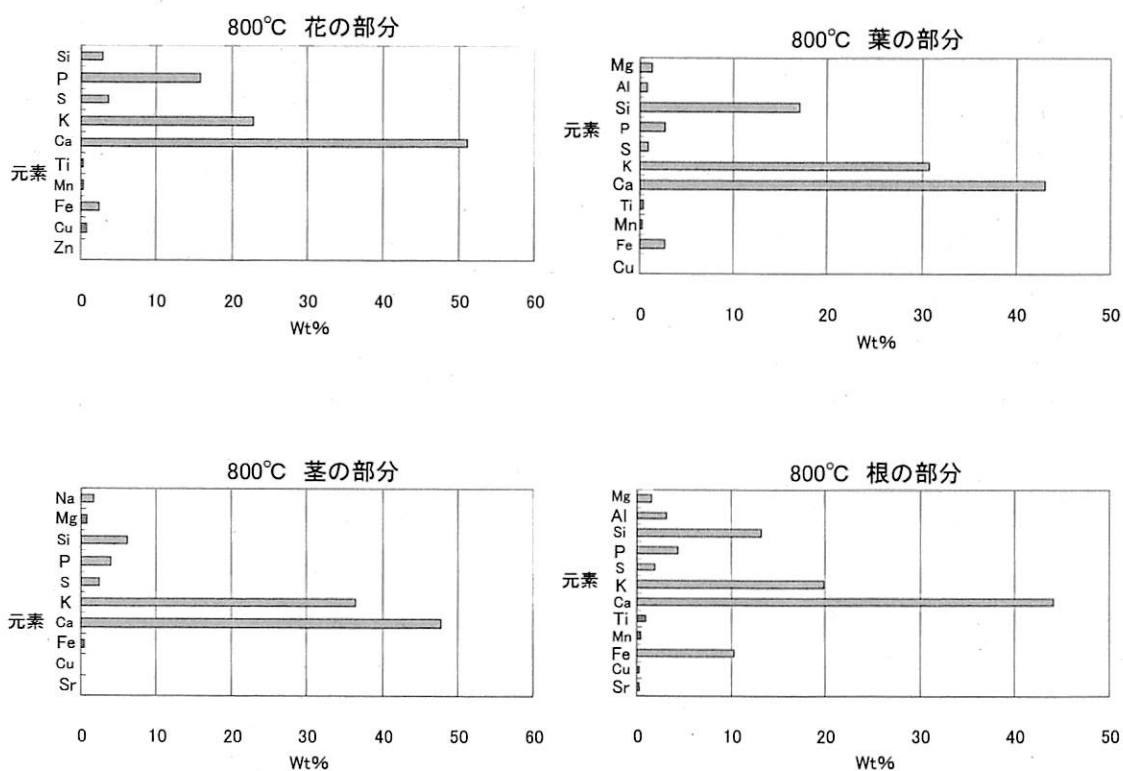


図 3. 800°Cで焼成したセイタカアワダチソウの構成元素

① 粉末X線回折分析 (XRD)

ED-XRFの結果からSiの量が一番多かった葉のデータを分析した. 4.1Åの付近にバックグラウンドが盛り上がるような幅の広いブロードな反射が認められた. また, 3.34Åに石英の反射が検出された. 従って, 葉に含まれる鉱物は非晶質の鉱物であるオパールAと石英の結晶である.

さらに, 600°Cで焼成した後に再び分析を行ったところ, 石英と長石とKClが認められた.

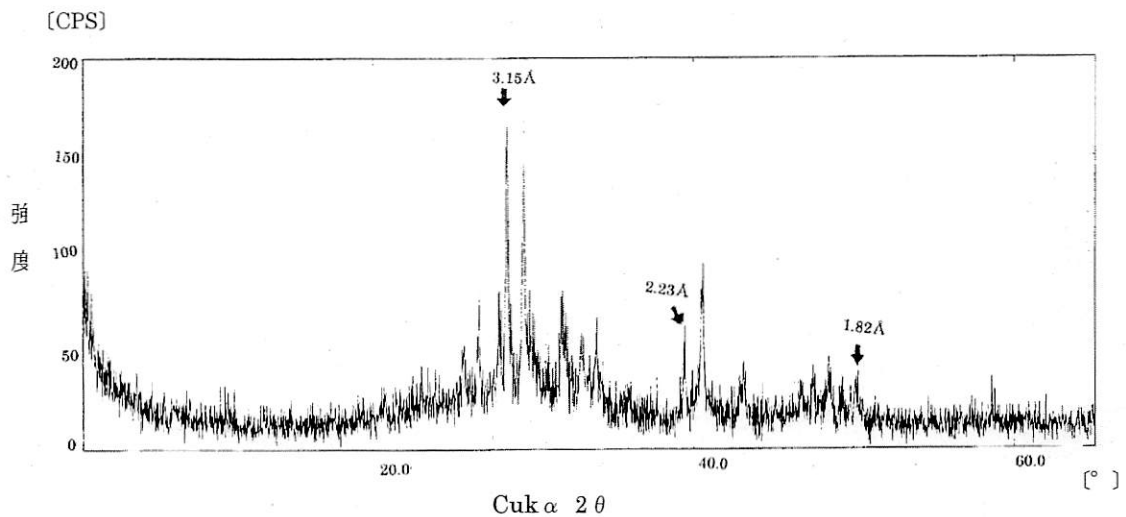


図4. 600°Cで焼成したセイタカアワダチソウのXRDの結果

③ 焼成

植物の大部分が炭素と水素でできているためそれ以外の鉱物が微量にしか検出されなかった。そこで、植物を高温で焼く事によって炭素と水素をとばして鉱物を濃集させて検出しやすくするために焼成実験を行った。また、高温にすることで非晶質のプラントオパールを結晶化させることが推測された。600°Cと800°Cでそれぞれ花、葉、茎、根を焼成した。含有成分を、ED-XRFで分析したが焼成する前後では大きな変化は認められなかった。

④ 走査型電子顕微鏡観察

600°Cで形を残したまま12時間焼成した（姿焼き）花・葉・茎・根並びに、乾燥させて細かく刻んだ葉の表と裏・花の様子を走査型電子顕微鏡で観察した。600°Cで焼成した花のSEM像を図5に示す。図中の立方体部分にKClが含まれていた。花のさやとみられる部分にはリン酸カルシウムが含まれ、Mgも多く含まれている。

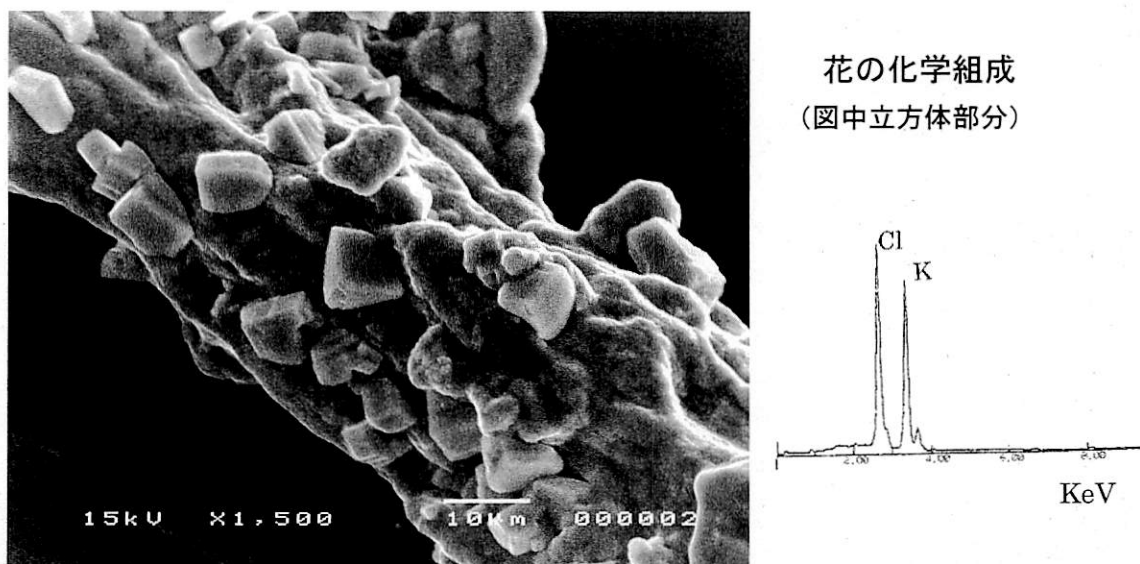
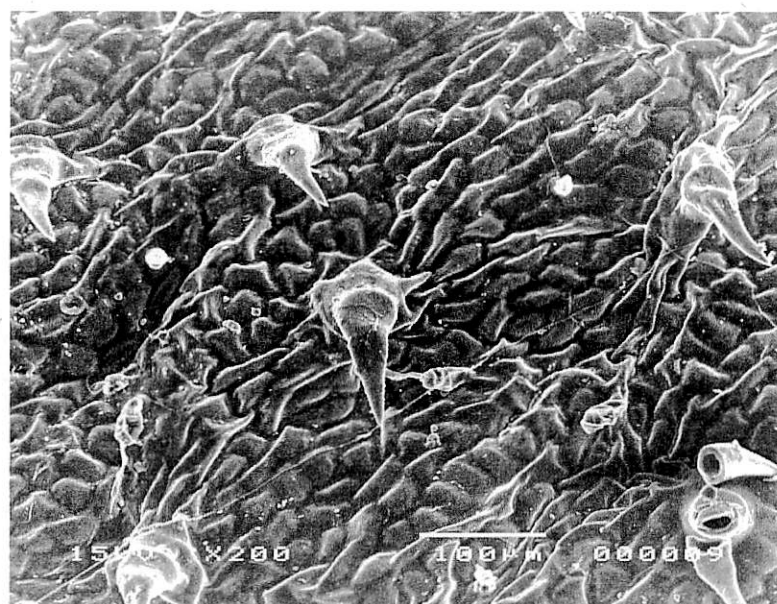


