

平成 21 年度

(2010 年 3 月)

卒業論文

題目 北海道の食土の特性と植物毒吸着能について

畜産科学科 生態系環境科学ユニット 環境土壌学研究室

氏名 堤さやか

目次

- 第1章 緒論
- 第2章 調査地点と供試土壌
 - 2-1 調査地点
 - 2-2 十勝の土壌
 - 2-2-1 幕別町軍岡の土壌
 - 2-2-2 浦幌町朝日の土壌
 - 2-3 日高の土壌
 - 2-3-1 新ひだか町布辻川の土壌
 - 2-3-2 新ひだか町春別川の土壌
 - 2-3-3 新ひだか町トイベツ川の土壌
 - 2-4 オホーツク海側の土壌
 - 2-4-1 佐呂間町幌岩の土壌
 - 2-4-2 斜里町遠音別川西側台地遺跡の土壌
 - 2-4-3 恵庭ローム層の砂壤質土壌
- 第3章 分析方法
 - 3-1 土壌の一般理化学性
 - 3-1-1 pH
 - 3-1-2 EC
 - 3-1-3 リン酸吸収係数
 - 3-1-4 交換性陽イオンと CEC
 - 3-1-5 微量元素
 - 3-1-6 粒径組成
 - 3-1-7 X線回折分析
 - 3-2 顕微鏡観察

- 3-3 供試土壌と植物毒の吸着実験
 - 3-3-1 植物毒の選定
 - 3-3-2 粗ソラニン画分の抽出
 - 3-3-3 ソラニンの濃度
 - 3-3-4 キニーネの濃度
 - 3-3-5 供試土壌と植物毒の吸着実験
- 第4章 土壌試料の結果
 - 4-1 土壌の一般理化学性
 - 4-1-1 pH
 - 4-1-2 EC
 - 4-1-3 リン酸吸収係数
 - 4-1-4 交換性陽イオンと CEC
 - 4-1-5 微量元素
 - 4-1-6 粒径組成
 - 4-1-7 X線回折分析
 - 4-2 顕微鏡観察
 - 4-3 供試土壌と植物毒の吸着実験
 - 4-3-1 粗ソラニンの吸着実験
 - 4-3-2 キニーネの吸着実験
- 第5章 考察
 - 5-1 土壌の一般理化学性
 - 5-1-1 pH
 - 5-1-2 EC
 - 5-1-3 リン酸吸収係数
 - 5-1-4 交換性陽イオンと CEC

5-1-5	微量元素
5-1-6	粒径組成
5-1-7	X線回折分析
5-2	顕微鏡観察
5-3	供試土壌と植物毒の吸着実験
5-3-1	ソラニンの吸着実験
5-3-2	キニーネの吸着実験
5-4	各土壌の特徴
5-4-1	幕別町軍岡の土壌
5-4-2	浦幌町朝日の土壌
5-4-3	新ひだか町布辻川の土壌
5-4-4	新ひだか町春別川の土壌
5-4-6	新ひだか町トイベツ川の土壌
5-4-7	佐呂間町幌岩の土壌
5-4-8	斜里町遠音別川西側台地遺跡の土壌
5-5	食土の特徴、地質、および食土地名との関連について
第6章	要約
	謝辞
	引用文献
	付表

第1章 緒論(目的・食土の伝承の残る場所・食土の特徴)

土食について

土食とは、「土壌を食べる習慣」と定義され、哺乳類、爬虫類、蝶を含む様々な種で見られ、人間もその例外ではない(Yanai et al, 2009)。また世界各地でその習慣は見られる。土食について様々な研究がされているが、その目的は明らかにはなっていない。現在考えられているのは、①Fe、Zn、Cu、Mn、Ca、Mgのような必要なミネラルを補うため、②胃の不調やむかつきを抑えるため、③アルカロイド、タンニン、その他の植物含有物の解毒のため、④空腹感をしのぐため、または食習慣・食文化の一環として、⑤子孫の将来の繁栄を願うため(Yanai et al, 2009)などがある。土食の目的は、1:1型粘土鉱物に富んでいる土壌ではミネラル補給、2:1型粘土鉱物に富んでいる土壌は植物毒吸着といった具合に含まれる粘土鉱物の種類によって大きく2つに分けられる。

土壌を食べる生物のうち最もよく知られている動物は、南米に生息するオウムやインコである。ペルーにあるマヌー国立公園では土なめ場(clay lick)と呼ばれる粘土が露出した崖があり、ある観察例では500羽以上のオウムやインコが粘土を食べにやってきたという報告がある。クレイリックの土壌には、雲母、カオリナイト、スメクタイトなどの粘土鉱物が豊富に含まれ、CECが高いことやNaに富むことが明らかになった。またキニーネの吸着実験では、純粋な雲母やカオリナイトよりもクレイリックの土壌のほうがより多くのキニーネを吸着した。粘土鉱物に富み、高いCECをもつ土壌と植物毒を吸着する能力には相関があった(Brightsmith, 2008)。Gilardi et al. (1999)は実際に生物を用いた実験を行った。オウムが食べる毒性のある種子に含まれるアルカロイドのキニジンおよびジギトニンの毒性をブラインシュリンプを用いて生物検定したところ、胃の状態を再現した環境下において、水だけの環境下よりも水と粘土を

混ぜた環境のほうがこれらの化合物の毒性が3倍減少した。土壌はキニジンの毒性を2倍減少させたが、サポニン的一种であるジギトニンにおける効果は分からなかった。与えられたキニジンは pH2 のとき正荷電をもっているが、ジギトニンは荷電を持たないことから、吸着反応は陽イオン交換反応によって行われているようである。

Dominy et al., (2003)は実際に人間の胃腸を再現した TNO intestinal モデルを用いて、カオリンとキニーネ、ケブラコタンニン、およびタンニン酸の吸着反応を実験している。カオリンはそれらの植物毒の生物学的可給性を 21.5~29.5%まで減少させた。

タンザニアでは主に妊娠した女性が pemba と呼ばれる土壌のスティックを食べている。pemba はタンザニアの市場で売られており、白灰色(Pw)と赤褐色(Pr)に大別される。どちらの pemba も土性は粘土画分に富み、カオリナイトが主要な粘土鉱物であった。また Pr は酸化鉄、特にヘマタイトに富んでいた。CEC は 8.0~13.8 で、タンザニアの高原の土壌の平均値と大差なかった。微量元素に関しては、Pw は Ca、Zn、Ni に富み、Pr は Fe、Mg、Mn および Co に富んでいることから、1日につき 50g の pemba を食べると、Mn 必要量の 99%、Fe 必要量の 13%を補えることがわかった。このことからタンザニアの妊娠した女性は微量元素の摂取のために pemba を食べていることが推察された (Yanai et al., 2009)。

日本でも京都府嵐山でニホンザルの土食についての研究例がある。嵐山のニホンザルは、年間を通してカオリナイトを含む土壌を食べることによって、胃腸の不調を緩和させているようだ。野生植物よりも人間が与える高エネルギーで低繊維質な食べ物を食べるため、胃腸が酸性化しやすいという (Wakibara et al, 2001)。また赤石山地の聖岳・上河内岳間のベト沢には鹿が土壌をなめに來るというベト場(土なめ場)が存在する。青灰色をした粘土質の土壌で、蛇紋岩

由来であった。特に Fe、Mg、Ca といったミネラルが豊富であったことから、草食動物の栄養に役立っていることが推定された(新井ほか, 1986 辻井 1987)。

かつてアイヌ民族も調理の際に食土を使用していたという記録や伝承が残っている。最も一般的な利用方法は、ハナウド(アイヌ語: スツルキナ、*Heraclwum mollendorffii*)やクロユリ(アイヌ語: ハツ、*Fritillaria camtschatcensis*)の鱗茎を使った料理で、海獣などの油とともに食土を加え煮物にしたり、母乳の代用乳にもしたりしたようである(谷川 1997)。クロユリの鱗茎にはステロイドアルカロイドが含まれることから(黒田ほか, 2007)、未処理の場合、苦味を伴うことが予想される。実際にアイヌ民族の生活や文化などを記録した「知里真志保フィールドノート」では、トイウシチカリペ(土・付きの・和え物=珪藻土の和え物)と呼ばれる料理について詳細に記録されている。クロユリを食する際は、日光に当たらないように草で覆いながら干すが、干し方が下手であれば苦味がきつくなるという。そこでかべ土(珪藻土)とともにクロユリを煮ると、その苦味はとれるとのことである。

食味の改善を目的に食土を利用している場合もある。アイヌ民族の食生活を解説した「聞き書 アイヌの食事」には、食土が甘みを加える調味料として利用されていたとの記述がある。また微粉状であるため、小麦粉や片栗粉の代用品にもなっていたようである。これらのことから、食土はアイヌ民族の食生活にとって重要であったと推察される。

食土の伝承の残る場所

北海道の地名はアイヌ語由来のものが多い。中でも食土に関連する地名は北海道各地に存在する。その例として、チエトイ(我ら・食べる・土)、チエトイピラ(我ら・食べる・土・崖)、チエトイウシ(我ら・食べる・土・(ある)ところ)

などが挙げられる。また直接食土を意味する場合でなくとも、レタットイピラ(白い・土・崖)など食土を連想させる地名も存在する。以下の表は北海道内の食土関連地名を表したものである(伊藤 2006, 伊藤 2007, 知里 1973, 永田 1984, 山田 1984)。さらに金田一(2004)によれば、青森県八戸市の豊間内(とよまない)、岩手県宮古の豊間根()など東北地方にも食土に関連した地名が残っている。

食土の特徴

食土の記述は江戸時代後期に北海道を調査した探検家たちによって著されたアイヌ民族の生活の記録にもしばしば登場する。最上徳内の蝦夷草紙には、「色白く 和らかにして 餅の如し、先づ水に溶解攪拌して 砂を去り煮るに 生麩 のりの如し 味平淡、毒なし、夷 殊に賞美す」とされ、食土が白色であることや吸湿性に富むことが示唆される。また松浦武四郎の知床日誌には、「土人 草根を食する時 この土を少し入るるや 草根の毒にあたらざるよし」と述べられている。帯広市教育委員会が出版した吉田巖資料集 - 17 では「東夷物産誌に 松前方言シヤクの茎根を細判して鯡(かずのこ)を入れ これを食ふにその苦味を去るに、青白色なる土の汁を入るる由」など食土が植物毒を吸着する性質をもつことをうかがわせる記述もある。

北海道の珪藻土

アイヌ語地名や食生活を解説した著書の多くは、食土を珪藻土として解釈している。珪藻土とは単細胞藻類である珪藻類の遺骸(非晶質シリカー SiO_2 -)が集積してできた多孔質・軽量の岩石のことで、淡水成と海成のものがある(北海道立地下資源研究所 1990)。また第四紀層中のものと、新第三紀層中のものがあり、両者の間には品質および量的規模において、大きな差異がみとめられ

