

2012 年 11 月 17 日 (土)

15 : 15 ~ 16 : 35

ボルファートとやま 4F 「珊瑚の間」

第 3 回 2 時限

「高山帯における植物と動物のつながり」

講師 富山大学極東地域研究センター

教授 和田 直也 氏

1. 高山帯とは

高山帯の定義は国によりあるいは研究者により異なる。ただ、標高の低い所には森林を形成するエネルギーがあって、そこに生きている生物の数も非常に多く、豊かな森林生態



系が存在しているのに対し、標高が上がると樹木の高さがどんどん低くなり、その密度もまばらになっていき、やがて森として成立しなくなる。これを森林限界と言うが、それ以上の標高帯を広義の高山帯と呼んでいるのは世界共通のようだ。

スイスの大学の研究者が、今年「高木限界」の本を出版したが、この本では高さが 3m 以上の高木種が存在しないということが高山帯の定義となっている。また、植物の生育の

2012 年度森里海のつながり講座
第 3 回 2 時限「高山帯における植物と動物のつながり」

限界温度は大体冷蔵庫の中の温度ぐらいで、月の平均気温が 5℃ぐらいだとあまり成長できないという研究もある。同時に、水分があることも大事である。また、標高が高くなって気圧や気温が低下していくと、光合成に適した期間が少なくなり、光合成から得られるエネルギー量が減っていくことから、背の高い森林は成立しがたくなる。

○中国と北朝鮮の国境にある長白山（白頭山）の森林の移行帯では、背丈の低い植生の中に少し高木が混じっているが、これより標高が増していくと高木は見られなくなる。また、山頂付近から中国側を見下ろすと、谷沿いは少し上がってきているものの、落葉樹林の薄い色と常緑樹林の濃い色を隔てる境界線がはっきりと分かる。



日本の場合、この森林限界の移行帯にハイマツという植生帯が入り込んでいるのが一つの特徴である。ハイマツは亜高山性の森林と共通する生産量を持った植生帯だが、その丈は高くない。日本の高山帯では 3m を超すような樹木はないと思う。

2. 高山帯の植物

雪は高山帯の環境を決定する大きな要素である。高山帯には風上に当たる稜線部と風下

に当たる斜面部がある。冬季の季節風により、稜線部の雪は吹き飛ばされて風衝地ができ、風下に吹き溜まりができて、夏まで雪が解けない雪田ができる。風衝地と雪田の地面の温度は対照的で、10 月を出発点として翌 9 月までの温度を計った研究によると、風衝地では冬を迎えると温度が下がって、 -15°C 台になって凍結し、2 月中旬以降は気温の上昇とともに地面の温度も上がって 0°C 以上なる。反対に積雪が 2m 以上ある雪田では雪の断熱効果が作用して、雪の表面が -20°C になっても、その冷たい空気は雪の層を通して地面には到達できないので、凍結はしない。そして、雪が解けるといきなり温度が上昇して、植物の成長が可能になる。従って、風衝地では比較的長く光合成の時間が確保できるが、雪田では冬季の凍結はない代わりに光合成ができる時間が非常に短くなる。このような環境の違いが植物の生育にも大きな影響を与えていると思われる。しかも、高山帯では、このような対照的な環境が空間的に近い所に位置している。

このような環境の違いから、稜線部から片側の斜面にかけて、一番上は風衝矮性の低木群落があり、それより少しだけ雪の保護を受けるような所にハイマツの群落が成立している。また、雪田のように常に湿潤で水が溜まるような環境では、背丈の高い多年生の植物の群落が生育する。また、遅くまで雪が解けない所ではコケ類や地衣類しかいないような群落も見られる。

3. 高山帯における循環

高山帯での植物と動物のかかわりについて、三つの観点からお話ししよう。一つはエネルギー循環の観点、二つ目は物質循環の観点、三つ目は生命循環の観点である。

生態系におけるエネルギーと物質の流れを示す。最初に、太陽の光のエネルギーが生態系に投入される。しかし、その太陽エネルギーの数パーセント程度しか光合成によって固

2012 年度森里海のつながり講座
第 3 回 2 時限「高山帯における植物と動物のつながり」

定されることはない。エネルギーの観点から見ると、植物は生態系におけるエネルギーの生産者で、植物を食べる動物は消費者であり、菌類は生物の遺体を分解する分解者である。動物が植物を食べると、植物が生産したエネルギーが動物に移ることになるが、その際の消化や吸収の効率があるので、100%のエネルギーが生産者から消費者に伝わることはない。大体 1 割程度しか伝わらないので、生態系の上位になるに従いそのエネルギーの量が少なくなり、その結果として大型肉食動物は数が少なくなる。また、エネルギー循環は一方方向であり、やがて消滅する。つまり、太陽の光が来なくなれば生命活動はできなくなるということだ。