図5. 600°Cで焼成した花のSEM像

乾燥させた葉の表面の SEM 像を図 6 に示す.表面には,中が空洞になった三角錐の突起が認められる.特に突起の部分に Si が多く認められた.一方,周辺にも Si が認められるが微量である.また,裏側にも突起はあるが,気孔が多いのが特徴である.



葉の突起の化学組成

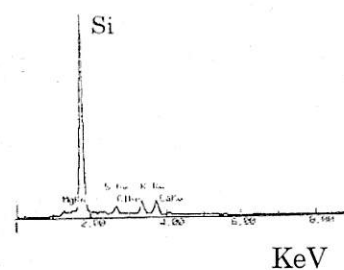


図 6. 乾燥させた葉の表面の SEM 像

600℃で焼成した葉の表面の SEM 像を図 7 に示す.突起の先端には,球状の物体が多く観察された.この球体は,プラントオパールが高温により変質して固化したものと思われる.一方,裏面は気孔の痕跡を残している.

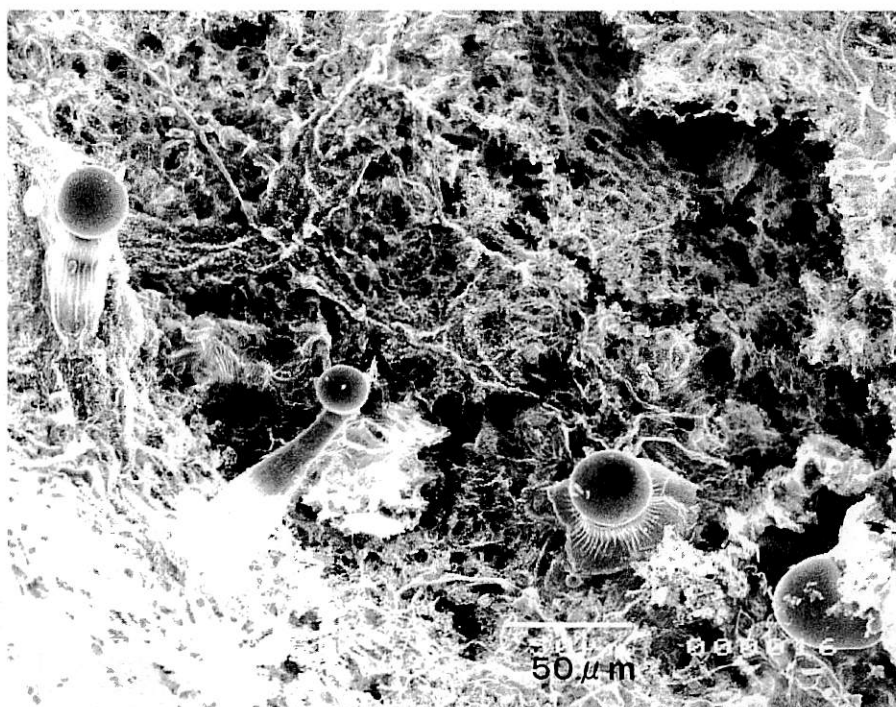


図 7. 600℃で焼成した葉の表面の SEM 像

600℃で焼成した茎の SEM 像を図 7 に示す. 全体的に繊維状となっていた.

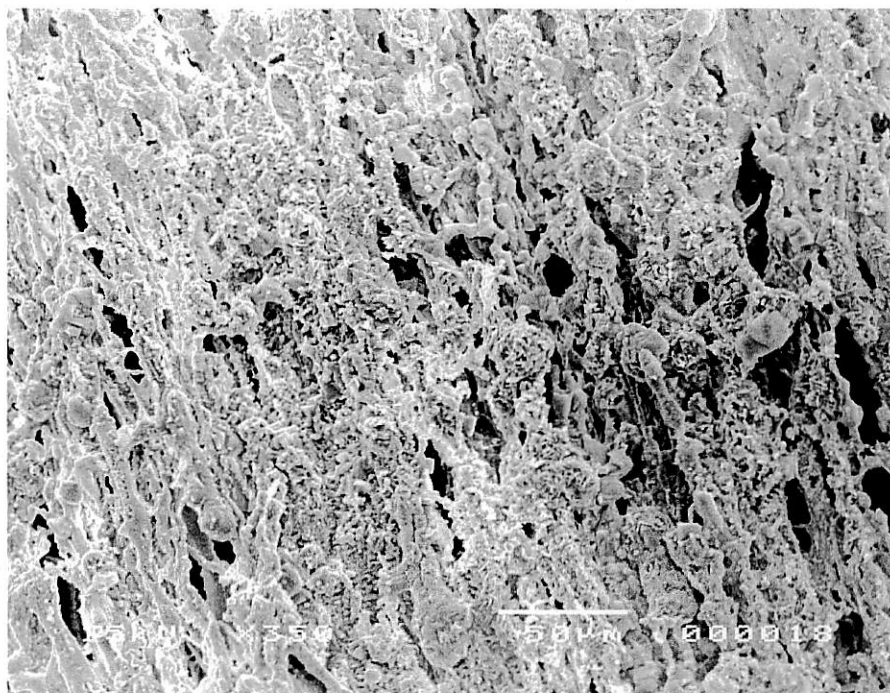


図 7. 600℃で焼成した茎の SEM 像

600℃で焼成した根の SEM 像を図 8 に示す. 頑丈なセルロースが確認された.

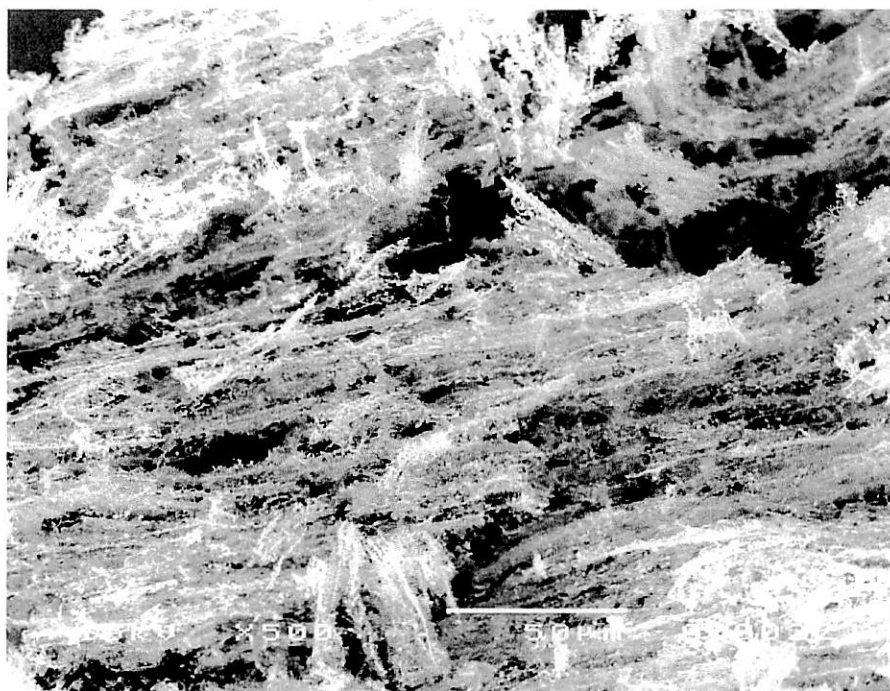


図 8. 600℃で焼成した根の SEM 像

まとめ

セイタカアワダチソウに形成する主な生体鉱物は Si を含有し、それは自然な状態では非晶質のプラントオパールとして存在する。また、ED-XRF によりプラントオパールは、葉に最も多く存在している。さらに、葉の表面および裏面にある突起部分に Si が集中していることから、葉の中でも特にその突起にプラントオパールが多く存在する事が明らかになった。この結果から、セイタカアワダチソウが群生する場所の土壌には通常より Si が多く蓄積される環境が考えられる。これは「土壌が植物に与える影響」(提供 舍利弗)により裏付けできる。また、海外ではプラント・オパールを Si として工業的に利用するための研究が進んでいる。今回の研究ではセイタカアワダチソウの葉に Si が濃集していることが分かったため、身の回りにあふれているセイタカアワダチソウの葉から Si を効率的に取り出すことができれば、上記に上げた研究のように Si の工業的な利用ができるのではないかと考えられる。