る。前者はほとんどが珪藻の遺骸から構成される純度のよいものであるのに対し、後者は資源的に量が期待されているにも関わらず、粘土分が多いとされる。第四紀層中の珪藻土の X 線回折分析は、約 4 Å に幅広いピークをもつ含水非晶質シリカを主体としている。新第三紀層中の珪藻土の非晶質シリカは α - クリストバル石化しており、モンモリロン石や、イライトなどの粘土鉱物、石英、長石などの不純物を含む。色は灰白色や黄灰色である。珪藻土は濾過助剤など吸着除去の用途でさまざまな工業利用がされている。北海道における珪藻土の分布は、西南部では瀬棚、熊泊、恵山など、北部地域では遠別、樺岡など、東部地域では能取、呼人、生田原などである(藤原 1976 北海道立地下資源研究所 1983)。これらの分布範囲は食土地名の残る地点と重複しており、珪藻化石を多量に含む地層と食土地名には関連があると推察される。

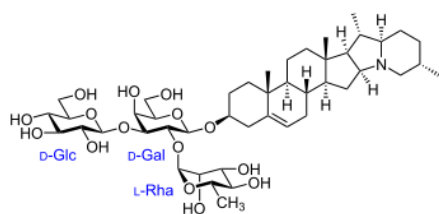
植物毒について

全ての生物はエネルギーを獲得するために生体内で糖質、タンパク質などの代謝を行っている。それらの化合物群は「一次代謝物」と呼ばれ、生物にとって必要不可欠のものである。一方で、ほとんどの生物は一次代謝産物以外に種独特の化合物を産生する。それらの化合物は「二次代謝産物」と呼ばれ、その例としてテルペロイド、ステロイド、アルカロイドなどがある。植物もその例外ではなく、さまざまな二次代謝産物を産生する。例えばアミノ酸は生体にとって重要な第一次代謝物質である。このアミノ酸を前駆体として生合成される植物成分には、アルカロイドと総称される化合物群があり、塩基性を示し激しい生理作用を発現するものが数多く知られている。

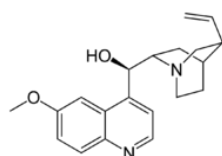
キニーネはアカネ科のキナ属植物である *Cinchona ledgeriana* や *C.succirubra* に含まれるアルカロイドの一種である。マラリアの特効薬や解熱剤として用いられ、弱塩基性を示す。またソラニン¹⁾はステロイドアルカロイド

の一種である。ステロイドアルカロイドはナス科、ユリ科、ツゲ科植物等に特有なアルカロイドで、コレステロールの誘導体である。ソラニジンはナス科のジャガイモ(*Solanum tuberosum*)に配糖体ソラニンとして含まれる。ジャガイモの新芽や緑色の皮の部分に含まれ、苦味を有し食中毒の原因化合物である。

芳香族化合物であるタンニンは、タンパク質や塩基性物質、金属などと強い親和性を示し難溶性沈殿を形成する植物起源のポリフェノールの総称である。タンニンの分布は藻類から種子植物まできわめて広い。(秋久ほか 2002)



ソラニン



(-) - キニーネ

本論文の目的

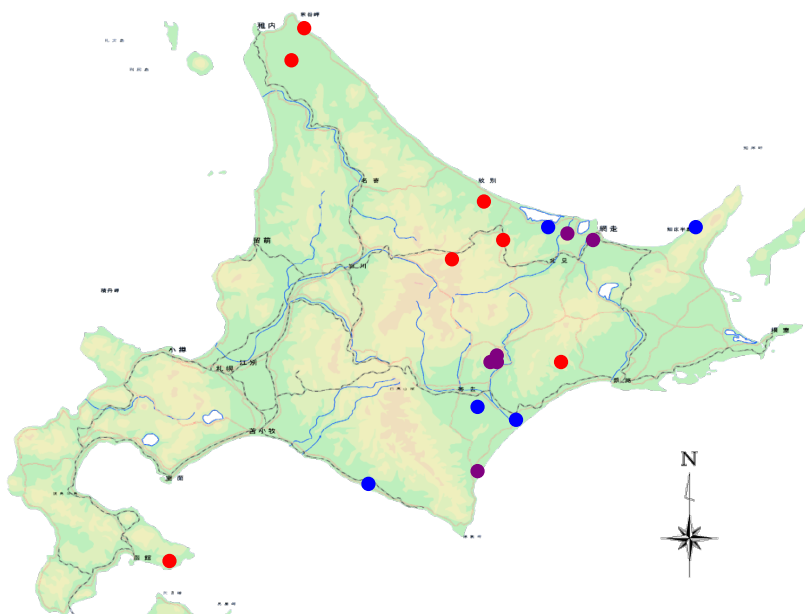
日本での食土の研究はほとんどなされていない現状から、本研究では食土地名が残る地点で採集した土壌を用いて、その基本的物理・化学性を明らかにすること、2008年調査からさらに食土の採集地点を増やし、地形・地質との関係を明らかにすることを目的とした。また過去の記録・伝承から食土の利用目的の一つに植物毒の吸着が推察されることから、食土との関連が示唆される地点で採集した土壌と植物毒を用いて、吸着実験を行った。

第2章 調査地点と供試土壌

2-1 調査地点

2008年度北野らは利別川流域の本別、足寄、陸別、常呂川流域の伊藤沢などで試料を採集したが、本年度の卒業論文においては、十勝の幕別町と浦幌町、網走管内佐呂間町、日高管内新ひだか町で食土との関連が推察される土壌を採集した。なお、斜里町ウトロにあるとされる「チエトイユシ(我ら・食べる・土・(ある)ところ)」についても調査を行ったが、食土の特徴と類似した土壌は発見できなかった。

以下の図は調査地点を示したものである。



2-2 十勝の土壤

2-2-1 幕別町軍岡の土壤

軍岡試料は、幕別町軍岡地区の猿別川とオンネベツ川との合流地点近くに露出していた崖より土壤採集を行った。この崖の表層の土壤は白く、頁岩上に固化していたことが特徴であった。崖の上部ではいくつもの土層が見られ、堆積した様子が伺えた。

調査地について現在の地形と明治 29 年製版の地図に描かれている地形と比較すると、現在の猿別川は河川改修工事のため明治 29 年当時の形と異なってしまうている。おそらく、オンネベツ川がかつての猿別川の河道の一部であったと考えられる。

なお、この土壤の存在は郷土史を研究されている早田国光氏より情報をいただいた。明治 29 年の地図には、この崖の付近にチエトイピラという地名が記載されていることから「我ら・食べる・土・崖」と解釈される地形が存在していたようである。

2-2-2 浦幌町朝日の土壤

この試料も軍岡同様、早田氏より教えていただいた情報を元に採集した。すなわち、松浦武四郎が作成した地形図には浦幌川河口に近い小さな沢にチエトイウシという地名が記載されている。朝日地区にはかつてアイヌ民族が戦争の際に利用していたチャシと呼ばれる砦があり、アイヌ民族の生活が身近に感じられる地域である。アイヌ語地名では「チエトイウシ」とされる場所はこの近くであり、私たちが調査したところ、旧浦幌川に注ぐ小さな沢があり、その水の流れによって削られた崖から食土らしき土壤を採集した。

2-3 日高の土壤

日高では旧三石町と旧静内町の境に位置する新ひだか町東別の3つの川について調査を行った。東別の地名の由来が「トイペツ(食用粘土・川)」とされていることから、この地域全体を指すものと考え、土壤を採集することとした。

2-3-1 新ひだか町布辻川の土壤

布辻川は「プシッ(突き破って出る川)」というアイヌ語地名に由来する。そのため直接食土との関連を示唆する地名ではなかった。しかし、東別地区では土管などを製造する際にこの地域で産出する青粘土と呼ばれる粘土を使用したとされる(新ひだか町郷土館学芸員からのお話)。このことから食土と類似した特徴を持つ土壤であると考え、土壤採集を行った。

また布辻川と春別川との合流地点に白色の土壤が露出し、表層には酸化鉄の斑紋が見られた。河川改修工事中であったことから、工事関係者の方に食土の特徴と類似した土壤の情報をいただき、採集に至った。

2-3-2 新ひだか町春別川の土壤

春別川はその由来を「シユムベツ(西・川)」とし、布辻川同様、直接食土を意味する地名ではなかった。

布辻川合流地点に近い露出した表層より土壤採集を行った。水中に浸っている部分を掘り返すと、還元鉄の色である青灰色に濁った。また粘質であったことから、グライ層とも考えられる。この土壤も青粘土の特徴に類似し、食土との関連を考え採集した。

2-3-3 新ひだか町トイベツ川の土壌

布辻川の支流であるトイベツ川は、「(食用粘)土・川」と解釈されている。

トイベツ川は河川改修工事のため川の両岸が護岸されており、川に接するところからの土壌採集はできなかった。そこで、パンケトエベツ川との合流地点近くの露頭より土壌採集を行った。

2-4 オホーツク海側の土壌

2-4-1 佐呂間町幌岩の土壌

サロマ湖沿いを走る国道沿いに沢があり、周辺には露頭が存在した。北海道地下資源研究所が発行した「**北海道の非金属資源**」によれば、北見・網走は珪藻土産地として期待されている地域である。このことから食土の特徴と類似する土壌であると考え、土壌採集を行った。

伊藤せいち著アイヌ語地名Ⅲによれば、この地域には「レタットイピラ(白土崖)」と呼ばれる白い土の崖があるという。

2-4-4 斜里町遠音別川西側台地遺跡の土壌

遠音別川西側台地遺跡は、斜里市街からウトロ方向に約 28km 進んだ遠音別川の河口、標高 4～8m の海岸段丘面上に位置する(斜里町文化財調査報告VI 遠音別川西側台地遺跡発掘調査報告書 1993)。遺跡周辺には、珪質頁岩と新第三紀中新世の地層である越川層が分布している。

発掘調査報告書では、遺構や貝塚で現れた淡黄灰色土をチエトイとしている。斜里町立知床博物館より、発掘されたチエトイ試料を提供していただいた。試料名は、A-5、B-4、B-6、B-7、B-15、C-8 とした。今回食土の特徴と類似する土壌を発見できなかったチエトイユシとの距離は約 10km であることから、かつてその土壌が集落で利用されていた可能性がある。

コメントの追加 [KT1]:

2-4-3 恵庭ローム層の砂壤質土壌

吸着実験を行う際の対照として、帯広畜産大学構内学生実験圃場(東側道路から約 50cm)の表層から約 50～60cm の下層土(恵庭ローム層に相当)を使用した。

第3章 分析方法

3-1 土壌の一般理化学性

3-1-1 pH

「土壌標準分析・測定法」p.70～71 のガラス電極法の通り行った。すなわち、土壌 10g に純水 25ml を加え、1 時間振とうした後にガラス電極 pH メーターにより、pH を測定した。

3-1-2 EC

「土壌標準分析・測定法」p.74～76 の 1:5 水浸出法の通り行った。乾土に対する水の比が 1:5 になるように水を添加し 60 分間振とうさせた後、EC メーターを用いて測定した。

