



▶写真1 ツンドラで草をはむトナカイの親子  
(北極スバルバル諸島ニールスンにて)

北極圏の生態系は、地球温暖化の影響を最も受けやすい。この地域は、氷河期から現在まで、気候変動の歴史を繰り返している。この地域には、独自の生物多様性があり、その多くは他の地域には見られない。しかし、温暖化が進むにつれて、これらの生物は生存の危機に瀕している。この地域は、地球温暖化の影響を最も受けやすい地域の一つである。

# 北方域の生態系と地球温暖化

文 中 坪 孝 之  
写真 総合科学部

化石燃料の使用と開発は、大気中の二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスを増加させる。気候は一段と温暖化しているようだ。  
一見、人間活動と縁のなさそうな高緯度地域の森林やツンドラだが、この地球温暖化問題を考える上では重要な意味をもっている。  
急速な氷河の後退と温暖化―普段は語られることもないこの極端な取り合わせが現実のものとなって、人類は新世紀への扉を恐る恐る開きつつある。

## 「北極」という言葉から 何を連想しますか

氷山、オーロラ、トナカイ、ホッキョクグマ……。どれも名前は知っていても、自分とはほとんど関係がない遠い世界のことと思われるかもしれません。  
ところが最近、北極を中心とした北半球の高緯度地域に世界中の科学者の目が集まっています。これら北方域の生態系が、現在問題になっている地球温暖化を考える上で重要な意味をもっているからです。

北極点は海ですが、ユーラシア大陸、北米大陸、グリーンランドなどの陸地が北極海をぐるりと取り囲んでいて、そこに大小の島々が点在しています。北極点を中心とした最も内側の陸地には、高い木が育たないツンドラが広がっています。コケや草、矮性のヤナギなど丈の低い植物しか生えることができない荒涼とした世界です。しかし、トナカイやホッキョクグマ(シロクマ)など、ここを生活の中心にしている動物

もいます。また、短い夏には色とりどりの花が競うように咲き誇ります(写真1〜3)。

さらに南下すると徐々に樹木が目立つようになり、やがて森林が発達するようになります。マツやトウヒといった針葉樹や、ポプラなどの広葉樹が優占する森林地帯で、亜寒帯林あるいは北方林と呼ばれています(写真4)。

また、この地域の過湿な場所には湿原が発達しています。北方林は、北極域をとり囲むように南北三〇〇〜一五〇〇キロの幅で分布していて、湿原もあわせるとその総面積は一三〇〇万平方キロに及びます。ここでは、この北方林と北極域をあわせて北方域と呼ぶことにします。

## 北方域はなぜ重要か

北方域の生態系が、地球温暖化問題の中で重視されるようになってきたのには、いくつかの理由があります。  
第一に、さまざまなモデル計算から、

北半球の高緯度地域で、温暖化の影響が最も大きく現れると予想されているためです。温暖化の程度がどの程度なのかという予測には大きなばらつきがありますが、二一〇〇年に平均気温が約二度上昇するというのが中位の予測値です。しかし、高緯度地域ではこれをはるかに上回る温度上昇が起こると考えられています。

第二に、低温や生育期間が短いことが、生物の生育を制限している場所ではそうでない場所に比べ、温度変化の影響が大きく現れると考えられます。温暖化によって生育期間が長くなること自体は、多くの植物の成長にとって悪いことではないでしょう。しかしその一方で、それまで進入で



▲写真2 北極の薄黄色のケン *Papaver dahlianum*

きなかった生物が進入してくる可能性がでてきます。その結果、生態系のバランスが崩れ、予想もしなかった結果をもたらすかもしれません。

同じ寒冷地域でも、山岳地域ではすでにそうした兆候が現れているようです。ヨーロッパアルプスでは、この数十年の間に、植物の分布域が上方に移動したということが報告されています。

この結果、限られた気候帯の中で生活しているいくつかの種が絶滅するのではないかと心配されています。

三番目の理由は、北半球の高緯度地域の森林や湿原に、大量の炭素が土壌有機物の形で蓄積されていて、地球規模の炭素循環に大きな影響を与えているからです。



▲写真3 ツンドラの矮性のヤナギ *Salix polaris*  
高さは2 cmにも満たない。根には菌根菌が共生している。

## 北方域の生態系と炭素循環

熱帯林ならともかく、植物の成長が遅いはずの北方域の生態系が、地球規模の炭素循環に重要であるというのは、奇異に思われるかもしれませんが、このことを理解するためには、土壌中の炭素の流れを知る必要があります。

植物は二酸化炭素と水から有機物を作り出します。その有機物は、植物が枯れたり落葉したりすることによって土壌に運ばれます。そして、土壌中にすむ生物、特にカビやバクテリアなどの微生物の働きで分解され、おもに二酸化炭素の形で土壌から放出されます。