参考文献

- 笠原 安夫 (1970) 日本雑草図説, 養賢堂, 518pp
牧野 富太郎 (1996) 改訂版 原色牧野植物大図鑑 北隆館, 589pp
『株式会社 パレオ・ラボ』ホームページ
業務案内・古環境復元“プラントオパール分析”
<http://www.paleolabo.jp/puranntoeae.html>
『title』
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/danso/OsakaFu/5-3-4.html>

謝辞

今回の研究をするにあたりアドバイスを戴いた、金沢大学大学院自然科学研究科、木原國昭教授、奥野正幸教授、また、実験指導をしていただいた、金沢大学理学部地球学科田崎研究室、今西弘樹さん、岩井隆昌さん、白鳥達也さん、中山俊さん、中村紀裕さん、森井一誠さんに深く感謝並びに御礼申し上げます。

セイタカアワダチソウの他感作用（アレロパシー）

～植物の成長度合いに焦点を当てて～

金沢大学理学部地球学科

千保 翼・守屋 則孝・稲垣 有香・田崎 和江

1 はじめに

現在農業分野において、無添加無農薬の栽培方法が盛んになり始めている。そのなかで植物の他感作用を利用した除草剤や肥料(緑肥)の開発が行われている。だが、コストパフォーマンスの低さから実用化には至っていない。そこで本研究では、植物の成長度合いによって他感作用に強弱があるのではないかと考え、それによって除草剤や肥料を作るうえでのコストパフォーマンスの低さを補うことを目標とした。

どんな植物を利用しようか考えていると、目に飛び込んできたのは角間の山々に生い茂るセイタカアワダチソウであった。しかもセイタカアワダチソウは、他感作用を持つことで有名(*)であることが後で分かり、本研究で利用した植物はセイタカアワダチソウに決定した。

*セイタカアワダチソウの他感作用

セイタカアワダチソウは根及び地下茎からシス-デヒドロマトリカリアエステルを発散し、他の植物（特にイネ科植物）に対し発芽抑制作用を引き起こすことが解っている。(Rice,1991)

2 実験内容

(1) 準備

- ・・・セイタカアワダチソウの採取
- ・・・研究用植物の確保



(2) 観察及び測定

- ・・・吸収抑制作用を見るための植物土壌の ED-XRF
- ・・・発芽抑制作用を見るための植物種子の発芽観察



(3) 考察

- ・・・観察結果及び測定結果から考察を行う

以上の流れで実験を行った。

・ セイタカアワダチソウの採取及び研究用植物の確保

今回の研究ではセイタカアワダチソウの成長度合いの大きなものと小さなものの2種類を金沢大学角間キャンパスあじさい橋周辺で採取した。また本研究における成長度合いの判断基準は
成長度合い小→高さ 50cm 以下で根が細い
成長度合い大→高さ 150cm 以上で根が太くしっかりと根付いていると定義した。

また、今回は研究用植物として

ビオラ 〈*Viola wittrockiana*〉・キンギョソウ 〈*Antirrhinum*〉・パンジー 〈*Viola wittrockiana*〉及びハツカダイコン 〈*Raphanus sativus* var. *radicula*〉の種子を用意した。研究用植物は屋外で保管する為、寒さに強く開花時期が冬である点に注目して選んだ。

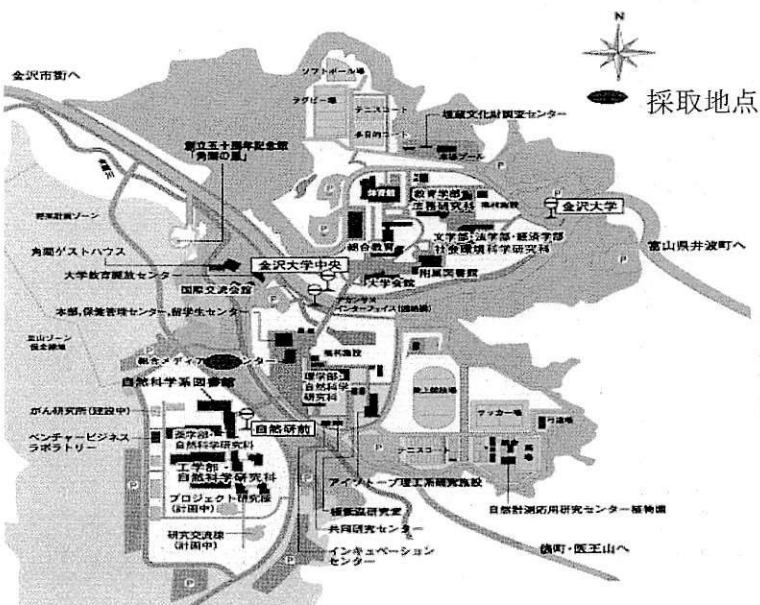


図 1 セイタカアワダチソウ採取地点

・ 吸収抑制作用観察

吸収抑制作用を調べる為に以下の物を用意した。

- ・ 何も混入しない土壌
- ・ 成長度合いの小さなセイタカアワダチソウの根を混入した土壌
- ・ 成長度合いの大きなセイタカアワダチソウの根を混入した土壌

ビオラ・キンギョソウ・パンジーそれぞれの植物に対し上記の3種類の土壌を用意した。

*2.5kgの土壌に対し、細切れにしたセイタカアワダチソウの根を65gずつ混入した。

植物土壌のED-XRFによる元素測定は一週間に一度行った(2005年12月15日・22日・28日)。

土壌のED-XRFによる元素測定からうかがえる土壌中の元素含有量の違いから、セイタカアワダチソウの成長度合いによる変化を考察した。

- ・ 発芽抑制作用観察

吸収抑制作用観察と同様に発芽抑制作用を調べる為に以下の土壌を用意した。

- ・ 何も混入しない土壌
- ・ 成長度合いの小さなセイタカアワダチソウの根を混入した土壌
- ・ 成長度合いの大きなセイタカアワダチソウの根を混入した土壌

* 0.4kg の土壌に対し、細切れにしたセイタカアワダチソウの根を 65g ずつ混入した。

用意した 3 種類の土壌にハツカダイコンの種子を 10 個ずつ植え、2 週間(2006 年 1 月 7 日～1 月 21 日) 観察し発芽した種子の数を比較することで、セイタカアワダチソウの成長度合いによる他感作用の影響の違いを考察した。