3-1-3 リン酸吸収係数

十勝農協連農産化学研究所に分析を依頼した。

3-1-4 交換性陽イオンと CEC

十勝農協連農産化学研究所に分析を依頼した。

3-1-5 微量元素

十勝農協連農産化学研究所に分析を依頼した。

3-1-6 粒径組成

「土壤標準分析・測定法」p.14～22の1:5水浸出法を参照に以下のような方法で行った。なお分析には有機物分解終了後、凍結乾燥させた土壤試料を用いた。有機物分解後の土壤を10g量り、水250mlを加える。懸濁液を超音波処理した後、212 μ mの網ふるいを用いて、粗砂画分を分けた。粗砂各分は秤量皿に移し、105℃に設定した乾燥機に24時間放置した。細砂以下の画分は500ml沈底びんにもれなく入れ、水を入れて500mlとする。沈底びんを1分間振り、懸濁した後、静置した。静置時間は液温に応じて調整した。静置後、5cmの深さから懸濁液を吸引採取し、秤量皿にとった。同様の手順で蒸留水を吸引し、ピペット内を2回洗浄して秤量皿に加え、105℃で乾燥後にシルトと粘土の含量を量った。沈底びんを再び1分間振り、液温に応じて静置し、同様の操作で粘土の含量を測定した。前者と後者の差からシルト含量を求めた。沈底びんに残った懸濁液は、再度1分間振り、液温に応じてシルトと粘土の懸濁液採取時間分静置し、5cmの深さまでの上澄みを吸引除去した。再び水を加えて500lとし、吸引除去を繰り返し、上澄み液が濁らなくなるまで行った。こうして得たものを細砂とし、秤量皿に集めて乾燥し、重さを量った。

コメントの追加 [KT2]: ピペット法か

3-1-7 X線回折分析

Standard method for mineral analysis of soil survey samples for characterization and classification in NZ soil bureau」p.8～15を参照に以下のような方法で行った。すなわち、粘土懸濁液約10mlずつを遠心分離(10分間)し、上澄み液を捨てた。得られた沈殿に4mlの0.3Mクエン酸ナトリウム、0.5mlの1M重炭酸ナトリウム液および0.1gのヒドロサルファイトナトリウムを加え、ときどき攪拌しながら80℃で15分間水浴した。その後、一方に8mlの0.5M塩化マグネシウムを、他方には8mlの1M塩化カリウムを加えた。よく攪拌混

合した後、5分間遠心分離し上澄み液を捨てた。この操作を3回程度繰り返した後、3mlの水で1回、5mlの80%エタノールで2回洗浄した。洗浄は必要に応じて数回繰り返した。洗浄終了後、ろ紙上に遠心分離管を倒立して洗液を除いた。そこに少量の水を加え、よく攪拌した懸濁液より10~20mg相当量のスライドガラスにひろげ、風乾して定方位試料とする。Mg粘土、K粘土ともに、2枚ずつの定方位試料を作成する。Mg粘土、K粘土ともに一方はそのままX線回折を行う。Mg粘土の定方位試料の一方には、メタノールを少量含む10%グリセロール液を加え、半湿状態でX線回折を行う。K粘土の定方位試料は550℃で1時間加熱後、X線回折を行う。X線回折の線源には、CuK α を用いた。

3-2 顕微鏡観察

採集した土壌は過酸化水素水を用いて有機物分解を行った。その後、蒸留水を用いて遠心分離(3000rpm、10~20分間)し、洗浄した。集められた土壌は凍結乾燥処理した。得られた土壌を蒸留水に懸濁させ、駒込ピペットを用いて一定量を採取した後、顕微鏡を用いて観察を行った。

3-3 供試土壌と植物毒の吸着反応について

3-3-1 植物毒の選定

吸着実験を行うに当たり、植物の二次代謝物であるソラニンとキニーネを用いることとした。それらの植物毒はアイヌ民族の食用植物であるクロユリの鱗茎に含まれるステロイドアルカロイドと類似の構造を持つこと、南米の先住民がジャガイモの原種を土壌とともに食べることから、その土壌にはソラニンを吸着する機能があると推察されている(Johns, 1986)こと、食土の機能を検討した研究ではキニーネが一般的に用いられている(Gilardi, 1999)ことを選定の理由とした。

3-3-2 粗ソラニン画分の抽出

ジャガイモからソラニンを抽出する方法は、これまでにさまざまな論文が発表されている。例えば、Machado et al, 2007 はジャガイモの塊茎を用いて、また Bushway et al, 1980 ではジャガイモの花を用いてグリコアルカロイドの抽出を試みている。それらの方法を参考にしながら、2009年に帯広畜産大学精密圃場で栽培した男爵の芽を用いて以下の通りに行った。採取した男爵の芽を凍結乾燥機で凍結乾燥し、粉砕機で粉末にした。得られた男爵の芽粉末 84.49g に、ソラニン抽出液(重亜硫酸ナトリウム 0.5%、酢酸 2%、蒸留水)800ml を加え振とう機で 30 分間振とうした。その後遠心分離機で 3000rpm の速さで遠心分離した。上澄み液をろ紙(ADVANTEC 185mm)を用いてろ過した。沈殿物は再度ソラニン抽出液を加え、同様の手順で上澄み液を得た後にろ過した。さらにそれらのろ液をグラスファイバーろ紙(ADVANTEC GB-40)を用いて、真空ろ過した。得られたろ液をアンモニア水()で pH10.0~11.0 に調整し、液温 70 度のインキュベーターに入れて 30 分間放置した。その後液温を室温程度に戻し、粗ソラニンの沈殿を得るため冷蔵した。上澄みを捨て、沈殿物を遠心分

離した(9000rpm、10分間、15℃)。沈殿物を0.2NHClと水を加えて溶解させ、洗淨を行った。アンモニア水でpH10.0～11.0に調整し、同様の手順を繰り返した。沈殿物を凍結乾燥し、粉末状にした。得られた粗ソラニン粉末は3.6664gであった。

3-3-3 ソラニンの濃度

男爵の芽から得られたソラニンの濃度を以下のような方法で決定した。粗ソラニン粉末10mgと7%に調整したリン酸5mlを混合したものから0.3mlを採取し、発色液(0.3mg/mlパラホルムアルデヒド、リン酸)3mlを加えた。分光光度計600nmを用いて、30分後の吸光度を測定した。得られた吸光度から以下のような計算式を用いて計算した。濃度を決定するに当たり、BERGER, 1980の検量線を参照にした。すなわち、粗ソラニン収量3.6664g、得られた吸光度値0.807、文献値である $10\mu\text{g/ml}=0.057E$ を用いて、抽出した粗ソラニン粉末中のソラニン含量を求めた。結果、男爵の芽84.49gから得られたソラニン収量は、260.6mgであった。

3-3-4 キニーネの濃度

吸着実験で使用されるキニーネの濃度の定量化を以下のように行った。

純粋なキニーネ(和光純薬)50.0mgを正確に量り、50mlの0.1NHClと混合した。できたキニーネ溶液から5、4、3、2、1ml採取し、それぞれ100mlメスフラスコを用いて50、40、30、20、10ppmに希釈した。得られたキニーネ溶液からそれぞれホールピペットを用いて25ml採取後0.1NHClで2倍希釈し、25、20、15、10、5ppmとした。それらを分光光度計347.0nmを用いて吸光度を測定し、検量線を作成した。

3-3-5 供試土壌と植物毒の吸着実験

供試土壌は、珪藻土(和光純薬)、カオリン(和光純薬)、モンモリロナイト(研究室所蔵)、チエトイ中層、オフイピラ砂質、朝日、伊藤沢水面、春別川、上本別、トイベツ川を用いた。なお、これらの土壌は過酸化水素水を用いて有機物分解後、凍結乾燥を行った。植物毒は、男爵の芽由来の粗ソラニン粉末とキニーネ(和光純薬)を用いた。吸着実験は GILARDI et al, 1999 を参照に以下の方法で行った。

胃液を再現した溶液(0.1N NaCl、pH2.0 HCl) 100ml に 100mg の土壌を懸濁させ、攪拌させながら 2.5ml を採取し、それぞれ 5 本の 15ml 遠心分離管に移した。さらに 2.5ml、2.0ml、1.5ml、1.0ml、0.5ml の植物毒溶液と 0ml、0.5ml、1.0ml、1.5ml、2.0ml の 0.1N HCl を加え、攪拌した。それらを容器に入れ、液温 38.0℃ に設定したインキュベーターに入れ、120/分(50 k Hz)の速さで 1 時間振とうした。その後遠心分離機(CENTRIFUGE 05P-02 HITACHI)を用いて 3000rpm の速さで 10 分間遠心分離した。得られた上澄み液を 1ml 真空採血管(テルモシリンジ テルモ)で 1ml 採取し、ろ紙(ADVANTEC Cellulose Acetate 0.45 μ m 東京理化機械株式会社)でろ過した。ろ液を 300 μ ml 採取し、発色液 3ml と混合、攪拌した。その後液温 30℃ に設定したインキュベーターに入れ、20 分間反応させた。ろ液と発色液の混合 30 分後に分光光度計 600nm で吸光度を測定した。

キニーネとの吸着実験は、50、40、30、20、10ppm のキニーネ溶液を用いてソラニンの場合と同様の手順で行った。ただしキニーネは発色液を用いず、ろ過直後に吸光度を測定した。分光光度計の波長は 347.0nm を用いた。

ラングミュアの吸着等温式を用いて、得られた結果から土壌の吸着能力を評価した。

$$V = V_{\max} pk / (1 + pk)$$

ラングミュアの吸着等温式は、V：吸着量、k：植物毒の濃度、p：吸着強度(定数)、 V_{\max} ：最大吸着量で表される。計算方法を以下に示す。

(例) 珪藻土とキノーネの吸着実験

キノーネ添加量(ppm)	吸着平衡後のキノーネ吸光度(k)		添加キノーネによる吸光度予測値	
	1 連	2 連	1 連	2 連
10	0.034	0.03	0.08	0.0794
20	0.07	0.068	0.16	0.1588
30	0.108	0.108	0.24	0.2382
40	0.149	0.144	0.32	0.3176
50	0.185	0.185	0.4	0.397
ブランク(25ppm)	0.4	0.397	-	-

キノーネ添加量(ppm)	吸着による吸光度減少分(v)	
	1 連	2 連
10	0.046	0.0494
20	0.09	0.0908
30	0.132	0.1302
40	0.171	0.1736
50	0.215	0.212

吸着による吸光度減少分(v)

= 添加キノーネによる吸光度予測値 - 吸着平衡後のキノーネ吸光度(k)

実際のキニーネ濃度に換算する場合は、上記の値にそれぞれ検量線での測定値をもとに計算によって求める。これらの実験結果は横軸に吸着平衡後の植物毒濃度、縦軸に吸着後減少分の植物毒濃度をとったグラフを用いて示した。なお、これらを逆数にした関係が直線になれば、ラングミュアの吸着等温式に該当する。

