

牧野 富太郎 (1956) 日本植物図鑑、増補版
 東筑郡誌刊行会 (1956) 東筑摩郡誌、自然篇
 館 脇 操 (1953) 植物の分布、河出書房
 小 泉 秀 雄・横 内 斎 (1957) 日本中央アルプス植物誌
 諏訪教育会 (1960) 諏訪の植物
 小 泉 秀 雄・横 内 斎 (1948) 木曾谷の植物
 内 務 省 (1948) 上高地天然記念物調査報告
 里 見 信 生 編 (1966) 北陸の自然
 矢 沢 米 三 郎・河 野 齡 蔵 (1929) 日本アルプス登山案内
 正 宗 厳 敬 (1956) 植物地理学新考、北隆館

標 高 と 植 物

名 取 陽

Y. Natori: Altitudinal variation of some plants

高山において、標高変化にともなう環境の変化が、植物におよぼす影響は非常に大きく、折にふれ、同一種の植物でも生育地によつて、その形態上の差に驚かされるものである。この問題について、葉の形態（気孔の数、毛の有無など）、花の形態、根の形態など高山植物一般の形質が、他の低地植物とは、どう違うかという点については、外国ではボナー (1924) をはじめ、日本でも河野 (1917) など古くから、いろんな研究がなされている。しかし、標高変化によるいろんな環境条件の変化に応じて、植物の形態が量的にどのように変つてゆくかという問題について、統計的に検討した例は少いように思われる。そこで、こういう観点から二三の植物について検討したところ、標高変化にともなう形態の量的変化にも、ある法則性が見られたので、それについて、以下述べて見たい。

I ホタルブクロおよびミヤマアキノキリンソウ

1. 材料・方法および調査地の環境

1961・1962年の8月中旬、八ヶ岳の低山帯から高山帯にかけて広範囲に分布するホタルブクロ、ミヤマアキノキリンソウの調査地を、長野植研・2号・1969年5月

ルブクロおよびミヤマアキノキリンソウを採集した。ホタルブクロは八ヶ岳の阿弥陀岳、御小屋尾根の尾根すじにそつて、標高1650mからその分布の上限である2200mまで、標高100mおきに、ミヤマアキノキリンソウは、御小屋尾根の尾根すじにそつて標高1900mから2800mまでと、赤岳県界尾根の尾根すじにそつて標高1800mから2900mまで、標高100mおきに採集した。各地点で完全に花の開いたものを11~37本ずつ採集した。標本は腊葉として乾燥した後、重量を測定して、各標高別に標本平均を算出した。

御小屋尾根は、八ヶ岳のほぼ中央に位置する阿弥陀岳(2807m)より標高1500m附近まで、真西へ一直線に延びた急傾斜の尾根であり、県界尾根は、八ヶ岳の主峰、赤岳(2899m)より標高1450m附近まで、東へ一直線にのびた同じく急傾斜の尾根である。両尾根とも、植物の垂直分布の上から、標高1600mあたりまでが低山帯に属し、2500m位までが亜高山帯となり、標高2500m付近で森林がつきハイマツが現われ頂上にかけて高山帯となる。

ホタルブクロは、標高1300m付近の裾野一帯から、御小屋尾根の標高2200m付近まで森林のとぎれた向陽の草原に断続的に生育している。またミヤマアキノキリンソウは、御小屋尾根、県界尾根ともに標高1800m付近の亜高山帯より頂上にかけて尾根すじにそいほとんど連続的に生育している。