3 結果及び考察

- ・ 植物土壌の ED-XRF 分析結果

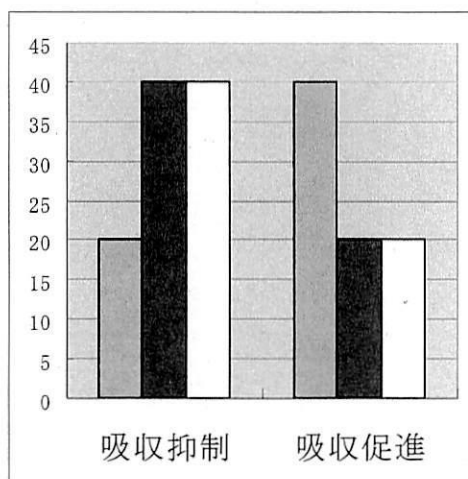


図 2 吸収抑制におけるセイタカアワダチソウの関与

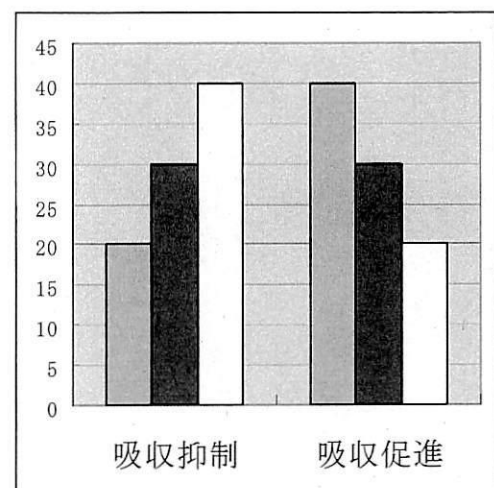
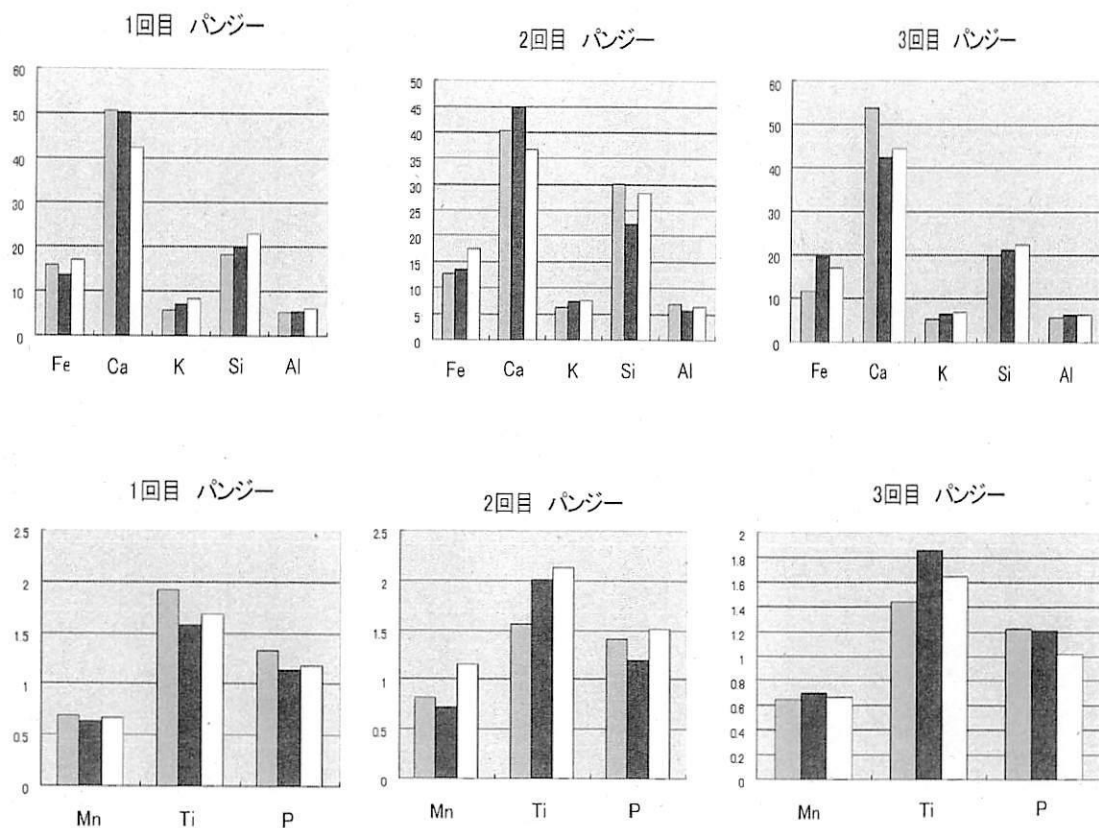
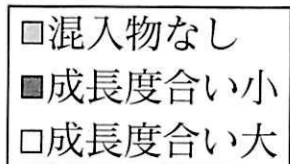


図 3 吸収抑制における成長度合いの違い
(成長度合いの小さな方が他感作用の強い場合)

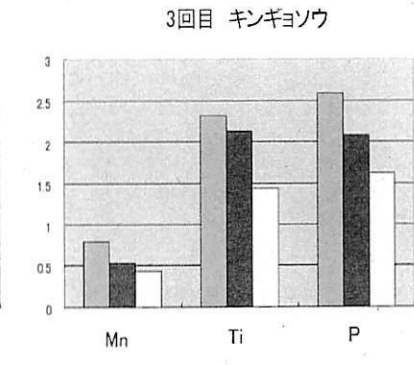
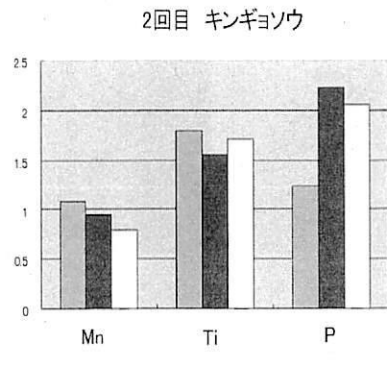
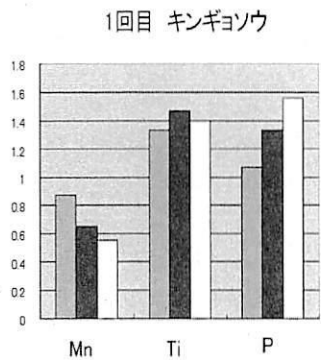
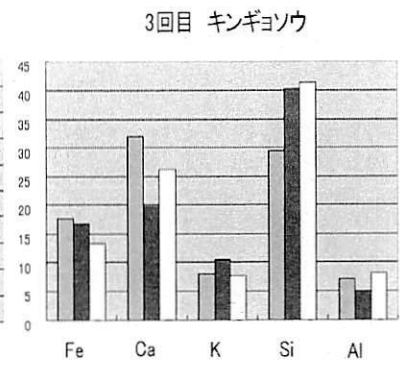
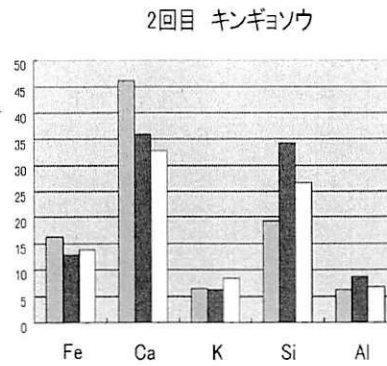
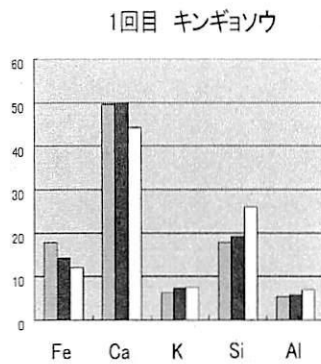
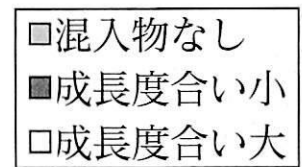
上の図のような結果が得られた場合、吸収抑制作用におけるセイタカアワダチソウの関与や、成長度合いの違いによる他感作用の強弱が分かる。

・パンジーの分析結果



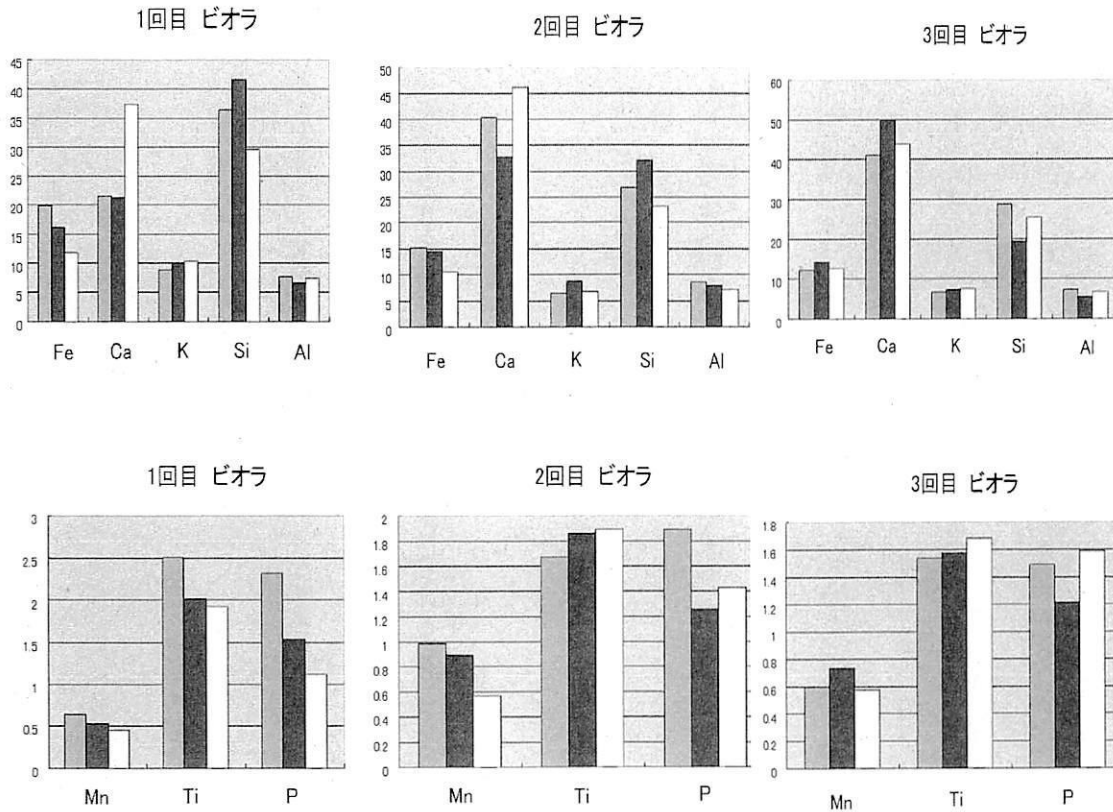
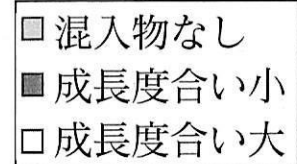
・パンジーの分析結果からセイタカアワダチソウが植物の吸収抑制作用に関与していると思われる結果は、ほとんどの元素において得られなかった。