コメントの追加 [KT3]: 一般的な言い方

第4章 結果

4-1 土壤の一般理化学性

化学性の分析結果は統計ソフト JMP8.0 によるグループ平均の比較を用いて 2008 年と 2009 年の調査の結果を検討した。グラフでは、グループ平均をひし形で表す。ひし形の内側にある水平な 2 本の線はオーバーラップマークといい、このマーカの区間が重ならなければ、2 つのグループ平均に有意水準 5% で有意差があるということを示す。地域ごとに供試土壤をまとめ、グラフ中では略号を用いて以下のように表した。

A : オフイビラ

B : チェトイ

C : 上本別

D : ユクエピラ

E : 伊藤沢

F : 呼人

G : 朝日

H : 軍岡

I : 東別

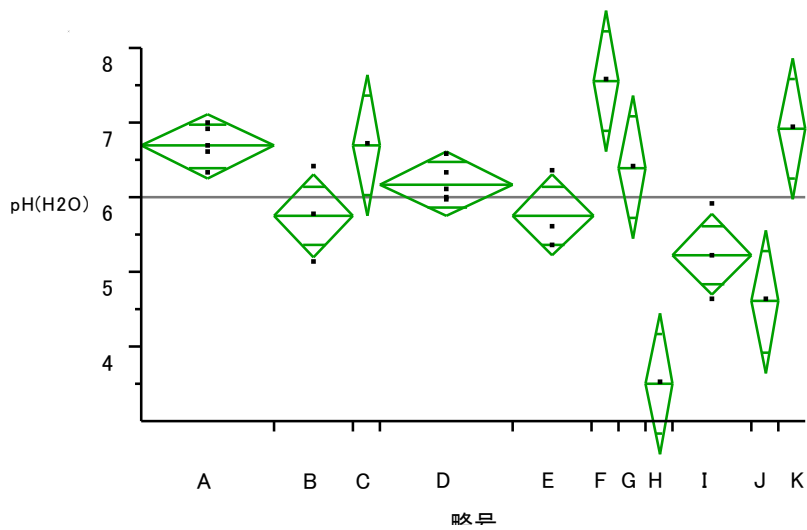
J : 幌岩

K : 恵庭ローム

4-1-1 pH

pH(H₂O)の測定の結果、オフイビラ・上本別・朝日の粘土は pH6.3~6.98、呼人の土壤は pH7.56 で中性に近く、常呂川の支流であるイトウ沢の土壤とチエトイ、東別の土壤は、pH5.3~6.3 で強酸性という結果が出た。特に軍岡の土壤は、全土壤試料中最も pH が低かった。

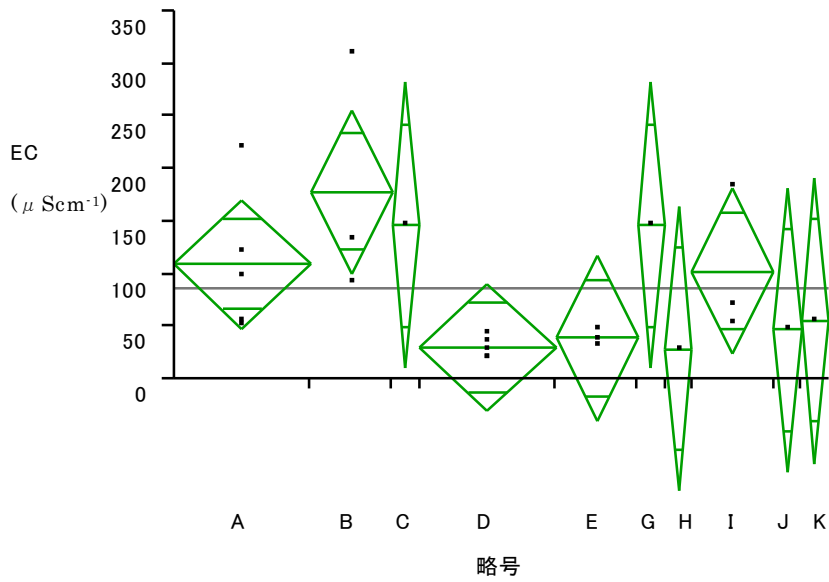
供試土壤の pH(H₂O)



4-1-2 EC

呼人の土壤は $1908 \mu \text{Scm}^{-1}$ と最も高い値を示した。本別の土壤であるオフイピラ、チエトイ、上本別の土壤に加え、布辻川、朝日の土壤の EC は相対的に高かった。一方軍岡の土壤は $28.0 \mu \text{S}$ と低く、pH も全土壤試料中で最も低かった。

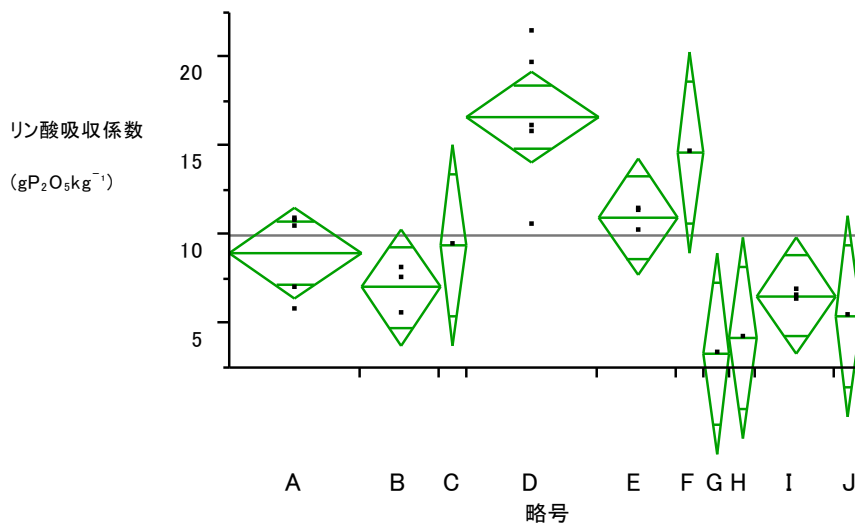
供試土壤の EC (μScm^{-1})



4-1-3 リン酸吸収係数

火山灰土壌の指標である 15gkg^{-1} 以上の値になった土壌は、ユクエピラチャシの土壌のみであった。

供試土壌のリン酸吸収係数($\text{P}_2\text{O}_5\text{gkg}^{-1}$)



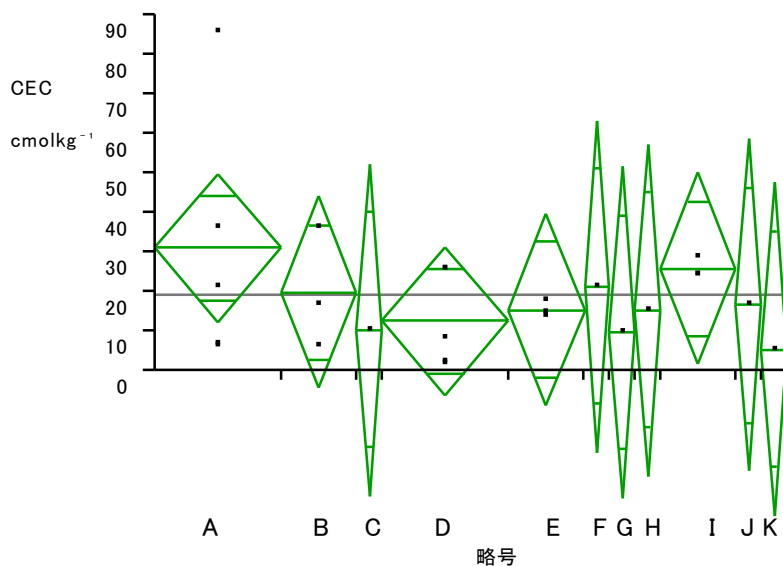
4-1-4 交換性陽イオンと CEC

CEC、塩基飽和度ともに地域間に有意差は見られなかった。オフイビラは CEC、塩基飽和度ともに平均より高い値を示した。塩基飽和度においてチエトイ、上本別、ユクエピラチャシは、他地域と比較して有意差があった。軍岡の土壤は塩基飽和度の値が最も低かった。

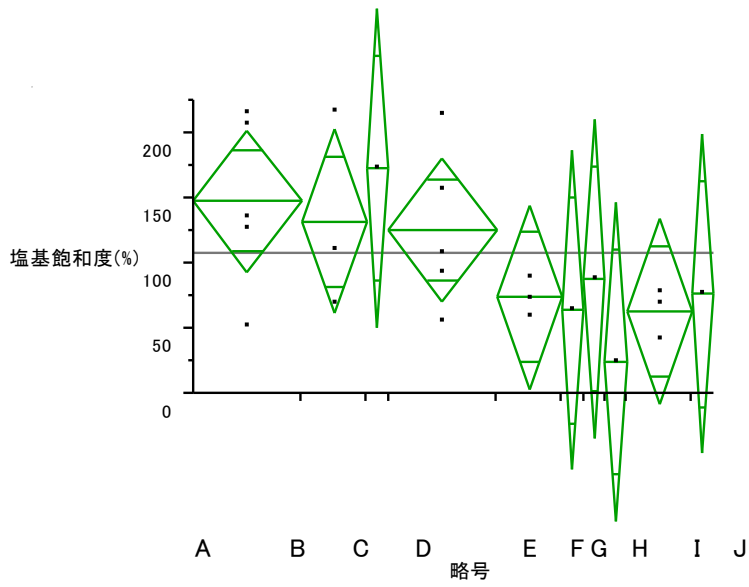
オフイビラは他地域と比較して交換性 Ca が有意に富んでいた。十勝の畑土壤の診断基準値と比較しても富んでいることがわかった。交換性 Mg では、他地域と比較して東別地区の土壤が有意に富んでいた。交換性 K の結果は、オフイビラ、チエトイ、上本別の土壤が軍岡を除く他地域の土壤試料と比較して有意に富んでいた。

これらの結果から、特に利別川周辺に位置するオフイビラ、チエトイ、上本別の土壤でそれらの値が高いことが読み取れた。

供試土壤の CEC(cmolkg⁻¹)

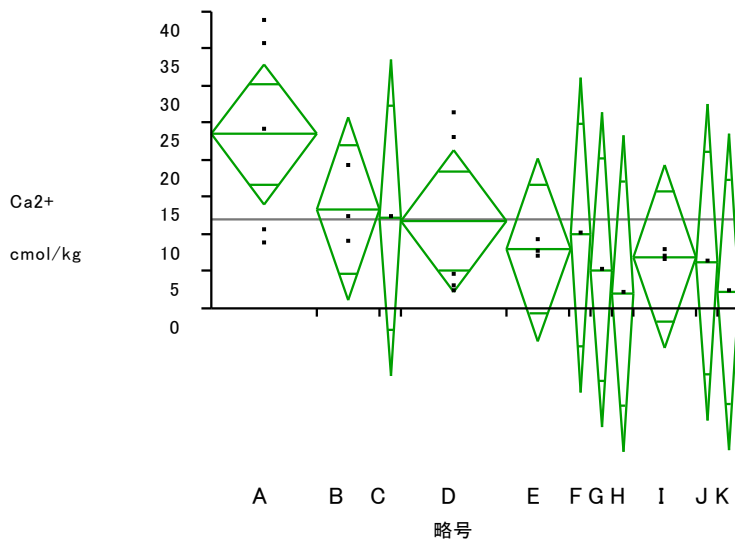


供試土壌の塩基飽和度(%)

