

研究レポート

No. 41

東シベリア、永久凍土連続分布帯における生態系の土壌特性

松浦陽次郎

1. 研究の背景と端緒

1990年代に入ってから、地球温暖化、気候変動、という言葉がさかんに飛び交うようになり、森林生態系が、温室効果をもたらす二酸化炭素の消費の場なのか供給の場なのかが、全地球レベルの視野で論議されるようになった。これまでは、植物の種類が豊富で地球上最大の群落規模を形成する熱帯林が注目されたが、極域の温暖化やオゾンホールが問題となるにつれて、周極域の二酸化炭素収支に影響を及ぼしている針葉樹林帯（タイガ）が注目されるようになった。

これまで、旧ソ連時代に行われた1960年代の土壌調査と森林生産力調査は、その多くがウラル山脈を越えるものではなく、生態系レベルの物質循環研究が中央・東シベリア地域では全く無かった。ユーラシア大陸北東部の温暖化予測をするにも、森林の現存量、堆積有機物量、土壌有機炭素集積量などの、炭素収支に関する一次データがほとんど無い状態であった。

われわれは、環境庁の地球環境研究総合推進費により、1991年より1993年まで第一期としてロシアとの共同研究を立ち上げ、1994年から

1996年までを第二期として、中央シベリアと東シベリアの数カ所で野外共同研究を行ってきた（図-1）。今回は永久凍土の土壌特性について、研究成果の一端を紹介したい。

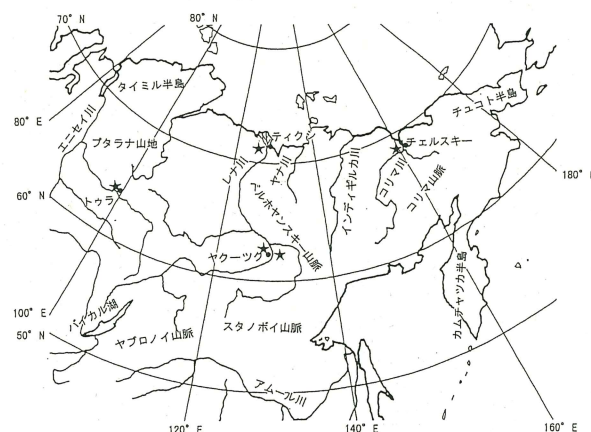


図-1 中央・東シベリアの調査地点の位置図。
★調査地点

2. 永久凍土に成立した森林生態系

地球上の植物生態系は、大まかには水分条件（降水量と蒸発量の差）と温度条件によって、その群落の景観を形作る植物の生活型は決まり、北半球の北極圏を取り巻く高緯度地域（周極域）は、針葉樹林の広がるタイガ地域として、たいていの教科書では紹介されている。一般に教科書で取り上げられるタイガは、トウヒ属やマツ属の常緑針葉樹が優占する樹林帯として記述されている。しかしながら、中央シベリアから東シベリアを含むユーラシア大陸北東部にはトウヒ属とマツ属は優占せず、カラマツのみの大森林地帯が成立し、スカンジナビアや北米大陸のタイガと際だって異なる。さらに、スカンジナビアや北米大陸ではタイガに存在しない永久凍土の連続分布域が、中央・東シベリアでは南に大きくせり出し、森林地帯に広範に分布している（図-2）。

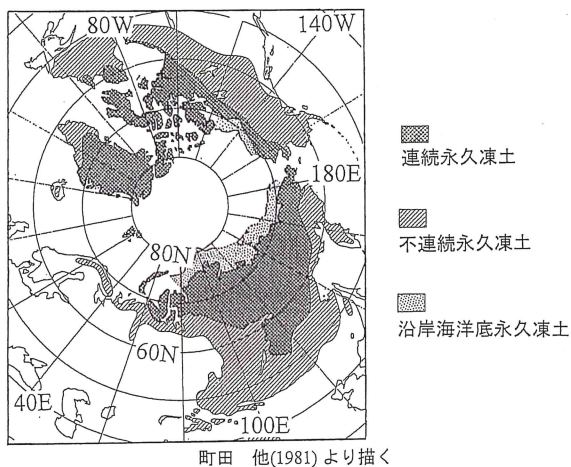


図-2 周極域における永久凍土の分布域。

上述の水分-温度条件が、中央～東シベリアのタイガでは、年平均気温が -10°C を下回り、年降水量は200～300mmである。この条件はスカンジナビアや北米大陸ではツンドラ植生となる環境である。極寒・酷暑・寡雨という極端な大陸性気候下でも森林が成立しているのは、地下に永久凍土が厚く存在し、下方への水移動が無く、夏に凍土中の氷が融解して水が供給されるためと言われる。