・ キンギョソウの分析結果



・ キンギョソウの分析結果からセイタカアワダチソウが植物の吸収抑制作用に関与していると思われる結果は、ほとんどの元素において得られなかった。

・ビオラの分析結果



・ビオラの分析結果から、セイタカアワダチソウが植物の吸収抑制作用に参与していると思われる結果は、ほとんどの元素において得られなかった。

以上の結果から植物の吸収抑制作用において、セイタカアワダチソウは特に参与していないと考えられる。

・発芽抑制作用観察結果

	鉢①	鉢②	鉢③	合計
混入物なし	10/10※	9/10※	8/10※	27/30※
成長度合い大	9/10※	9/10※	7/10※	25/30※
成長度合い小	9/10※	8/10※	6/10※	23/30※

※発芽した種子/植えた種子

以上の結果が得られた。観察結果から考察すると、発芽抑制作用に関する他感作用は成長度合いの小さなセイタカアワダチソウの方が強いと考えられる。

・まとめ

ED-XRF結果からグラフにはセイタカアワダチソウが、植物の吸収に関係していると考えられるようなデータは得られなかった。従って、吸収抑制作用においてセイタカアワダチソウの関与は認められなかったと言える。

しかし、発芽抑制作用においては発芽した種子の数から「成長度合い大<成長度合い小」という結果が得られた。

そこで本研究では、他感作用の除草剤や肥料としての利用は成長度合いの小さなものの方が適しているという可能性が見られた。実用化にはまだ程遠いが、さらに研究を重ねることで、社会に貢献していきたい。

・謝辞

今回の研究にあたり、田崎研究室のゼミ生をはじめ御協力頂いた多くの皆様に心から深く感謝の意を表し、これをもって謝辞とさせていただきます。

・参考文献

「アレロパシー」 1991年8月28日初版

著者 Elroy L.Rice pp.488 株式会社学会出版センター

葛はただのクズじゃない！

～植物のエネルギー化～

金沢大学理学部地球学科 山田 展弘, 工東 健司, 福本 寛人, 渡邊 大祐, 郁芳 隋徹

金沢大学大学院自然科学研究科 田崎 和江



はじめに

今日の世界情勢においてエネルギー資源の確保は緊急課題である。歴史上、人類は油田などのエネルギー資源を保持するため、戦争や紛争を繰り返している。その状況を打破するためにも化石燃料への依存を軽減し、手軽な材料からエネルギーを自給できるよう目指すことが望ましい。なお日本においては、中国特需に伴い、石油価格が高騰しており、日本国内の燃料自給率の向上が急がれる。

そこで、我々の研究チームは低コストで家庭的なエネルギー自給を目指し研究を行った。今回は金沢大学角間キャンパス内に大量に生息する植物、クズ (*Pueraria lobata*), セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*) に注目し、それらのでんぷん及びセルロースをアルコール化することに挑戦した。



図1 クズ



図2 セイタカアワダチソウ

実験1. クズの根に含まれるでんぷんのアルコール化

米のでんぷんを使ってお酒を醸造するようにクズのでんぷんを使っても同じことが出来るのではないかと考え、クズの根に含まれるでんぷんのアルコール化を試みた。

実験2. セイタカアワダチソウのセルロース分の分解によるアルコール生成

セルロースを主成分とするセイタカアワダチソウの分解によるアルコール生成を考えた。セルロースを糖に分解するためには酵素（セルラーゼ）が必要であるが、セルラーゼ酵素自身が高価であるため、手に入りやすい家庭製品で代替出来ないかと考えた。そこで、衣服の汚れを落とすために洗剤に含まれる分解酵素や、草食動物であるウマや、反芻動物であるウシの消化管中に生息し、セルロースを分解する微生物、セルロースを分解する単細胞の原生生物を腸内に共生させているシロアリやゴキブリ、セルラーゼ遺伝子の発現が認められたマツノザイセンチュウなどを利用して、セルロースを分解して糖を得られないか考えた。

実験試料

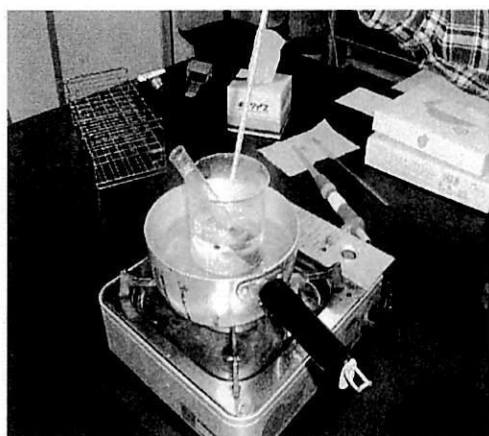
実験試料として、金沢大学角間キャンパス内に生息するクズの根とセイタカアワダチソウを用いた。なお、セイタカアワダチソウについては、柔らかく、乳鉢ですり潰し易い葉のみを使用した。

実験方法



図 3 ミキサーでの攪拌の様子

クズの根（6.6g）、麴（吉田醸造食品株式会社製造「特選白こうじ」）（20g）、水道水（300g）をミキサーに約5分間かけ、ペースト状にし、それを恒温槽で60℃に保ち、12時間かけて、糖化させた。なお、糖の検出、確認のために、フェーリング反応*を用いた。次に糖化した液体の粗熱をとり、酵母（日本製粉株式会社 NT7 販売「ふっくらパンドライイースト」）（6g）を加え、20℃～30℃に保ち、12時間かけてアルコール発酵させた。



フェーリング反応*・・・フェーリング反応とは、アルデヒドや糖類、蟻酸の還元性に由来する化学反応の一つである。フェーリング液に還元性物質を加えて温めると、酸化銅（I）（ Cu_2O ）の赤色沈殿が生成するもので、還元性物質の検出や定量に用いられる。

（ <http://ja.wikipedia.org/wiki/> ）より

図 4 フェーリング反応の様子

実験結果

クズのでんぷんの糖化については、実験 12 時間後フーリング反応で糖の存在を確認した。最終的に生成されたものは、日本酒が放つ独特の香りがした。出来たアルコール濃度については、現在、塩川酒造株式会社が考案した簡易測定法により測定をした。

セイタカアワダチソウについては、まだ、実験 1 ヶ月後セルロースの糖化が出来ていない。現在もセルロース分解酵素セルラーゼについて調査・分析中である。

アルコール度数の分析結果を下記に記載した。



米こうじのみ

2.6 度

米こうじとクズ

2.8 度

図 5 白い液体の入ったビーカーが米こうじのみのアルコールで、黒い液体の入ったビーカーが米こうじとクズのアルコールである。なお、この液体を熱したところ、アルコール独特の匂いがした

考察

日本酒が放つ独特な香りは、エタノールの存在を示唆する。酵母によるアルコール発酵は濃度に限界があるため、出来たアルコールを蒸留して濃度を高めていかなければならない。しかし、アルコールの蒸留・高濃度化には、エネルギーコストが高く考えられるので、低コストで家庭的であるかは定かではない。セイタカアワダチソウについては、現在検討中である。我々の目標、身近にある植物を使ってのアルコール発酵の夢は潰えない。机上実験で考えたことも踏まえ、可能性のある限り、セルロースの糖化・アルコール発酵、そして、エネルギーの自給に挑戦する。