それに対して、炭素や窒素は生態系を循環していく。標高が高くなっても、窒素などは大気中に窒素を固定する菌がいれば、そこから窒素を生態系に投入できるし、雨の中に窒素が入っていることもある。しかし、リンは重たい元素で循環しにくい物質である。従って、いったん流れると、それきりになってしまう。岩石の風化によって生態系に供給されることもあるが、動物が移動することで糞や遺体、死骸として運んでくれる方が大きい。また、河川を自然遡上してくるサケの仲間が海の栄養源を運んできて、それをクマが食べているいろいろな所にばらまけば、昆虫などの節足相物がまたそれをばらまいて、それを植物が吸収するといった物質循環系が出来上がっている。

また、植物の特性として、水の中は別として、陸上ではある場所に定着して生きている。それに対して、動物は餌を求めて移動する。植物は基本的に動物に食べられてしまうが、動物の移動能力を利用して繁殖するものも多く見られる。例えばイメージしやすいのは、植物の花粉を動物が運ぶという形で、富山大学の石井先生が立山などの高山でどのような昆虫類が花粉を運んでいるかを調べておられる。マルハナバチの仲間やハエ、アブの仲間

の双翅目や甲虫類が多いようだ。植物は蜜を生産して、昆虫類に褒美として与える一方で、自分の生産した遺伝子をほかの個体に運んでもらっているのである。

森林総合研究所の大谷達也さんが、10 年以上前に、標高の低い所から高い所にかけて、液果を付ける樹種の割合の図をまとめた。標高が高くなると森林面積も減っていき、気温も下がっていくので植物の生産量も低下する。従って、そこで暮らしている動物の数も減って単調な植生になっていくので、動物に頼った方法で種を付ける植物が減るのではないかとはじめは予想された。液果を付けるということは、それを動物が食べて糞として排出されることを通じてその種子が散布される割合が高いということだが、標高が高い風衝地でも高山性針葉樹の低木林でも 50%程度は液果を付けている。すなわち、高山帯でも種子散布に関して植物と動物との深いかかわりが見られるということである。

4. 種子散布にかかわる動物

4-1. ハイマツとライチョウの個体数の関係

北日本新聞社が出版した『大いなる遺産 立山黒部 100 万年の輝き』という本の中にある写真を見ると、ライチョウは冬、積雪が少なく、露出している風衝地から食物を得て越冬していることが分かる。また、亜高山帯の常緑性の森林の葉っぱもついばんでいるということも聞いている。風衝地とは生物季節が早く進行する場所であるが、ライチョウはこういう場所を利用して食べ物を得ている。春には栄養化が高い花を食べて卵を産んで温め、夏から秋にかけては生物季節が遅いような植生群落の葉っぱや種子を食べて冬に備えるわけである。また、地表を覆っている植物は動物の隠れ家や繁殖する場所ともなる。ここで繁殖しているライチョウにとっても、ハイマツの群落が重要になってくるということである。



動物の個体数を n 、時間を t として、1 年間にどれくらいの数が生まれて、どれくらい死んだのか、またどれくらいの数が外から入ってきて、出ていったのかを調べた研究がある。研究者たちは動物の数と食物の関係も研究している。2000 年に発表されたワトソン氏の論文では、スコットランドのライチョウの増減に周期性があるとしている。そして、1 年前の個体数に対しては正の効果があり、4 年前の個体数に関しては負の効果があるとしている。すなわち、4 年前に数が多いと 4 年後には数が少なくなる傾向がある。それ以外にも、夏の気温が高いと、恐らくエネルギーの生産者の生産力が上がって、利用できる食べ物が増えることから、個体数にはプラスの効果があるとされる。

立山のライチョウに関しても、毎年一定の数があるわけではない。夏の気温だけではなく、冬の気温や積雪の多さも関係するよう思う。それで、北極振動指数を使って立山地帯の冬の厳しさの度合いを調べてみることにした。この値が高いと暖冬傾向になって、この値が低いと厳しい冬になることが知られている。これで見ると、厳しい冬には個体数が減って、繁殖数も減る傾向があるのではないかということが見えてきた。

私は、ライチョウの餌となる資源量はハイマツの成長に比例していると仮定し、ライチ

2012 年度森里海のつながり講座
第 3 回 2 時限「高山帯における植物と動物のつながり」

ヨウの個体数との関係を推測することも試みている。その結果、1 年前のハイマツの成長が悪いとライチョウの数も少なく、ハイマツの成長が良いとライチョウの数も多いという関係が見えてきた。ハイマツの枝の成長を観察してみると、夏の間には生育して、夏のお盆を過ぎると成長が止まって、翌年伸びるための栄養を蓄えるために冬芽を付ける。冬芽ができると節ができるので、節の間をたどっていくと、過去 20~30 年ぐらいの成長を見ることができる。これは幾つか違った場所で観察したが、平均を取ってみると個体間の同調が見られた。

なぜこういうことが起こるか。その理由として、森林帯を抜けると、枝の間で太陽の光をめぐる競争があまり起きず、むしろ気温等、広い範囲に作用する環境条件によって変動が起こるという一つの予測が立つ。実際に気温の変化と 1 年間に伸びた枝の長さを対応させると、統計的には有意な関係が見られる。これは 1 年後れなのだが、1 年前の夏の気温が高いと枝の伸長量が良いという関係が見られる。