3. 東シベリアのカラマツ林生態系

1) ヤクート中央平野の土壌

レナ川中流域に広がるヤクート中央平野は、夏は 30°C を越え、冬季の気温が -60°C を下回ることもあり、降水量は200mm前後の極端な大陸性気候下にある。この地域には、永久凍土中の地下水が融解してクレーター状に陥没した、アラスと呼ばれるサーモカルスト地形が多数点在している（写真1）。延々と続くカラマツの森林にぽっかり空いたアラスは、水をたたえる池沼面であったり、水のすでに干上がった草地であったりする。

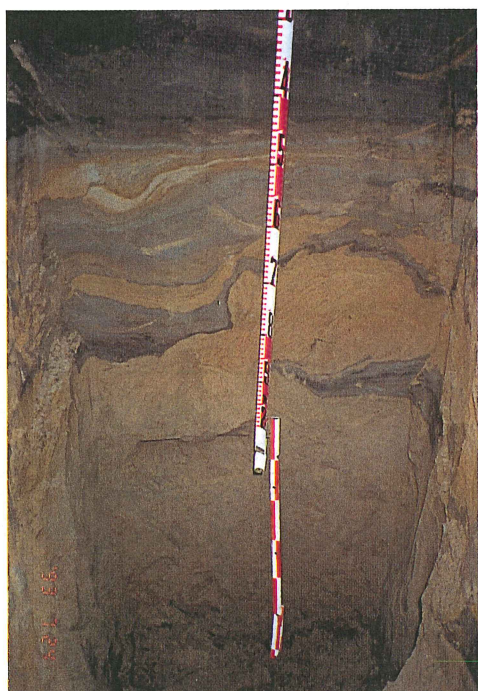


写真-1 アラス地帯

ヤクーツクはおよそ北緯 62° ・東経 130° に位置する。この郊外にあるカラマツが優占する林において、土壌調査を行った。レナ川の古い河岸段丘の連なる平野部は、段丘の斜面ややや小高いところにはヨーロッパアカマツ群落がみられ、トウヒも点在するが、内陸部に進むにしたがってカラマツのみとなる。また、森林火災跡地などに成立したカンバ林や、所々に谷地坊主をともしうスゲ科草本の草地が広がっているが、北海道にみられるような泥炭地はほとんどみられない。

表層せいぜい2 mまでの、夏期に融解する活動層には、凍結-融解によってできた渦巻き模様がみられる（写真2）。

カラマツ林、ヨーロッパアカマツ林、カンバ林、スゲ科草本の草地の調査の結果、北緯62度という高緯度にもかかわらず、土壌のpHが乾燥地帯のステップ土壌のように中性～アルカリ性を示すものが多いことがわかった。緯度に沿って分布する植生帯と成帯土壌の図式、つまり北方のタイガの土壌＝ポドゾル性土壌という教科書的な常識は、東シベリアの永久凍土地帯のカラマツ林生態系では全く当てはまらないことが明らかになった。



写真－2 土壌断面の不思議な模様

2) 森林ツンドラの土壌

場所によっては北緯72度付近まで広がる森林ツンドラの土壌調査は、レナ川下流域とコリマ川下流域で行った。北に行けば湿地帯の森林ツンドラが見つかるかと思ったが、そういう景観はむしろ局所的であり、やや過湿～適潤な立地に成立した森林ツンドラが大部分であった（写真3）。またアースハンモックと呼ばれる地表面の凹凸や、田んぼの畦のように仕切られた構造土などが発達している様子が各所に見られた（写真4）。東シベリアの森林ツンドラは、大河川の堆積物とその間に発達した楔状の地下水

（200～600m）の上に成立しているといえる。場所によっては地下の氷楔と堆積物の露頭が川に沿って見られ（写真5）、マンモスなどの大型草食獣の骨格が見つかるという。