謝辞

今回の研究をするに当たり，実験指導をして戴いた，田崎研究室のゼミ生の方々，また，研究のアドバイスを戴いた，金沢大学大学院自然科学研究科の木下栄一郎助教授・坂本敏夫助教授に深く感謝の意を示す．

参考文献

<http://ja.wikipedia.org/wiki/> フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

<http://www.shiokawa.biz/Alc.htm> アルコール度数簡易測定法 塩川酒造株式会社

重金属汚染地に生息するヘビノネゴザと バイオマットによる金属の濃集

中村紀裕・田崎和江（金沢大学大学院自然科学研究科）

はじめに

鉱山廃水や廃坑からの湧水における重金属汚染は深刻な問題である。従来の浄化法は消石灰などの薬品を半永久的に使用するため、二次汚染の危険も考えられる。近年、自然の浄化能力を利用したバイオレメディエーションやファイトレメディエーションが汚染環境の修復に有効であると提案されている（Gutnick and Bach, 2000）。

本研究では黄銅鉱，閃亜鉛鉱，方鉛鉱，硫砒鉄鉱を対象に採掘されていた，岡山県小田郡矢掛町の弥高鉱山跡に生息するシダの一種，ヘビノネゴザ（*Athyrium yokoscense*）およびバイオマットによる重金属の濃集について検討を行った。

なお，弥高鉱山は熱水鉱床であり，古生代の粘板岩を貫く流紋岩中に銅・鉛・亜鉛を含む鉱脈を胚胎し（地質調査所 1927），明治 10 年より銅の採掘が行われてきた。しかし，昭和 20 年代に閉山したが，現在も坑内水が湧出している。鉱山跡は廃水処理などの鉱毒害防止工事はなされていない。

試料および実験方法

実験に用いた試料は，弥高鉱山跡のズリに生息するヘビノネゴザおよびその周辺の土壌である。鉱山最下部では水抜き穴に生成している緑色のバイオマットを採取した。また，坑口から湧出する水は現地で水質測定を行った。採取した試料は，光学顕微鏡，走査型電子顕微鏡（SEM），透過型電子顕微鏡（TEM），粉末 X 線回折装置（XRD），エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（ED-XRF）を用いて観察，分析を行った。

結果および考察

坑口から湧出する水の水質は坑口付近で pH6.6 と弱酸性を示し，Eh 401mV，EC 0.48mS/cm，DO 5.2mg，WT 22.5℃を示した。ED-XRF による分析の結果から，坑口から湧出する水には重金属は含まれないことが認められた。ズリ全体の土壌の化学組成は Si，Al，K などを主成分とするが，坑内水が流れる場所では Fe，Cu，As などを多量に含む地点があった。また，これらの有害元素の量は坑口から離れると少なくなる傾向が認められた。XRD による鉱物の分析結果より，土壌の主要構成鉱物は石英，長石類であり，粘土鉱物として，カオリン鉱物，雲母類粘土鉱物，緑泥石が認められたが，重金属を含む鉱物は認められなかった。

ヘビノネゴザは葉と根に分けて化学組成の分析を行った結果，根に Fe，As が濃集されていることを確認した。一方，バイオマットの表面を流れる水とバイオマットを分析した結果，バイオマットの方が重金属の量が多いことが明らかになった。バイオマットは Si を主成分とし，Al，Fe，Cu，As などを多量に含んでいた。すなわち，ヘビノネゴザの根およびバイオマットは，鉱山廃水中から Al，Fe，Cu，As などの重金属を取り込み汚染環境の修復に有効であることが確認された。また，バイオマットについては重金属以外に植物の生育に悪影響を及ぼす Al の濃集能力も高いことから，Al による植物の生育阻害が発生している汚染土壌の緑化にも応用できると考えられる。



図1. 弥高鉱山跡. 植物がほとんど生育していないことが確認できる.



図2. 鉱山跡のズリ捨て場に生息するヘビノネゴザ.

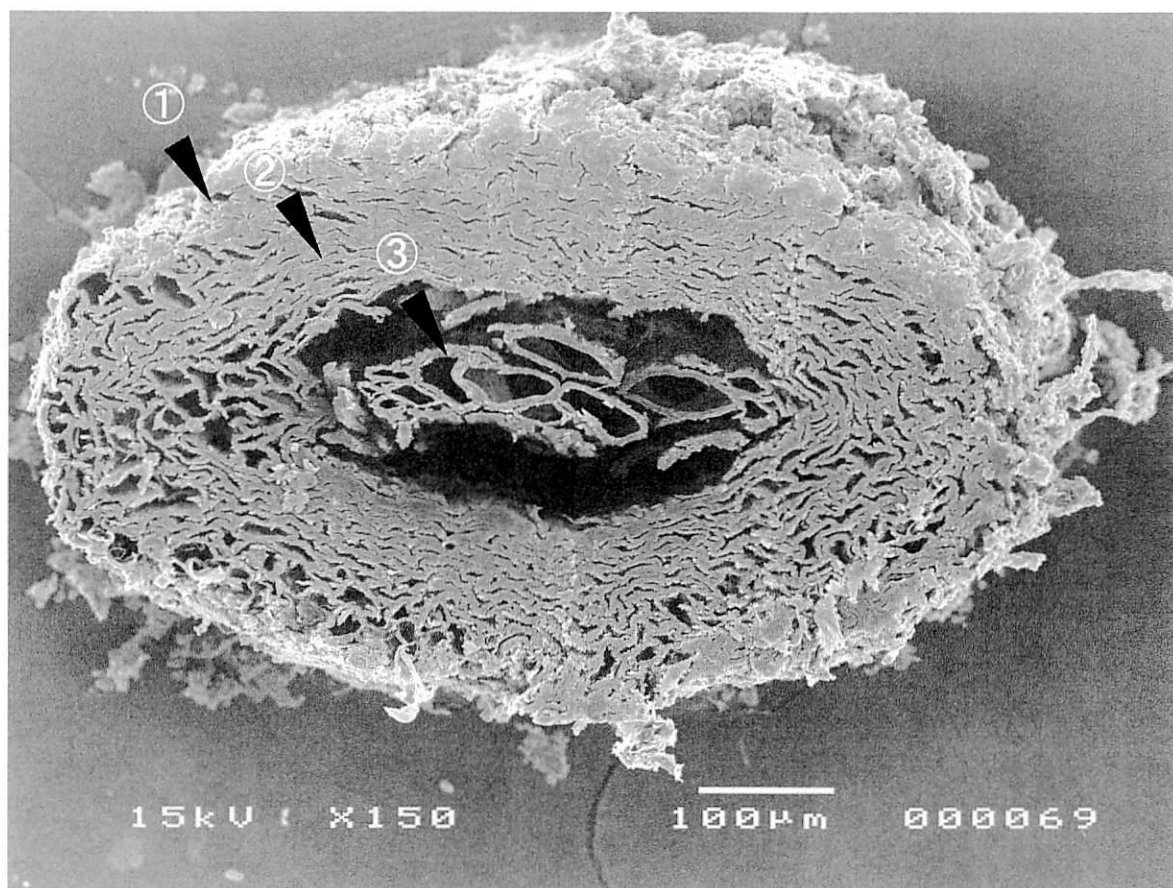


図3. ヘビノネゴザの根、断面のSEM像.