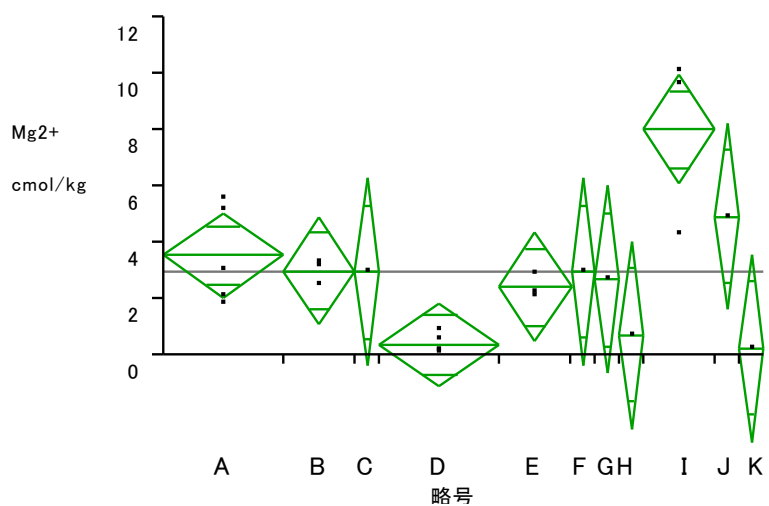


供試土壌の交換性カルシウム

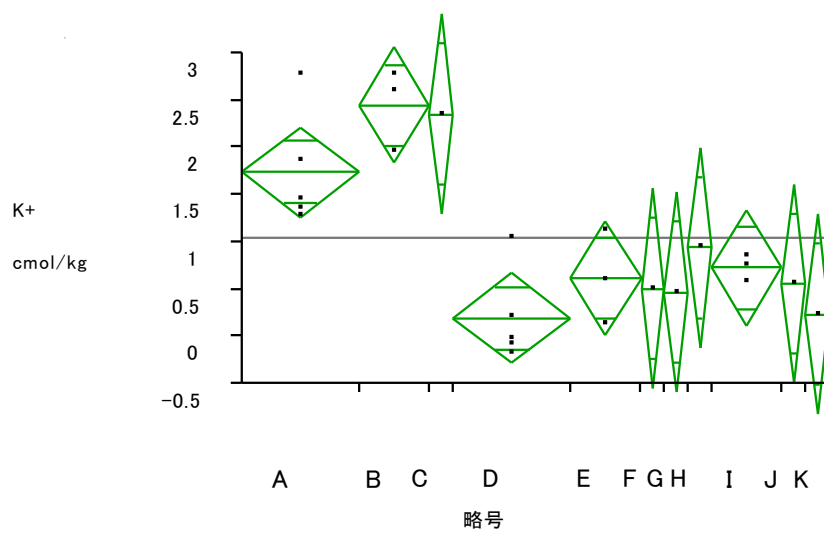
(cmol kg^{-1})



供試土壌の交換性マグネシウム(cmolkg⁻¹)



供試土壌の交換性カリウム(cmolkg⁻¹)



4-1-5 微量元素

十勝の畑土壌の診断基準値と比較して、銅は布辻川と春別川、ホウ素は朝日以外の土壌試料で基準値を超える値となった。またマンガンは朝日と軍岡で基準値を下回った。

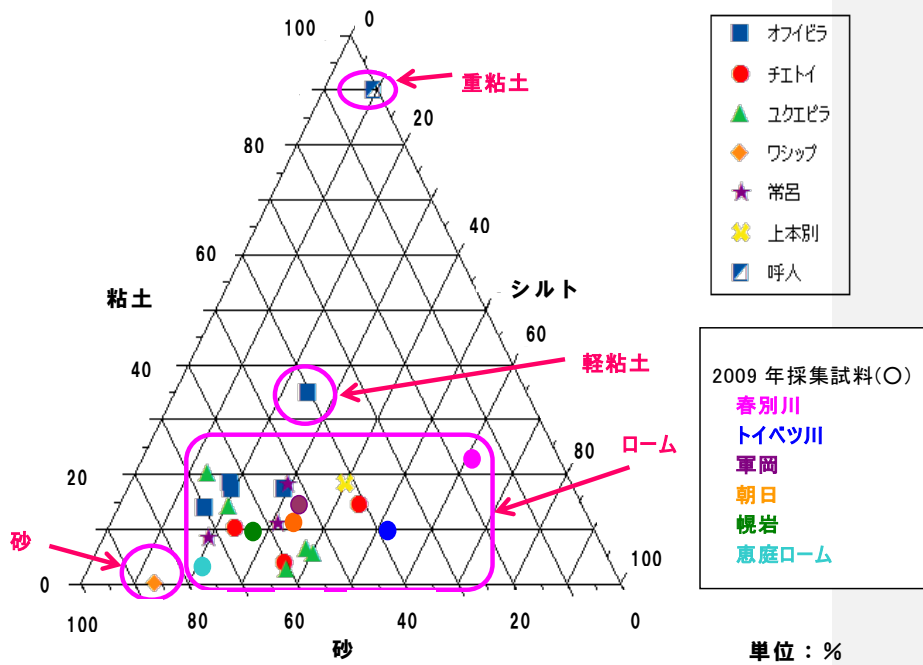
	銅	亜鉛	マンガン	ホウ素
布辻川	11.76	10.96	94.53	1.12
春別川	9.61	8.41	234.25	1.08
トイバツ川	2.01	2.11	73.08	1.99
軍岡	3.89	6.31	27.1	1.69
朝日	1.56	3.1	48.84	0.27
基準値	0.5~8	2~40	50~500	0.5~1

※単位：mgkg⁻¹

4-1-6 粒径組成

2009年に採集した土壌試料の土性は砂質ローム、ローム、シルト質ロームに分布していた。2008年の土壌試料と比較すると、分布範囲は類似していた。

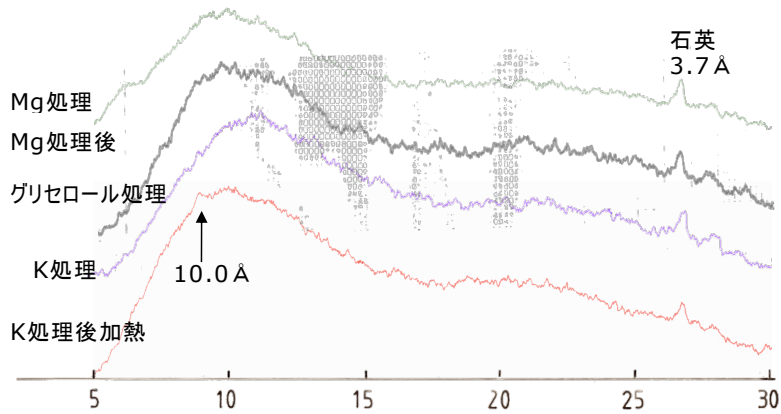
供試土壌の土性



4-1-7 X線回折分析

伊藤沢および春別川試料の粘土画分において、モンモリロナイトが主成分と考えられるピークが見られた。それぞれマグネシウム処理し分析すると 15.2 Å、15.8 Å にピークが生じ、それをグリセロール処理したものを分析すると 18.8 Å、19.2 Å に鋭角なピークが現れた。また春別川試料では、10.0 Å、7.2 Å でもピークが現れた。前者はイライト、後者はカオリナイトのピークであることから、春別川試料は結晶性粘土鉱物に富んでいることがわかった。それらを除く土壌試料はどの処理をして分析しても 9.0~10.0 Å 付近に緩やかなピークが見られ、特に猿別川軍岡の試料は、クリストバライトや珪藻土のピークである 4.04~4.11 Å 付近にわずかなピークが見られた。また斜里町遠音別川西側台地遺跡の土壌も同様であった。