土壌中にどれぐらいの有機物が蓄積されるかは、土壌に炭素が供給される速度と、それらが分解される速度のバランスで決まります。土壌への炭素供給量がそれほど大きくなっても、分解速度が極端に小さければ、土壌中の炭素蓄積量は非常に大きくなります。寒冷地の有機物分解速度は非常に遅いので、土壌中に大量の有機炭素が蓄積しており、その量は地球の全土壌炭素量のおよそ四分の一を占めると言われています。

大気中の二酸化炭素濃度の増加や温暖化は、土壌への有機物の供給速度と分解速度のバランスを大きく変えてしまいます。二酸化炭素濃度の上昇や温暖化によって、植物の成長が良くなる



▲写真4 カナダ中部の北方林の様子  
サスカチュワン州キャンドルレイク付近(北緯53度)

ことは、炭素蓄積量を増やすことにつながります。しかし、それ以上に有機物の分解速度が速くなれば、土壌中に蓄積されていた大量の炭素が二酸化炭素の形で大気中に放出されます。これはさらに地球温暖化を加速する結果となります。

## 土壌中の有機物の分解

### — 土壌微生物をめぐる問題 —

紙面の都合上、ここでは土壌中の有機物分解に絞って話を進めることにします。有機物の分解を担っているのはおもに微生物ですので、温暖化の影響を予測するためには、温度と微生物活性の関係を知ることが重要となります。微生物活性の温度依存性については古



写真5 北極スバル諸島、東フレック  
カー氷河末端域の様子(北緯七九度)  
近年、急速な氷河の後退が起きている。

くから研究されていますが、最近になって、低温域での微生物の温度依存性は、温暖な場所と比べかなり異なるのではないかとということが指摘されています。

平成六年から、国立極地研究所が中心となって、北緯七九度に位置するスバル諸島のニールスン(ノルウェー領)の観測拠点で、氷河後退域の生物に対する環境変動についての研究が行われています。私もこのプロジェクトに参加し、土壤微生物の温度依存性についての研究を行いました。

研究は現在も進行中ですが、北極域と温帯域の土壤微生物の性質の違いが明らかになりつつあります。ニールスンには、ノルウェー以外にもイギリスやドイツなどの基地があり、北極の環境問題についてのさまざまな研究が行われています。

長期間の環境変動は、微生物活性以外にもさまざまな変化を引き起し、それが間接的に有機物分解速度に影響を及ぼす可能性があります。

たとえば最近、葉に含まれる窒素やリンなどの栄養塩濃度が気候条件によって左右されることが明かになっています。このような葉の質的な変化は、落葉の分解されやすさに影響します。実際に、ある種のコケの分解を指標にして、カナダの北方林と日本の亜高山帯林の分解速度を比較したところ、温度だけでなくコケの窒素含有率が分解

速度に大きく関係していることがわかりました。

したがって、温暖化によって植物の栄養塩濃度がどのように変化するかという点も、温暖化の影響予測には重要となります。また、温暖化によって、土壤の微生物相がどの程度変化するかについても調査する必要があります。

土壤微生物をめぐる問題はほかにもあります。先ほど述べましたように、有機物の分解を担っているのは微生物ですが、土壌中の微生物がすべて分解に関わっているわけではありません。中には植物から直接有機物をもらって、代わりに植物にリンなどの栄養塩を供給している菌類もいます。これらは菌根菌と呼ばれています。多くの生態系では莫大な量の菌根菌が存在していて、植物の栄養塩吸収に決定的な影響を与えていると推測されています。

このことは北方域についてもあてはまり、ツンドラに生えるヤナギやチョウノスケソウといった植物の根には、さまざまな菌根菌が共生していることが知られています。北方林では、林床の落ち葉をめくると、菌根のものとと思われる菌糸がびっしりと繁殖しています。ところが現時点では、この菌根菌の量もそれらを介して流れる炭素の量も、正確に測ることができません。また、これらの菌根菌が環境変動によってどのような影響を受けるのかについても、

ほとんどわかっていません。土の中にはいまでも大きなブラックボックスなのです。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)：地球温暖化に関する科学的知見をまとめ、温暖化防止政策に役立てるための国連の組織)の最新のレポートは、人為的活動による地球温暖化がすでに起こりつつあることを認めています。確かに、北極では最近、急速な氷河の後退が起きている(写真5)。温暖化が生態系にどのように影響するのかをいち早く捉えるためにも、北方域の研究は今後ますます重要になってくるでしょう。

プロフィール



(なかつば・たかゆき)

- ◆一九六〇年東京生まれ
- ◆広島大学総合科学部助手
- ◆一九八九年早稲田大学大学院理工学研究科博士課程後期修了
- ◆理学博士
- ◆専門II植物・微生物生態学。特に極地や高山、火山噴火跡地など、厳しい環境の中で生きている生物に興味をもっています。