

北海道産超塩基性岩特生植物の化学組成から見る ニッケル (Ni) 耐性のしくみ

江別市 野坂志朗

北海道の超塩基性岩（カンラン岩、蛇紋岩など）質土壤地における土壤の化学組成と植物の生育との関係を明らかにする研究は、農作物の生育・生理障害のしくみの解明を大目標として、1960年ごろから、北海道立農業試験場（以下「道農試」と記す）の研究スタッフによって進められてきました。

道農試スタッフによる研究は、1961年の増田敏春・佐藤亮八両氏の論文¹⁾にはじまり、1967年以降は水野直治博士が軸となって進められ、1968年、水野博士が英誌 Nature 219号に発表した論文²⁾によって世界の注目を集めることとなり、1978年までに20篇の論文となって成果が公表されています。これらの研究成果は、水野博士の1979年の論文³⁾によって総括されました。

超塩基性岩質土壤は、他種の岩石に由来する土壤に比して、圧倒的多量のMgを含むほかに、Co、Cr、Cu、Mo、Niなどの重金属の含有率が高いという化学組成上の特徴があります。道農試スタッフの一連の研究によって、超塩基性岩質土壤と農作物の生育との関係について多くの重要な知見が得られました。それらのうちで、この報文と直接の関連のある事項は、農作物が超塩基性岩質土壤地でクロロシス（黄白化）やネクロシス（壊死）などの生理・生育障害

をおこす最大の原因がNi過剰であり、植物体内のFeとNiの量比Fe/Niが10未満すなわち相対的Fe欠亡の状態で生じ易いということです。1997年より、水野博士（現在酪農学園大学教授）、堀江健二氏（北海道旭川西高校）および筆者によって、超塩基性岩地に自生する超塩基性岩特生植物などの野生植物のばあい、農作物と同様のNi過剰に対する生理的特性が見られるか否かなどを探る研究が進められ、とりあえず、1999年、一篇の論文⁴⁾によって超塩基性岩特生植物のNi耐性機構の一端が明らかになりました。

この論文をまとめるまでには、岩石・土壤・植物体の化学分析、農作物での膨大なデータとの照合、1950年代からの欧米における関連文献の参照など万般にわたってご指導とご支援を水野直治教授から賜りました。本報文は、堀江・野坂（1999）のこの論文の抄録であり、当山草会会長として長年御苦勞された故高野英二氏の御令室洋子様の御要望により執筆したものです。

1. 材料植物と生育地土壤の化学組成

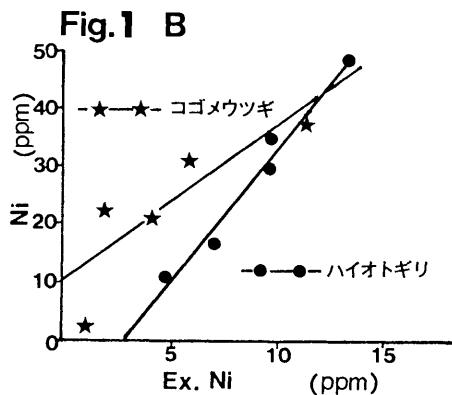
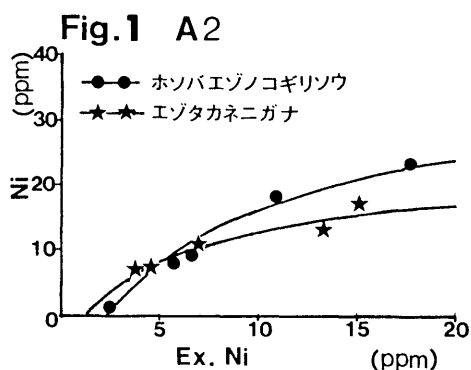
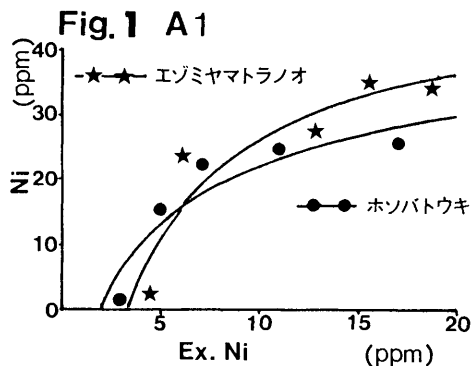
北海道の超塩基性岩特生植物17種の花期の葉とその個体の生育地点の土壤を、それぞれ乾燥重量1gについて全分析を行い、植物の葉と土壤の各成分量（乾燥重量1kg当たりに換算してg/kgまたはmg/