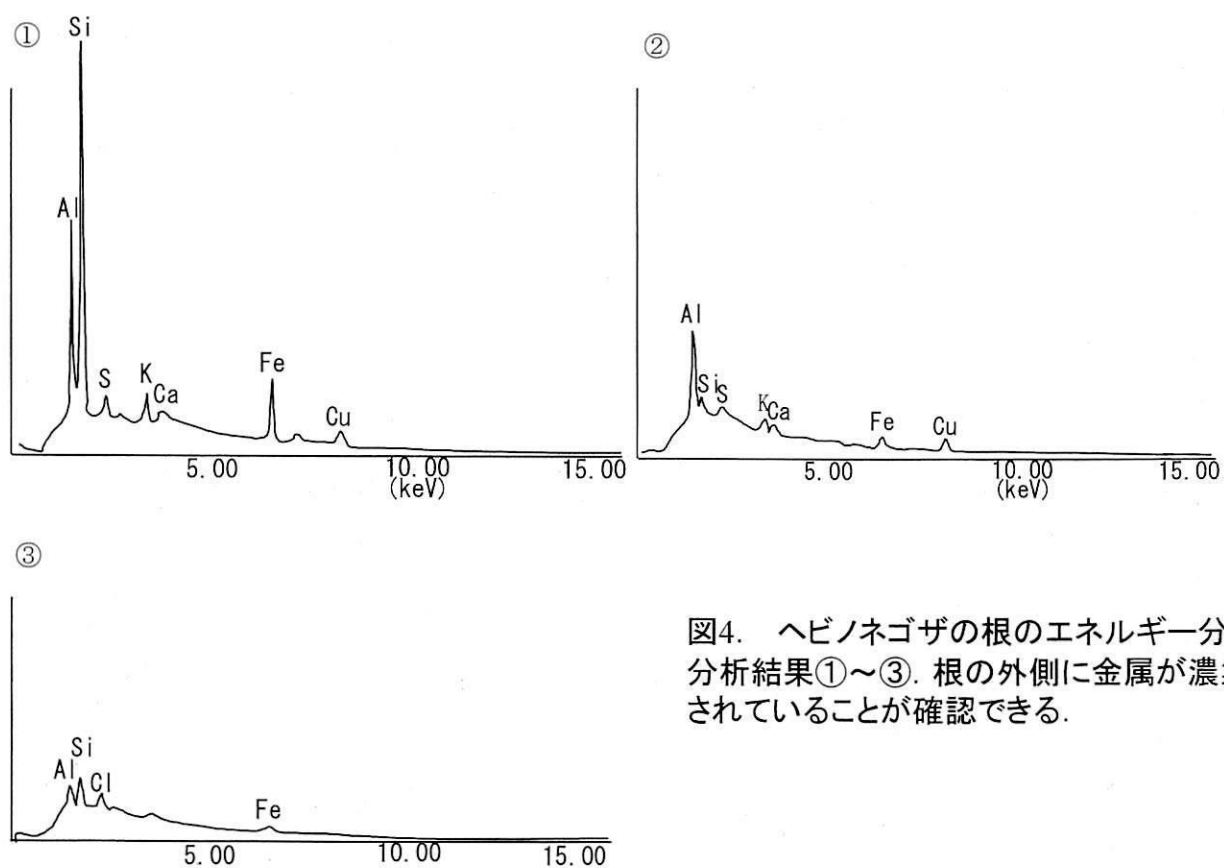


図4. ヘビノネゴザの根のエネルギー分散分析結果①～③. 根の外側に金属が濃集されていることが確認できる.

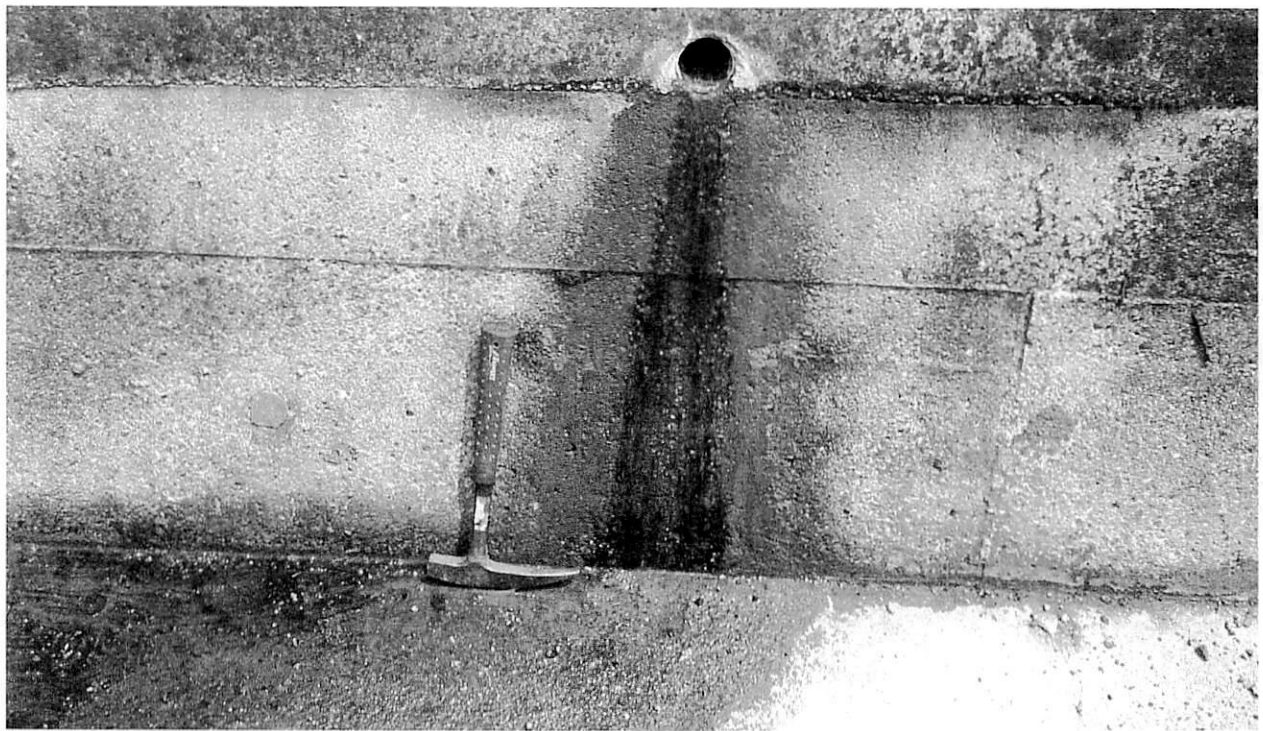


図5. 鉱山最下部の水抜き穴に生成したバイオマツト.

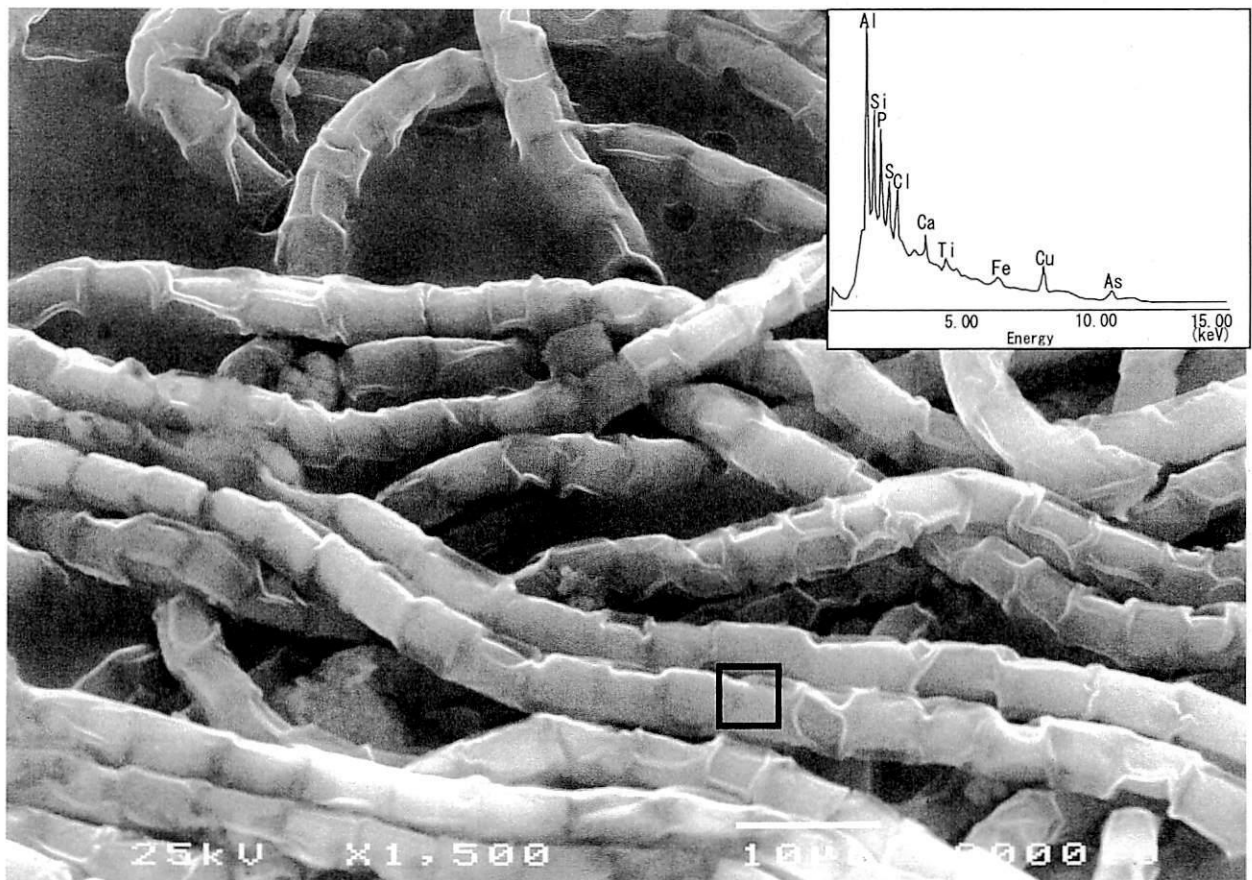


図6. バイオマツトのSEM像とエネルギー分散分析結果.