森林ツンドラ地域の土壌は、有機炭素・窒素含量の比較的高い活動層と永久凍土からなり、炭素・窒素の集積量が大きいだけでなく、多くの土壌でC/N比（炭素と窒素の比率）が北方森林ツンドラにしては低い範囲（10～15）にあった。



写真－3 森林ツンドラ



写真－4 上から見た構造土

3) 中央シベリアと東シベリアの比較

同じ永久凍土上に成立したカラマツ林タイガでも、東シベリアよりやや降水量が多くなる中央シベリアでは、土壌の有機炭素・窒素の集積パターンが、東シベリアとは異なっていた。東シベリアの測定結果を、横軸に土壌1立方m中の有機炭素量ととり、縦軸にその炭素／窒素比をとると、図-3に示すように、東シベリアの点はほとんどがC/N比15の線より下の領域にプロットされる。一方中央シベリアのカラマツ林タイガの代表的なトゥラでの測定結果は、土壌有機炭素の集積量は東シベリアと同レベルでありながらC/N比がほぼ倍の20を越えていた。このことは、中央シベリアのカラマツ林生態系の土壌が、東シベリアの土壌より窒素に乏しいことを示している。



写真-5 堆積物と地中の氷楔

4. これまでの研究にない知見をどう解釈するか

Post ら (1982, 1985) は、陸上生態系の土壌有機炭素量と炭素／窒素比率をまとめた。それによると、冷涼湿潤気候下の土壌はC/N比が20より大きく、冷涼気候下ではC/N比15~20、温暖気候下では10~15で、低緯度砂漠では10以下の範囲になるとしている。しかしながら、東シベリアの結果はC/N比が10~15に集中し、この関係は当てはまらない。同じ周極域の北方林といっても、北米やヨーロッパ・スカンジナビア地域の森林土壌と、東シベリアのカラマツ林生態系の土壌を、同じ特性のものとは考えられない。

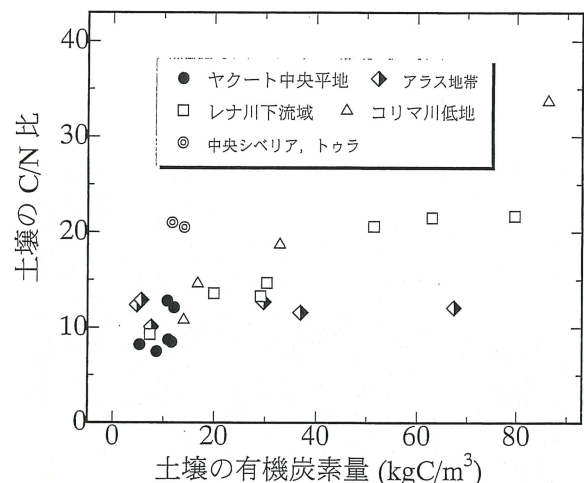


図-3 中央・東シベリアの土壌有機炭素量とC/N比の関係

なぜこのような違いが生じるのかについて、一つの実証的な仮説は、東シベリアは過去3~4万年にわたって氷河に被われず寒冷気候下に曝され、加えて大河川の堆積物の供給があったために、現在見られるような永久凍土の分布と土壌有機炭素・窒素の集積パターンを示す、というものである。他の周極域は氷床下にあったか、または周氷河地域に位置し、氷河の影響を受けたために東シベリアとは全く異なる土壌母材であり、結果として炭素／窒素の存在比率が異なっていると考えられる。東シベリアと中央シベリ

アのC/N比の違いも、現在の気候条件のわずかな違いと、上述のような数万年オーダーの影響の結果と考えられる。

上記の仮説を検証するために、1996年夏は中央シベリアの山岳森林ツンドラと、東シベリアの山岳森林ツンドラで調査を行った。氷床下にあったと考えられる中央シベリアの山岳森林ツンドラ土壌のC/N比は24、過去に小規模な山岳氷河があった東シベリアの山岳森林ツンドラの土壌もC/N比が19で、Postらが提唱した現在の気候とC/N比の対応関係と一致する反面、氷河に被われなかった東シベリアの土壌のC/N比とは異なることが判明した。

5. おわりに

これまで周極域については、北米とヨーロッパ・スカンジナビアの生態系研究が中心であったために、ユーラシア北東部の理解は周極域というひとくくりで進められてきたが、東シベリアはそれとは根本的に異なる生態系であるとするのが妥当ではないかと考えている。

1997年から1999年まで第三期として新たにスタートする野外調査では、永久凍土連続分布帯のカラマツ林生態系について、構造と機能の解

明にさらに踏み込んだ研究の展開をしたい。

参考文献

福田正己(1996) 極北シベリア. 岩波新書 新赤481. 岩波書店. 東京.