猿別川軍岡試料の X線回折

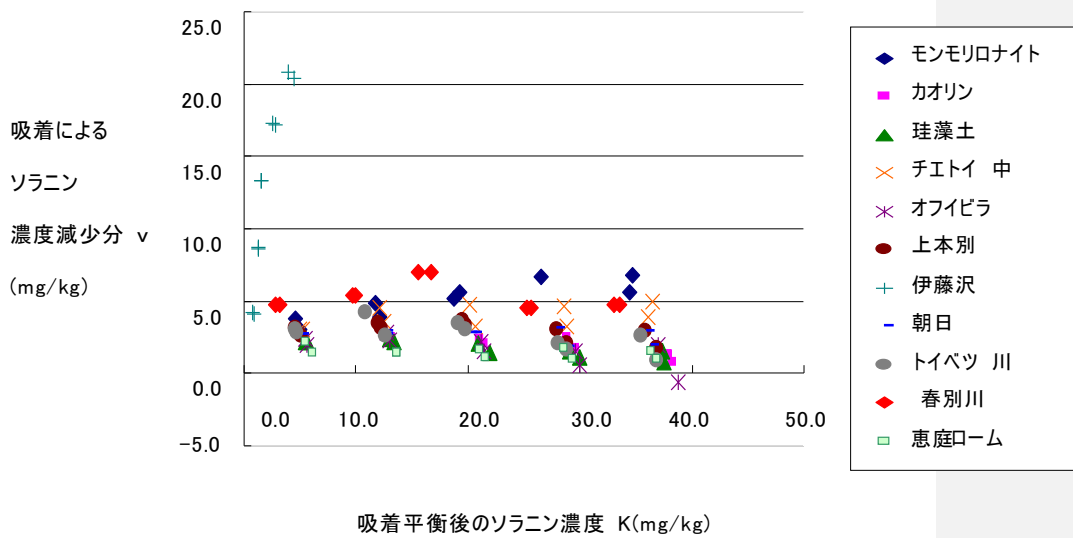


4-3 供試土壌と植物毒の吸着実験

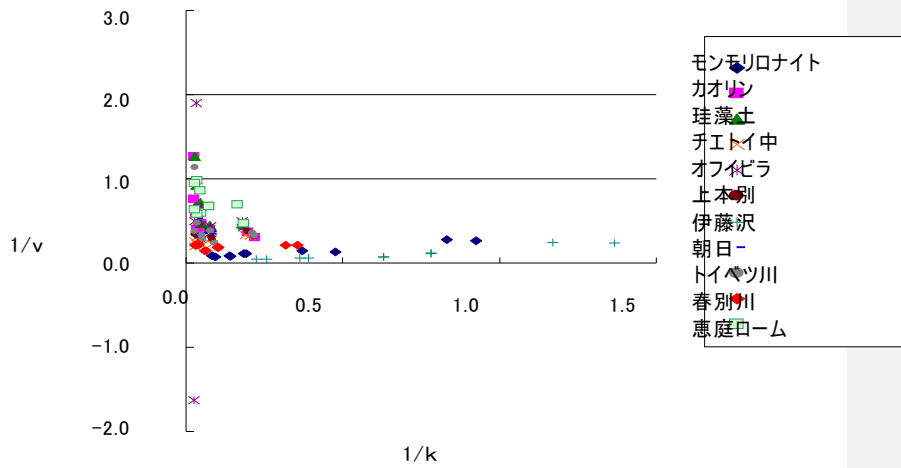
4-3-1 粗ソラニンの吸着実験

どの土壌試料も粗ソラニンの吸着が見られた。特に常呂町伊藤沢の土壌は他の土壌と比較してよく粗ソラニンを吸着した。

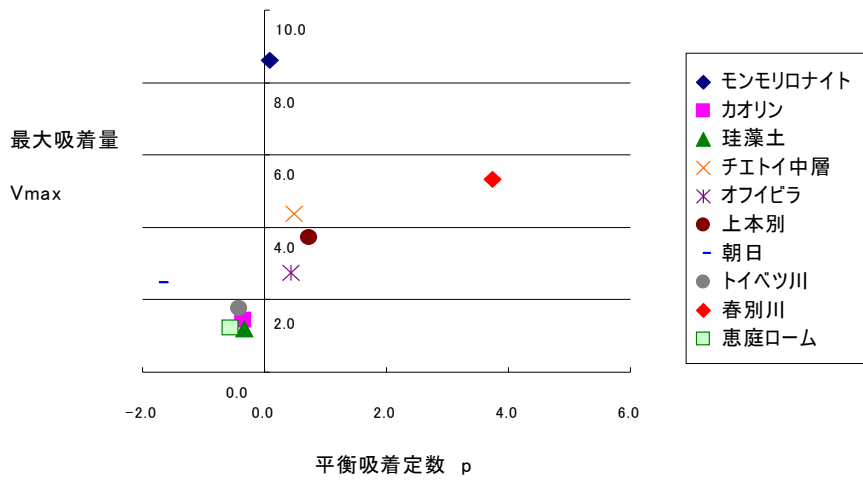
供試土壌とソラニンの吸着実験 ラングミュアの吸着等温式グラフ



供試土壌とソラニンの吸着実験 ラングミュアの吸着等温式 逆数グラフ



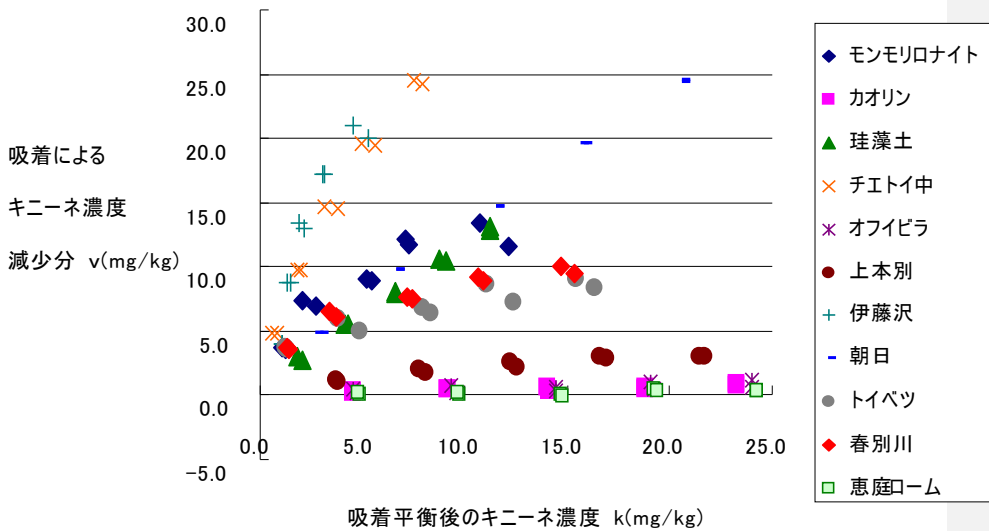
吸着平衡定数と最大吸着量の関係



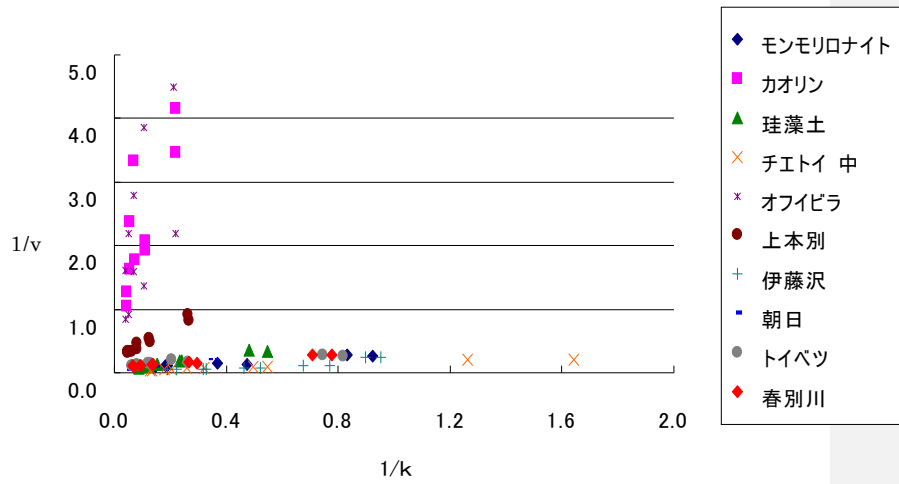
4-3-2 キニーネの吸着実験

キニーネの吸着実験では吸着能力にはっきりとした傾向が見られた。2:1型粘土鉱物であるモンモリロナイトと珪藻土は同程度の吸着能力を示した。1:1型粘土鉱物であるカオリンはキニーネをほとんど吸着しなかった。また本別町オフイビラ、恵庭ローム、上本別の土壤はカオリンと同程度の吸着能力であった。最もよくキニーネを吸着したのは、常呂町伊藤沢および本別町チエトイ中層の土壤であった。

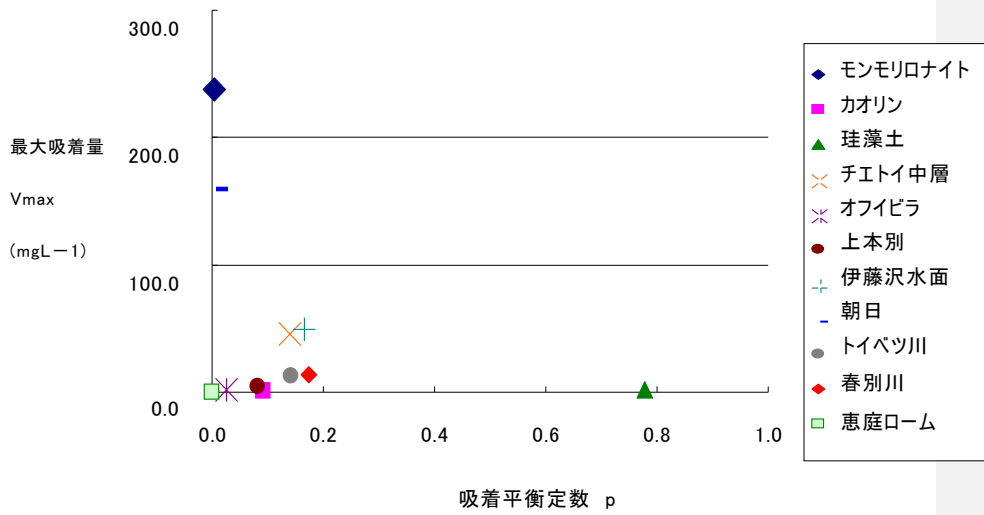
供試土壤とキニーネの吸着実験 ラングミュアの吸着等温式 グラフ



供試土壌とキニーネの吸着実験 ラングミュアの吸着等温式 逆数グラフ



吸着平衡定数と最大吸着量の関係



第5章 考察

5-1 供試土壌の一般理化学性

5-1-1 pH

供試土壌は強酸性から中性であり、湿潤地域の鈹質土で通常認められる pH の範囲内であった(松中 2003)。一方で幕別町軍岡の土壌は最も低かった。これは土壌が頁岩上に固化していたことから、生成年代が古く、生成過程で風化などによる酸性化が進行したためと考えられる。

5-1-2 EC

呼人の土壌が最も EC が高かった。それは試料採集地である網走湖が汽水湖であることが要因であり、ナトリウム含量が高いことから調製時の影響によるものと推察される。幕別町軍岡の土壌は pH と同様、最も値が低かった。これは雨などで交換性陽イオンの溶脱が進行し、可溶性塩類が減少したためと考えられる。

5-1-3 リン酸吸収係数

陸別町ユクエピラチャシの土壌のみ、火山灰土壌の目安である 15.0 P_2O_5 gkg⁻¹を上回ったことから、その他の土壌は火山灰土壌由来の土壌ではないといえる。

5-1-4 交換性陽イオンと CEC

本別町の土壌であるチエトイ、オフイビラ、上本別の土壌は交換性陽イオンに富んでいた。十勝の畑土壌診断基準値と比較すると、特に交換性 Mg^{2+} および交換性 K^+ において基準値を上回っていた。それらの土壌採集地点は利別川周辺に位置している。利別川流域の飲料水は十勝層群中の池田層および螺湾礫岩砂岩層から得ているところが多く、鉄分に富んでいたり、塩分がいく分か含まれていたりするようである(北海道開発庁 1959)。

また東別地区においても、特に交換性 Mg^{2+} に富んでいることから、塩基分に富む母材の存在が示唆された。

5-1-5 微量元素

東別地区の土壌は、銅やマンガンに富んでいた。特に春別川の土壌は青灰色を示し、還元状態が進行していた。このことにより酸化マンガン鉱物の溶解により、マンガンイオンの濃度が上昇していたことが推察される。一方で幕別町軍岡の土壌のマンガンが基準値よりも低かったのは、土壌の酸性化によりマンガンが溶け出してしまったためと考えられる。

ほとんどの土壌試料のホウ素含量は、十勝の畑土壌診断基準値と比較して富んでいた。ホウ素含量は堆積岩で高い傾向がある(山田ほか, 1985)。東別地区、幕別町軍岡の土壌は堆積岩由来の土壌の可能性がある。

5-1-6 粒径組成

ワシップの砂質土壌以外の土壌試料は粘土質・ローム質であり、食土の特性と一致していたといえる。

5-1-7 X線回折分析

発達した結晶性の粘土鉱物を持つものは、常呂町伊藤沢、春別川の土壌であった。これらは特に2:1型粘土鉱物であるモンモリロナイトに富んでいた。他の土壌試料には大きなピークは見られなかったことから、非晶質の粘土鉱物を含んでいることが推察される。珪藻土やクリストバライトのピークである4.04~4.11 Å付近にも緩やかなピークが見られた試料も存在した。