kgで示す)を測定しました。FeやNiは微量なので単位はmg/kgですが、本報文中には含有率あるいは濃度の表示として一般に知られているppmで表示します。

テシオソウ(オゼソウ)、マルバミズナラ、カトウハコベ、セイヤブシ、ウスゲノチシマフウロ、シモフリコマユミ、アポイタチツボスミレ、ホソバトウキ、ヒダカイワザクラ、テシオコザクラ、エゾミヤマトラノオ、シラトリシャジン、タカネヤハズハハコ、ホソバエゾノコギリソウ、ユキバヒゴタイ、ホソバコウゾリナおよびエゾタカネニガナの試料植物17種のうちで、試料数の多いホソバトウキ、エゾミヤマトラノオ、ホソバエゾノコギリソウおよびエゾタカネニガナの4種について、生育地土壤中の植物が吸収できる可溶性ニッケル(置換性あるいは交換性ニッケル。exchangeable NiでEx. Niと略記)の乾燥重量における含有率(ppm)を横軸にとり、植物葉中の乾燥重量におけるニッケル含有率を縦軸にとって、各試料の分析値を図表化するとFig. 1Aのようになります。同様にすればしばしば超塩基性岩質土地にも生育している非超塩基性岩植物(「一般植物」と記す)のコゴメウツギとハイオトギリの2種について得られた図表はFig. 1Bのようになります。

一般植物2種の例では、Fig. 1Bのように土壌の交換性Ni含有率が高まるにつれて葉のNi含有率も直線(比例)的に増大しています。多くの一般植物は、Niの体中濃度が10ppmぐらいでクロロシスなどの障害が現れてきますので、コゴメウツギやハ

Fig. 1 土壌の交換性Ni含有率(横軸)と葉のNi含有率(縦軸)。単位はppm。
堀江・野坂(1999)による。改写。



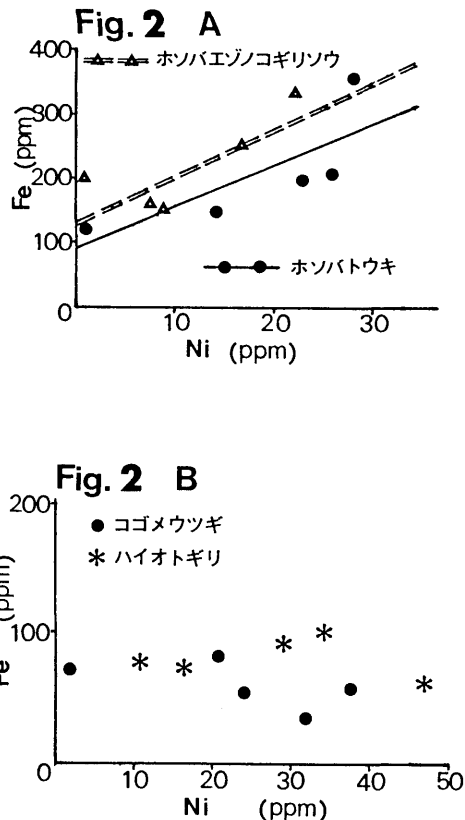
イオトギリは、一般植物としては Ni 耐性の高い植物かも知れません。土壌の交換性 Ni 濃度が 20 ppm 以上の場所での個体が採集されなかったため、グラフ横軸は 15 ppm で終わっています。これに対応する葉の Ni 含有率は、コゴメウツギでは約 50 ppm、ハイオトギリでは約 35 ppm となります。