Matsuura, Y. et al. (1994) Carbon and nitrogen storage in soils developed on two different toposequences of Lena River terrain. In "Proc. 2nd Symposium on joint Siberian permafrost studies between Japan and Russia", 177-182p., Tsukuba.

Matsuura, Y. and Yefremov, D. P. (1995) Carbon and nitrogen storage of soils in a forest tundra area of northern Sakha, Russia. In "Proc. 3rd Symposium on joint Siberian permafrost studies between Japan and Russia", 97-101p., Sapporo.

Post, W. M. et al. (1982) Soil carbon pools and world life zones. Nature 298, 156-159p.

Post, W. M. et al. (1985) Global patterns of soil nitrogen storage. Nature 317, 613-616p.

酒井 昭(1995) 植物の分布と環境適応. 一帯から極地・砂漠へ. 朝倉書店, 東京.

羊ヶ丘森林教室

一般市民の森林への関心は、ただ単に自然であるというイメージから、環境問題や自然保護などに対するものへと広がっています。また、身の周りで少なくなっていく自然への郷愁から、もっと自然と親しもう、自然を知ろうといった市民グループも増えてきています。

当支所では、市民の方に少しでも役に立てればと、平成6年から羊ヶ丘森林教室をスタートさせました。

この教室は、「サクラ・樹木の花」、「昆虫と鳥」、「きのこ」、「紅葉」など四季折々のテーマを題材に、年4回程度開催しています。

教室は、講師(説明者)と参加者が当支所の

樹木園・実験林内を一緒に散策しながら、自然を教材に行っています。樹木園は、北方系の樹種や灌木類が舞台演出の手伝いをし、また、実験林は、6割以上が天然林のため、参加者が文字どおり自然に接するという実感を味わえる環境となっています。時には、キタキツネやエゾリスとのご対面もあり、参加者を喜ばせています。

参加については、申し込みや参加料も必要ありません。どなたでも参加可能です。参加者の数はテーマによって、若干異なりますが30~50名程度の参加をいただいています。

平成8年に開催しました羊ヶ丘森林教室は以下のとおりです。

- ・ 5月11日「樹木の花を楽しもう(サクラ)！」
講師：真田実験林室長
岸田遺伝研究室長
内容：サクラの花を中心に樹木の花の見どころや特徴、楽しみ方、また、標本館を利用して北海道の森林について説明。
- ・ 6月8日「鳥と森林について」
講師：川路主任研究官（鳥獣）
松岡鳥獣研究室長
内容：羊ヶ丘で観察される鳥の生態や森林との関わりについて、樹洞を利用する鳥たちの様子を中心に説明。
- ・ 8月3日「昆虫を観察しよう！」
講師：福山昆虫研究室長
伊藤主任研究官（昆虫）
坂本樹病研究室員
内容：土壌にいる動物によって土の豊かさを知る方法や変わった昆虫採集の仕方など、また木も病気になってしまうことについての説明。
- ・ 10月5日「きのこを観察しよう！」
講師：山口主任研究官（樹病）
内容：実際にキノコを採取しながら、キノコがどんなところに生えているのかまた森林とどう関わっているのかを説明。
- ・ 10月26日「紅葉と森のうつろい」
講師：森主任研究官（樹木生理）
田内造林研究室長
丸山樹木生理研究室長
内容：紅葉のしくみや樹種によって紅葉の仕方が違うこと、木の冬の生活の様子、森林の移り変わりについての説明。

毎年同様のテーマとなる場合がありますが、各講師が、よりおもしろく、よりわかりやすく趣向を凝らして説明しています。初めて参加される方はもちろんのこと、常連の方にも喜ばれています。

この教室はレクリエーション的要素があるため、家族連れの姿も見受けられます。

（研究情報専門官）



研究レポート No. 41

平成 9 年 3 月 1 日発行

編集 森林総合研究所北海道支所

〒062 札幌市豊平区羊ヶ丘7

電話 (011)851-4131