5-2 顕微鏡観察

すべての土壌で珪藻化石を含んでいるわけではなかった。アイヌ文化の継承を行っていた織田ステノさんや葛野辰次郎さんからの聞き取りのデータ(新ひだか町郷土館所蔵)によると、東別(新ひだか町)地区でチエトイ(cietoy)は粘土の

ことであるという。したがって、食土は白っぽく粘性に富む土壤のことを指す可能性もある。

5-3 供試土壤と植物毒の吸着実験

5-3-1 ソラニンの吸着実験

全ての土壤で粗ソラニンの吸着が見られたが、伊藤沢を除いて吸着能力に大きな差は見られなかった。この理由には次のようなことが考えられる。男爵の芽抽出粗ソラニン中のソラニン含量が微量であったこと、粗ソラニン画分中のソラニンの構造に類似した物質との吸着サイトをめぐる競合が生じた結果、ソラニンの吸着がほとんど起こらなかったこと、およびソラニンのモル重量(mol wt)は 868.05 と大きく、粘土鉱物表面の吸着サイトが欠乏したことなどである。3つ目の理由については実際にソラニンに良く似た構造を持つトマチンでこのような現象が確認されており、“cover-up effect” とよばれる(Johns, 1986)。

5-3-2 キニーネの吸着実験

キニーネの吸着実験では土壤の土性や粘土鉱物の種類によって異なることが示唆された。まず 1:1 型粘土鉱物であるカオリンはほとんど吸着しなかった。カオリンは表面積、荷電量ともに小さいため、陽イオンや水分子を吸着する能力が低い。また粘着性、可塑性、および収縮・膨潤性をほとんど示さない。ほぼ同様の傾向を示したのは、恵庭ロームおよびオフィビラの土壤である。これらの砂(粗砂および細砂)の含量は 70%を超えており、粘土含量も 5.3~5.8%と少なかったためと考えられる。また恵庭ロームは火山灰由来の土壤であり、主に 1:1 型粘土鉱物やアロフェンを含んでいる。アロフェンは変異荷電を持ち、中性ないし酸性条件下では粒子表面に正電荷を生じる(白水 1988)。アロフェンの正電荷とキニーネがもつ正電荷とが反発し、吸着がほとんど見ら

れなかったと推察される。他の土壌については吸着能力の程度に差はあったものの吸着が見られた。2:1型粘土鉱物であるモンモリロナイトは、カオリンよりも多くのキニーネを吸着した。特に伊藤沢や春別川に含まれていた。しかし春別川にはカオリナイトにも富んでいたことから、伊藤沢ほどの吸着量を示さなかったと考えられる。

また食土との関連があるとされる珪藻土も同程度吸着した。珪藻土中に含まれる珪藻化石の大きさは2、3 μm の小型から10~40 μm の大型のものまで分布している(北川ほか, 2006)。よって珪藻化石の大きさはシルト画分~粘土画分に相当する。シルト画分の細かい粒子は、粘土の性質に似て、土壌の物理的、あるいは化学的な反応に寄与する(松中 2003)。吸着反応が見られた土壌試料のシルト画分は23.2~59.8%、シルト画分と粘土画分の合計では33.1~81.7%を占めた。

キニーネのようなアルカロイドは正電荷を帯びているため、CECもまた土壌の吸着能力の指標として用いられる(Brightsmith et al., 2008)。しかしキニーネの吸着とCECの大きさには直接関係が見られなかった。モンモリロナイトを含んでいる春別川および常呂町伊藤沢水面の土壌のCECはそれぞれ28.4、14.4 cmolkg^{-1} であり、十勝の畑土壌診断基準値を大きく上回るわけではなかった。またチエトイ中層の土壌は基準値を下回った。供試土壌の吸着能力は土性と土壌を構成する粘土鉱物の種類などの複雑な相互作用によって発揮されるものと推察される。

本研究では人間の胃の状態を再現するため、pH2.0に調整した0.1NNaClHClを用いて吸着実験を行った。このような低pH条件下でのキニーネはNが正に荷電し NH^+ となり、土壌中の負荷電と結合する。モンモリロナイトのような2:1型粘土鉱物は強酸で一部の負荷電が残っているため、吸着反応が起こる。一方カオリンのような1:1型粘土鉱物は弱酸であり、低pH条件下では負荷電が

なくなってしまうため、キニーネの正荷電との吸着はできないのである。このように土壌と植物毒の吸着反応は荷電による化学結合によって生じていると推察される。珪藻土は多孔質である。それ自身が持つ細孔の穴の中に物理吸着によってキニーネ分子を取り込み、その後化学吸着によって結合する。珪藻土がモンモリロナイトのようにキニーネを吸着したのはこのような反応による。

吸着平衡定数と最大吸着量の関係をみると、供試土壌間での性質の違いが明らかになった。モンモリロナイトのような2:1型粘土鉱物は最大吸着量が大いこと、珪藻土では吸着平衡定数が大きかったことから反応速度が速いことが読み取れた。これはモンモリロナイトの吸着反応が荷電によるイオン吸着で起こっているのに対し、珪藻土はキニーネ分子と土壌表面のSiOH基との物理吸着によって起こっているものと考えられる。

5-4 各土壌の特徴

2009年度に調査した各土壌の特徴について述べる。

5-4-1 幕別町軍岡の土壌

この土壌はpH3.2と強酸性を示し、全土壌試料中最も低い値を示した。リン酸吸収係数は 4.19gkg^{-1} であったため、火山灰の影響を受けていないと考えられる。CECは高い値を示したが、塩基飽和度については十勝の畑土壌診断基準値を下回った。加えて、交換性カリウムおよびホウ素に富んでいることが特徴的であった。一方で交換性マグネシウムおよびマンガンは乏しかった。土性はローム質であり、非晶質な粘土鉱物に富んでいた。頁岩上に固化しており、灰色のシルト岩状であった。顕微鏡観察をしたところ、珪藻化石が多量に存在していた。またこの付近には新第三紀中新世生花苗層・厚内累層・大樹層および白糠層、鮮新世糠内層・本別層および足寄層などが複雑に分布している。これ

らは牛首別川層群および十勝層群に分類され、珪藻化石を含む地層が存在する。本土壤を採集した軍岡地区および南に隣接する南勢地区、東側の札内地区および豊岡地区からは多数のアイヌ文化の遺跡が発掘されている。したがって本来チエトイピラであった場所は、今回の採集地点の地層と同じであった可能性がある。

なお、この論文で「火山灰」とは後期更新世(約 13 万年)以降の火山灰を示すこととする。非常に古い火山灰は風化や水中堆積の結果、初期の火山灰の性質を失い、結晶性粘土に富んだ土壌に変化している場合があるからである(北野, 2008)。

5-4-2 浦幌町朝日の土壌

この土壌は pH6.2 と中性に近い値を示し、リン酸吸収係数は 3.31 gkg^{-1} であったことから、火山灰の影響を受けていないと考えられる。加えて塩基飽和度が高い値を示し、特に交換性マグネシウムに富んでいた。土性はローム質であり、非晶質な粘土鉱物に富んでいた。また珪藻化石が多量に存在した。採集地点の地層は第四紀沖積層の砂、礫および粘土で、主要河川である十勝川に沿って発達している。本土壤採集地点の南側にもチャシ跡が存在し、アイヌの人々の生活が身近に感じられることから、食土利用が行われていた可能性がある。

5-4-3 新ひだか町布辻川の土壌

この土壌は pH4.6 と酸性を示し、リン酸吸収係数は 6.48 gkg^{-1} であったことから、火山灰の影響を受けていないと考えられる。加えて CEC、塩基飽和度が高い値を示し、交換性塩基に富み、特に交換性カリウム・交換性マグネシウムに富んでいることが特徴的であった。また銅、ホウ素に富んでいた。土性は粘土質ロームであり、土食は白色でところどころに酸化鉄の斑紋が見られたこと

からかつて地下水の影響があったことが示唆される。

5-4-5 新ひだか町春別川の土壌

この土壌は pH5.0 と中性に近い値を示し、リン酸吸収係数は 6.85 gkg^{-1} であったことから火山灰の影響を受けていないと考えられる。加えて CEC、塩基飽和度が高い値を示し、交換性塩基に富み、特に交換性カリウム・交換性マグネシウムに富んでいた。また銅およびホウ素に富んでいた。結晶性粘土鉱物に富み、それらはモンモリロナイト、イライト、カオリナイトの可能性が高かった。土性は粘土質ロームで、布辻川同様に酸化鉄の斑紋が見られた。布辻川と春別川の土壌採集地点は近く、同じ地層であると考えられる。地層は春別川・布辻川ともに新第三紀中新世アザミ沢層の砂岩・泥岩の互層であった。

5-4-6 新ひだか町トイベツ川の土壌

この土壌は pH6.1 と中性に近い値を示し、リン酸吸収係数は 6.32 gkg^{-1} であったことから、火山灰の影響を受けていないと考えられる。加えて、CEC、塩基飽和度は高い値を示し、交換性塩基に富み、特に交換性マグネシウムに富んでいた。またホウ素に富んでいた。土性は粘土質ロームであり、X線回折分析では非晶質な粘土鉱物を示した。地層は新第三紀中新世静内層硬質頁岩層であった。東別地区は布辻川・春別川を横切る三石断層を有し、その北部には新第三系の泥岩・珪藻質泥岩・硬質頁岩などが分布している。それらからは珪藻化石が検出されている(北海道立地下資源調査所 1992)。トイベツ川の採集土壌からは珪藻化石は認められなかったが、土壌試料採集地点から数 km 離れた地点に分布する同じ地層から検出されていることから、かつて食土として利用されていた可能性がある。また日高地方もかつてアイヌ民族が生活拠点としていた地点であり、食土文化も存在していたものと考えられる。

5-4-7 佐呂間町幌岩の土壤

この土壤は pH6.4 と中性に近い値を示し、リン酸吸収係数は 5.35gkg^{-1} であったことから、火山灰の影響を受けていないと考えられる。塩基飽和度は高い値を示し、特に交換性マグネシウムに富んでいた。土性はローム質であり、非晶質な粘土鉱物に富んでいた。地層は第四紀高位 2 海成段丘堆積物とされる。この地層の高位には赤褐色を呈するシルトおよび砂丘砂が分布する。調査時に参考にしたレタットイピラ(白い・土・崖)と対をなす地名にフレトイピラ(赤い・土・崖)がある(伊藤 2007)。これらのことから、レタットイピラは食土と関連する地名ではなく、地形やその環境を表す地名であると推察される。

5-4-8 斜里町遠音別川西側台地遺跡の土壤

土色は A-5 のみ黒色で、そのほかの土壤は黄白色であった。どの試料も非晶質な粘土鉱物を示した。顕微鏡観察をしたところ、珪藻化石は認められなかった。塩酸を加えたところ発泡したため、石灰分に富むことが示唆された。試料は貝塚から採集されたもので、貝塚の遺物は主に動物の骨であった。また、チエトイとされる黄灰色土は黒褐色腐植土層である I 層と灰褐色火山灰層(樽前 a あるいは駒ヶ岳 c2 か)である II 層の間に存在していた(斜里町教育委員会 1993)。このことから遠音別川西側台地遺跡の土壤堆積した火山灰が貝塚の遺物などの影響を受けて変性したものであり、これまでの食土とされる土壤の分析の結果から食土である可能性は極めて低いと推察される。