参考文献

Gutnick D.L. and Bach H. (2000) Appl.Microbiol.Biotechnol.451-460
地質調査所1927, 岡山地質説明書

一人一言

舍利弗 祐介

今回、研究・学会と新しいことをしてきたが、気持ちの良い充足感が得られた。決して十分に満足できる結果は得られなかったが、自分にとってこの経験は良い糧になったと思う。

林 亜以子

大学生になって初めて自分たちで研究することを決めて今回学会発表まですることができた。決して簡単にはいかなかったが試行錯誤を繰り返しながらもやり遂げたことを誇りに思う。先生をはじめ多くの方々ありがとうございました。

吉岡 潤平

概論 E を経て仲間と協力することや研究をする楽しさを学んだことから、今までの授業では学んだことのない多くのことを得たと思います。皆さん本当にありがとうございました。

石堂 知基

今までのどんな授業よりもきつかったです。夜遅くまで残ったり休日もつぶれたり。でもこの経験をこれから先、生かしていくことができればいいと思います。

松山 佳弘

この概論 E では、夜遅くまで残ってやった実験や学会での発表など、机に向かって勉強するだけでは得られない貴重な体験ができ本当に良かったと思いました。

海野 圭史

概論 E は、学会での発表を目標とするため、何もかもが初めてで、戸惑うこともありました。でも、グループワークだったので良くも悪くも適当に出来、良かったと思います。

名内 理恵

植物と土壌が影響を与えあっていると考えたことがなかったので植物も奥深いと思いました。また、こんなに時間がかかるとは思いませんでした。班の皆様有難うございました。

森谷 匡

今回の研究は非常に大変なもので、グループとして活動することと、一つの事柄を「知る」ことの大変さを身にしみて理解できた。次回同じようなことがあったらぜひ今回の体験を活用したい。最後に一言、みんなおつかれ！

成瀬 貴洋

班員には迷惑をかけっぱなしでしたが、班で一丸となって一つの事に向かって取り組むことが出来ました。その苦労が実り発表が成功したことがうれしいです。

三富 雄介

バイトで集まりに行けないことが何度もあり、同じ班の人達にはとても申し訳なく思っています。発表は初めての経験だったのですごく印象にのこりました。

三戸 俊二

身の回りにあるのに気にしていなかったことを調べることができてよかった。自分たちで考えることが多くて大変だったが、後の研究に役立つと思う。

柳沢 和也

このような学会で大勢の人の前で自分たちの研究を発表するのは勇気のいることだと思いますが、どの発表でも熱のこもっていることが感じられました。

中村 元

色々班員に迷惑かけまくったけど、今までにない経験をして良かったと思う。

広瀬 哲也

今回の研究はとにかく初めてしたことが多く、何度も実験につまずいたりした。だが他の共同研究者のおかげで何度も助けられ、グループワークのすばらしさを感じた。

佐藤 隆

たった半年で学会発表できる程度の実験なんてできるか！

ぶっちゃけずっとそう思っていた。でも、最後の最後になんとか発表できそうな結果が得られた。これならなんとかなる、そう思った。そして、学会当日、なんとか実験で得られたものを発表できた。しかし、自分達の発表に対する会場の反応は冷ややかなものだった。そう、結

果だけ提示してしまい考察が不十分だったのだ。研究をして結果が出たからには、それが世の中でどう役に立つのかということを示さなければいけなかったのだ。

今回の授業を通して、研究の大変さを身をもって知ることができ、また、研究をすることの意義を理解できた。

最後に、田崎先生、院生の方々そして班のみんな、ありがとう&おつかれさまでした。

渋谷 史

普段の生活の中の身近な「なぜ？」から科学が生まれるということを改めて実感しました。自分達で何を分析するのか考えたり、それを文章にまとめるといった科学する事の基本の“キ”を学べて、非常に得たものは大きいです。ご協力してくださった田崎先生、院生の方々に御礼申し上げます。

そして何より、生体鉱物班のみんなありがとう。忙しい中かなり大変だったけど、最後まで終える事ができたのはみんなのおかげです。

小林 民夫

自分は、この講義を通じて「研究する」とはどのようなことなのか、をよりハッキリと体感することができました。同時に、グループ研究に於ける協調性の大切さというものを思い知らされました。班の皆さん、色々と迷惑かけてすみません…長い間本当にありがとうございました！

永田 貴洋

今回の研究で、自分たち実験することを考えて研究を進めて結果を出していくということがとても大変だと感じました。班の皆さんありがとうございました。

中野 浩輔

「学会なんて大学2年生なんかにできるものじゃない。」学会発表を行うと田崎先生に言われたときそう思った。貴重な体験と思いやろうと思ったが、やらなくてはいけないという気持ちとは裏腹になかなか気持ちが周りについていけない時期があった。グループで行動することは難しいと思った。でも1人ではこんな経験はできなかったと思います。田崎先生を始め院生の方々、そして班のみんなに感謝したいと思います。もしかしたら人生でたった1回だけになってしまうかもしれない大事な経験ができたのだから。本当にありがとうございました。

小西 あゆ香

私はせっかちですぐに結果を出したがる人間だから、今回の研究で1つの事にじっくり腰をすえて考え結果を出せた事をすごくうれしく思う。学会の発表も貴重な経験ができたし、次への課題が明確に見えたから思い切ってやって良かった。研究自体は本当に大変だったけれど、がんばった事は全部自分の中に吸収されたと自信をもっていえる。

守屋 則孝

しんどくて楽しかったです。班のメンバーやTAの方々を始め、いろいろな人にお世話になりました。たぶんものすごく迷惑かけたと思います。ありがとうございました。

千保 翼

今回の研究は初めての研究だったので大変と思う事が多かった気がします。特に自分の班は3人しかいなかったもので、どうなるかと思ったけど、発表することが出来て良かったです。

稲垣 有香

思うような結果は出なかったけど、自分一人では絶対できなくて、班員の2人やたくさんの人達のおかげでできた事だったし、何よりとても楽しかったので大満足です。

山田 展弘

自分で好き勝手に実験課題を決め、自分と気が合うメンバーと一緒に研究をやらせてもらい本当にいい経験をさせてもらったと思うよ、ザ☆ベストよ永遠に

渡邊 大祐

最初は先の見えない実験にいささか不安を覚えたが途中から結果ももちろん大事だが過程も大切だと思った。みんなで実験をいい方向にする事を考えることが楽しかった!!またこのメンバーでやりたい!!

郁芳 随徹

夜中に大学に残って、実験やアブスト作りとかでなかなか充実していた。まだまだ結果が出てないので、これからも取り組んで生きたいと考えています。夢をあきらめないのがザ☆ベスト!

工東 健司

今回のグループ研究を終えてグループ研究の大変さを痛感した。同じグループの人々に迷惑をかけてばかりではグループ研究とはいえないので、用事があつて休むのは仕方ないものの何らかの形でグループに貢献することが大事だと痛感した。

福本 寛人

今回の研究では夜遅くまで何度も実験を繰り返し何度も失敗した。しかしその分たくさんの事を得られたと思う。実験は時間の関係で途中までしか出来なかったもので出来ればこれからも続けていきたい。

田崎研究室 修士1年 岩井隆昌

TA をさせていただいたおかげで私も勉強でき、ありがとうございました。私たちが的確なアドバイスができていれば、もっとスムーズに二年生は研究できたはず、と思うと反省するばかりです。でも、ゼロから自分たちだけで研究してきたあなた方は立派だと思います。

田崎研究室 修士1年 中山 俊

昨年11月からT.A.をさせて頂いてはや約3ヶ月。皆の研究の成果がこうして1つの形となりました。共に授業を受け、豊かな発想とチャレンジ精神を見せつけられて、むしろ自分が教えられたような気がします。それは研究に自分なりのおもしろさを見つけること。それぞれに輝くものを大切にこれからも取り組んでいって下さい。お疲れ様でした。



理学部 地球学科 2年生一同 2006.1月

環境よもやま話 PART7
— ゆったり湯学と角間の自然 —

発行日 2006年3月30日

編集 田崎和江

920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学

TEL&FAX ; 076-264-6512

E-mail ; kazueta@kenroku.kanazawa-u.ac.jp



Environmental Earth Sciences

— from Kanazawa University — PART7
Study of Hot Springs

Corresponding to Kazue Tazaki
address; Kanazawa University, Kakuma,
Kanazawa 920-1192 Japan
Tel&Fax; +81-76(264)6512
E-mail; kazuet@kenroku.kanazawa-u.ac.jp