すなわち、ライチョウの数の変動に対して、外的な要因の中では、高山植物の成長量を間接的に示していると思われるハイマツ枝の伸長量を説明変数に組込んだ場合、60% ぐらいの説明力があると考えられる。これはハイマツ自身をライチョウが食べ物として利用しているのではなく、夏の気温が高く、ライチョウが食べ物としている植物の生産量が上がると越冬する個体が増えるという、生態系ピラミッドのボトムアップの効果を示唆していると思われる。

また、滋賀県立大学の学生であった曾根さんの研究によると、立山のライチョウ、テン、キツネの糞から取り出した種子を調べたところ、ライチョウの糞の中にはガンコウランの種子が多く見られ、テンやキツネの糞からはベニバナイチゴの種子が多かった。種子のサ

イズはガンコウランが一番小さく、ベニバナイチゴの種子は大きくて重量がある。また、糞の中の種子が破壊されていたかどうかを見ると、ガンコウランは破壊された割合が低い
ため、種子散布者としてのライチョウの有効性が示唆されている。ベニバナイチゴはキツ
ネよりもテンの方が未消化状態のものが多かったらしい。すなわち、ベニバナイチゴの散
布者としては、キツネよりもテンの方が適しているということである。

4-2. 種子の第 1 次散布者・・・カケスとクマ

カケスはカラスの仲間なので、記憶力が高くて貯蔵の習性があり、積雪前にハイマツの
松ぼっくりを集めてくる。平地のアカマツやクロマツの松ぼっくりは下向きに付いている
ので、羽根を持つ小さい種が風で飛ばされるが、同じマツ属でもハイマツの松毬は上を向
いていて、乾燥してもあまり開かず、鳥によって運ばれるのを待っている。また、カケス
の仲間の北米のホシガラスは、ほほに種をいっぱい含んで 20km を超える距離を運ぶこと
が知られている。日本のホシガラスは富士山など高山帯で繁殖しているという報告がある
が、普通は森林に巣を設けて繁殖して、秋に高山帯へ出向いてハイマツの種子を利用する
とともに、越冬のために地面に埋めたりする。そのうち利用されなかったものがやがて芽
を出し、種子散布が行われることになると思われる。

2012 年度森里海のつながり講座
第 3 回 2 時限「高山帯における植物と動物のつながり」



クマについても調べてみた。私は極東地域研究センターに所属しているので訪れる機会があったのだが、極東のアムール州北部の無人地帯で調べた。日本よりもかなり大きいコケモモが生えている。少し湿ったカラマツの林床植生において、一面に生えているコケモモを狙って、ヒグマの仲間がやって来る。また、山のトップに行くと日本のハイマツのような矮性の高山植生の周りにもコケモモが生えている。



2006 年 10 月には、立山のカルデラの展望帯から少し入った所で調査をした。ハイマツの中に入るとクマの糞があった。やはりいろいろな種を食べている。

4-3. 種子の第 2 次散布者・・・野ネズミ

クマと植物の関係を説明した文献を探してみると、先ほどのカケスの調査もしている研究者の報告論文があった。彼は北米の少し乾燥した地のブラックベアの糞を調べ、サクラ属の植物の種子を見つけている。彼らは同時に、その糞の中の種子の残存率も調べている。そうすると、サクラ属のクロウメモドキに近いもの、ミズキの仲間などが 1 カ月もすると糞の中からなくなっていた。これらの種子はそのままクマの糞の中にあると芽が出ないが、野ネズミにより分散貯蔵されると、地表面に浅く埋められるので、芽生えるチャンスが出てくるのである。北米の例では、どうやらクマは 1 次散布者で、野ネズミが 2 次散布者となっているようだ。

日本では、中部で調べられた研究があった。やはりクマの糞の中でサクラ属やミズキの種子が残っている割合は 1%未満で、多くの種がどこかに消えている。その様子を自動撮影装置で撮影すると多くの野ネズミが来ていることが分かる。網の目が 1mm と 10mm のメッシュをクマの糞の上にかぶせて実験をすると、1mm だと種子の消失が起こらず、発芽も起こらなかった。10mm のメッシュでは、自然状態では多くの場合は 4 日以内に種子がなくなっている。自動撮影装置で撮影した写真では、糞から種子を取り出している動物の 98% はアカネズミとヒメネズミ、つまり野ネズミだった。また、野ネズミの貯蔵により発芽した種子の割合は 1~2%で、最初の段階から数えると〇・数パーセントか〇・〇数パーセントとなるが、これは決して低い値ではない。

また、主にテンなどの食肉目の動物も種子を食べていることが知られている。高山帯で

2012 年度森里海のつながり講座
第 3 回 2 時限「高山帯における植物と動物のつながり」

調べられた例だが、テンの糞の中にタケシマランやベニバナイチゴの種子が見いだされたのである。食肉目の動物というと、小型の動物を毎日食べているというイメージを抱きやすいが、秋にはこういった植物の種を食べているということだ。恐らくこれに 2 次散布者としてネズミが絡んでくるのであろう。