5-5 食土の特徴、地質、および食土地名との関連について

松浦武四郎の知床日誌などの記述から、食土には山菜の植物毒(灰汁のようなものと考えられる)の吸着能力があると推察される。本研究の結果から供試土壌の植物毒吸着能力が示されたといえる。白色であることや吸湿性に富むことといった食土の特徴は、珪藻化石に富む土壌のほか、カオリンやモンモリロナイトといったシリカを含む鉱産物が豊富な土壌であることに一致する。新ひだか町東別および上本別利別川沿いの土壌のほか、赤石山地の聖岳・上河内岳間にあるベト場(土なめ場)の土壌はみな青粘土と呼ばれ、地元住民は日常的に工業利用していた(北野, 2008 新井, 1987)。食土地名のある地点周辺には、非金属鉱床として珪藻土やカオリンなどの採掘が行われていた記録もある(北海道立地下資源研究所 1983)。このようなことから、食用として利用されていなくても日常生活で利用する白色、粘質といった特徴を持つ土壌が産出する場所もまたトイペツなどと呼ばれるに至った可能性もある。

(アイヌ民族の食用植物で有毒であったものは、イケマ(ガガイモ科)、コウライナンテンショウ(サトイモ科)、ヒメザゼンソウ(サトイモ科)などである。イケマはシナンコトキシシ、シナンコゲニンなど、コウライナンテンショウはシュウ酸カルシウムなど、ヒメザゼンソウはシュウ酸カリウム、サポニン配糖体などをそれぞれ含む。一方食土とともに食されていたクロユリは主にステロイドアルカロイドであり、前述の植物毒の構造にはないN基をもつ。このことから特異にクロユリを食する際は食土が用いられていたことが推察される。)

コメントの追加 [KT4]: いらないかも

勝手な推察です。。。

第6章 要約

土食とは、「土壌を食べる習慣」と定義され、人間もその例外ではない(Yanai et al, 2009)。

北海道でもかつてアイヌ民族が土食を利用していたとの記録が残っている。しかし、日本での土食に関する研究はほとんどされていないのが現状である。

そこで本研究では、2008年度調査からさらに土食の採集地点を増やし、その基本的物理・化学性を明らかにすることを目的とし、一般理化学性の分析を行った。すなわち、土壌の pH・EC、リン酸吸収係数、CEC、交換性陽イオン、微量元素、土壌粒径組成、粘土鉱物の種類を分析し、顕微鏡観察を行った。また過去の記録には土食の植物毒吸着能力を示唆する記述があることから、供試土壌と植物毒の吸着実験を行った。供試土壌には採集土壌のほか、モンモリロナイト、カオリン、珪藻土および恵庭ロームの土壌を用い、植物毒はソラニン、キニーネを用いた。動物体内の条件を再現するため、溶媒は 0.1N NaCl pH2.0 とした。供試土壌とソラニンおよびキニーネを反応させた後、その吸光度を測定した。ラングミュアの吸着等温式を用いて、得られた吸光度から植物毒の吸着量を求めた。

一般理化学性の分析の結果、採集した多くの土壌は、火山灰土壌の特性に乏しく、ローム質もしくは粘土質であり、交換性塩基に富み、白色や青白色などの特徴的な色をしていた。ユクエピラ以外の土壌は全て結晶性粘土を含み、常呂町伊藤沢および春別川の土壌では 2:1 型粘土鉱物であるモンモリロナイトが主成分で、その他の土壌では結晶性の低い粘土鉱物が含まれていた。また、多くの土壌に珪藻化石が含まれていた。

供試土壌と植物毒の吸着実験の結果、ソラニンの吸着力に関する傾向ははっきりと認められなかった。一方キニーネ吸着ははっきりとした傾向が示された。2:1 型粘土鉱物であるモンモリロナイトを始め、シルト・粘土画分に富む土壌がキニーネを吸着した。一方、1:1 型粘土鉱物であるカオリンや砂画分に富む恵庭ロームなどはほとんど吸着を示さなかった。このことから吸着には、土性や粘土鉱物の種類および量に関係していると推察される。またアイヌ民族が利用していた植物にもアルカロイドが含まれていることから、キニーネ同様に土食の吸着能力が発揮されることが予想される。

謝辞

本研究は、帯広畜産大学畜産学部筒木潔教授のご指導のもとに行われたものである。本論文を終えるにあたり、氏の懇切なるご指導とご校閲の労に対して、心から御礼申し上げます。

そして、貴重な試料や情報を提供してくださいました帯広百年記念館学芸員内田祐一氏、池田了嘉氏、新ひだか町郷土館学芸員藪中剛氏、斉藤大朋氏、斜里町立知床博物館学芸員松田功氏、札幌市の早田国光氏、網走市の梨木之正氏に厚く御礼申し上げます。

文献

- 秋久俊博, 小池一男, 木島孝夫, 羽野芳生, 堀田清, 増田和夫, 宮澤三雄, 安川憲: 資源天然物化学, p. 142-144, 186-187 共立出版, 東京(2002)
- 新井重光, 筒木潔, 安島馨, 鋤塚昭三: 野生動物土なめ場(ベトバ, lick)の化学的・鉱物学的性質. 日本土壌肥料学会講演要旨集; 32: 139 (1986)
- 知里真志保: 知里真志保フィールドノート(6), 北海道教育委員会, 札幌 106-107 (2007)
- 知里真志保: 知里真志保著作集 3 生活誌・民族学編, p. 276, 277, 352, 353, 平凡社, 東京(1973)
- Donald J. Brightsmith, John Taylor and Timothy D. Phillips: The Roles of Soil Characteristics and Toxin Adsorption in Avian Geophagy. BIOTROPICA; vol. 40 Issue 6: 766-774(2008)
- 萩中美枝, 藤村久和, 村本美幸, 畑井朝子, 古村敏弘: 二本の食生活全集 聞き書 アイヌの食事, 農村漁村文化協会, 東京 pp. 89, 93, 115-116, 126 (1992)
- 北海道開発庁: 5万分の1地質図幅説明書 本別, p. 72, 北海道開発庁, 札幌 (1959)
- 北海道立地下資源調査所: 5万分の1地質図幅説明書 三石, p. 39-41, 42, 44, 北海道立地下資源研究所, 札幌(1992)
- 北海道立地下資源調査所: 北海道の地質と地下資源 V 北海道の非金属資源, p. 57-58(1983)
- 北海道立地下資源研究所: 十勝南部地域の地形と地質, p. 121, 北海道立地下資源研究所, 札幌 (1990)
- 藤原哲夫: 北海道における珪藻土資源. 地下資源調査報告; No. 48: 123-127(1976)

コメントの追加 [KT5]: 土壌標準分析・測定法

実験の参考文献

アルファベット順か?

JAMES D. GILARDI, SEAN S. DUFFEY, CHARLES A. MUNN, and LISA A. TELL : BIOCHEMICAL FUNCTIONS OF GEOPHAGY IN PARROTS : DETOXIFICATION OF DIETARY TOXINS AND CYTOPROTECTIVE EFFECTS

Junta YANAI, Junpei NOGUCHI, Hidekazu YAMADA, Soh SUGIHARA, Method KILASARA and Takashi KOSAKI : Function of geophagy as supplementation of nutrients in Tanzania . Soil Science and Plant Nutrition ; 55 : 215-223(2009)

J. V. Wakibara, M. A. Huffman, M. Wink, S. Aufreiter, R. G. V. Hancock, R. Sodhi, W. C. Mahaney, and S. Russel: The adaptive Significance of Geophagy for Japanese Macaques (*Macaca fasciata*) at Arashiyama, Japan. International Journal of Primatology ; vol. 22 No. 3 : 495-520(2001)

伊藤せいち : アイヌ語地名Ⅱ 紋別, p. 193, 254-455, 315, 北海道出版企画センター, 札幌(2006)

伊藤せいち : アイヌ語地名Ⅲ 北見, p. 40, 104, 北海道出版企画センター, 札幌(2007)

金田一京助 : 古代蝦夷とアイヌ, pp. 316, 工藤雅樹, 平凡社, 東京(2004)

北川賀津一, 江頭俊郎 : 多孔性材料の応用に関する研究. 平成 18 年成果発表会要旨集, 石川県工業試験場(2006)

黒田明平, 高山広志, 三巻祥浩 : ユリ科クロユリ鱗茎の配糖体成分. 薬学雑誌 ; 127 : 108-110 (2007)

Machado, R. M. D, Toledo, M. C. F., and Garcia, L. C. : Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers. Food Control, 18 ; 503-508(2007)

松中照夫 : 土壌学の基礎, 農山漁村文化協会, 東京, p. 71, 136

- 松浦武四郎：戊午蝦夷山川地理取調日誌中 知床日誌，
- 最上徳内：北門叢書 第一冊 蝦夷草紙，国書刊行会，東京，p. 367(1972)
- 永田方正：北海道蝦夷語地名解，p. 124, 150, 176, 292, 299, 303, 331, 333, 398, 439, 475, 504, 514, 草風館，千葉(1984)
- Nathaniel J. Dominy, Estelle Davoust and Mans Minekus: Adaptive function of soil consumption : an in vitro study modeling the human stomach and small intestine. *The Journal of Experimental Biology* ; 207 : 319-324(2004)
- R. J. Bushway, E. S. Barden, A. W. Bushway, and A. A. Bushway : THE MASS EXTRACTION OF POTATO GLYCOALKALOIDS FROM BLOSSOMS. *American Journal of Potato Research* ; Vol. 57 No. 4 : 175-180(1980)
- 斜里町教育委員会：斜里町文化財調査報告VI 遠音別川西側台地遺跡発掘調査報告書，p. 13, 16, 27, 52-57, 73, 172-173 斜里(1993)
- 白水晴雄：粘土鉱物学－粘土科学の基礎－，p. 38, 朝倉書店，東京(1988)
- 谷川健一：日本民俗文化資料集成 23 北の民俗誌－サハリン・千島の民族－，三一書房，東京 pp. 467 (1997)
- T. Johns : Detoxification function of geophagy and domestication of the potato. *Journal of chemical ecology* ; Vol. 12 No. 3 : 635-646(1986)
- 辻井弘忠：鹿の「土なめ」現象を調査する．畜産の研究；第 10 号：1204-1206 (1987)
- W. W. A. BERGERS : A rapid quantitative assay for solanidine glycoalkaloids in potatoes and industrial potato protein. *Potato Research* ; 23 : 105-110(1980)
- 山田秀和，服部共生，下村眞，人見悟：土壌のホウ素とその分布について(農芸化学)．京都府立大学学術報告．農学；37：195-202(1985)

山田秀三：北海道の地名， pp. 586， 北海道新聞社， 札幌(1984)

吉田巖：吉田巖資料集－17， pp. 32， 帯広市教育委員会， 帯広(2004)