これに対して、超塩基性岩特生植物では葉の Ni 含有率が 10 ppm ぐらいになるまでは土壌の交換性 Ni 含有率が增大するにつれてほぼ直線的に葉の Ni 含有率も増大しますが、10 ppm あたりから含有率の上昇はゆるやかになりはじめ、最終的に 20~30 ppm ほどで上限値となって、グラフの曲線は横軸と平行になります。上限値は種によって多少数値が異なり（種間差があります）。すなわち、超塩基性岩特生植物は、土壌の交換性 Ni 含有率が增大すると、体内 Ni 含有率が種ごとの上限値を越さぬようにするため、吸収を抑制するしくみを持っていると考えられます。

2. 植物体（葉）の Ni 含有率と Fe 含有率との関係

植物のクロロシス（黄白化）の原因は、クロロフィル構成元素の N か Mg のいずれかの欠亡と、植物体内でのクロロフィル合成過程のいずれかの段階の欠陥であることはよく知られています。超塩基性岩質土壌では、後者が有力な原因であり、クロロフィル合成過程の特定の反応段階に参与する Fe が問題となります。つまり、Fe が欠亡するとクロロシスが発現するというようになります。Ni は、物理的・化学的性質が

Fig. 2 植物体（葉）の Ni 含有率と Fe 含有率との関係。単位は ppm。
堀江・野坂（1999）による。改訂。



Fe と酷似した、周期表ⅧB 属の金属元素で、Ni が多量に存在するとその一部は Fe になり代って反応系に入ってしまう、そのため相対的 Fe 欠亡となると考えられます。

植物体（葉、乾燥試料）の Fe 含有率と Ni 含有率との関係の代表的な例は、超塩基性岩特生植物では Fig. 2A、一般植物では 2B のようになります。

超塩基性岩特生植物では、葉の Ni 含有率が増加するにつれて Fe 含有率も増加

し、両含有率間には強い正の相関があって、ほぼ直線的に右上りのグラフとなります。この間、Fe/Niは少なくとも10以上です。これに対して一般植物では、Fig. 2BのようにNi含有率の如何によらずFe含有率はほぼ一定となっています。

すなわち、超塩基性岩特生植物は、高Niに対してFeの吸収を強め、Fe欠亡を防止する調整能力を有すると言えます。

3. 超塩基性岩特生植物のNi耐性の特徴

以上の1と2から、超塩基性岩特生植物は、高Niに起因する生育・生理障害の発現を防止する二通りの方法、すなわち、一方で体内Ni含有率をある水準以下にするNi吸収抑制、他方では高NiとなるにつれてFe吸収を強化してFe欠亡を防止するの両面作戦により、正常な生育を維持する調整能力をもつ植物であると考えられます。

なお、今回の供試植物では該当例がありませんでしたが、農作物では、植物体中のCu/Ni比が1以下でクロロシスをおこす例が知られている(水野、1968および1979)こと、岩石や土壌の諸成分の溶出は、pHによって変化しますが、超塩基性岩質土壌のpHは6~8で、NiよりもMgの溶出が先行すること、植物体中のCa/Mg比が1以下ではMg過剰に起因するCa欠亡症が発

現し易いこと(超塩基性岩質土壌は大量のMgを含むため、植物体中のCa/Mg比は低下します。今回の供試植物では、種間差がかなりありましたが、平均値はMg含有率が4,530 ppm、Ca含有率が5,630 ppmで、Ca/Mg<1の例は少数でした)、超塩基性岩特生植物とされているものの中で、F. A. Novak (1928)の定義に合致する植物すなわち超塩基性岩質土壌でのみ生育可能な植物が存在するのかどうか などなど、栽培試験や土壌の理学性(物理性)の検討なども含めて、多くの課題が残されています。

引用文献

1. 増田敏春, 佐藤亮八, (1961). 蛇紋岩土壌における作物生育障害について. 子報. 土壌ならびに生育障害実態調査. 北海道立農試集報 8, 37-48
2. Mizuno, N.(1968). Interaction between iron and nickel and copper and nickel in various plant species. Nature 219, 1271-1272.
3. 水野直治, (1979). 蛇紋岩質土壌の化学的特性と農作物の生理障害に関する研究. 北海道立中央農試報告 29, 1-79, 図版4ページ.
4. 堀江健二, 野坂志朗, (1999). 北海道・超塩基性岩植物の化学組成の特性. 植物地理・分類研究 47, 39-49.