2. 結果および考察

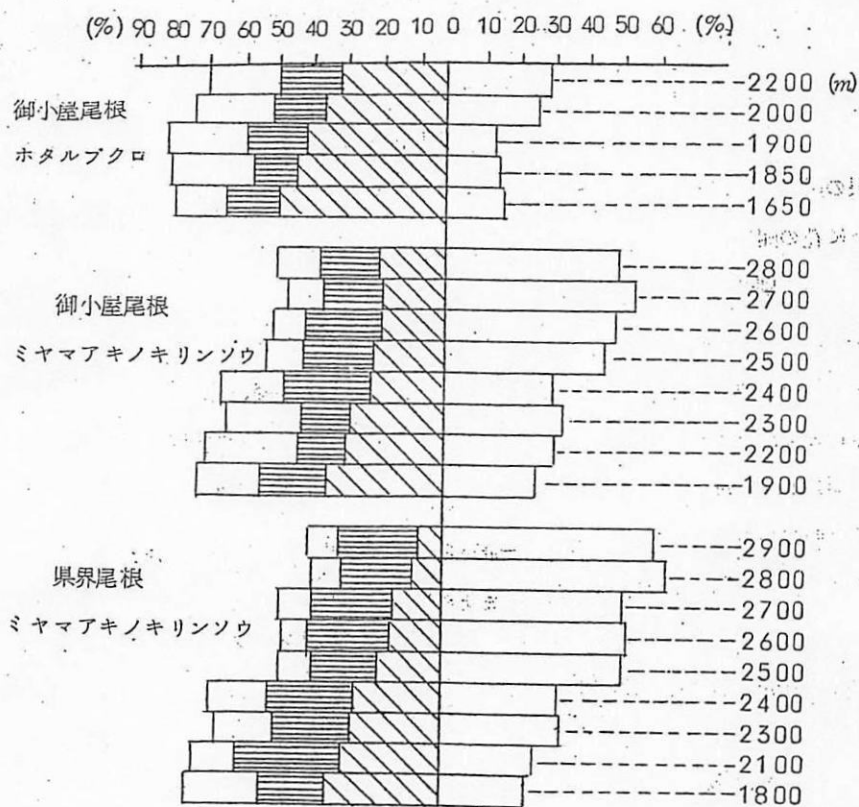
ホタルブクロは標高1650mの2580m^gより標高2200mの368m^gまで、御小屋尾根のミヤマアキノキリンソウは標高1800mの6740m^gより、2800mの903m^gまで、標高が高くなるにつれて平均個体重量はいずれも急速に減少している。

(1) 全重に対する各部分の割合の変化

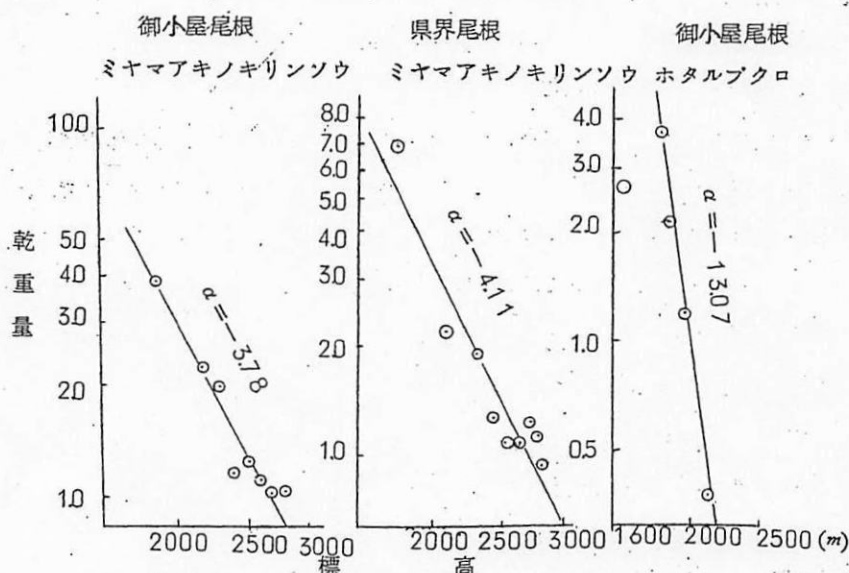
図1は、2つの尾根の各標高における、花・葉・茎および根の重量を、全個体重に対する割合であらわしたものである。図から明らかなように、御小屋尾根におけるホタルブクロでは、83%から72%まで、御小屋尾根におけるミヤマアキノキリンソウでは、75%から52%まで、県界尾根におけるミヤマアキノキリンソウでは78%から44%まで、いずれも標高が増すにつれて、地上部重の割合が減少する。一方地下部重の割合は、ホタルブクロでは17%から29%まで、御小屋尾根のミヤマアキノキリンソウでは25%から48%まで、県界尾根のミヤマアキノキリンソウでは22%から56%までといずれも標高が増すにつれて急激に増加している。

これは標高の増加による土壌条件の変化および、風速の増加など生育環境の連続的な変化に対する適応のあらわれと考えられる。同様に茎重の割合については、各尾根、各種とも標高が増すにつれて徐々に減少している。

花重・葉重の割合については、標高変化にともないはつきりした変化はみられない。



オ1図 標高変化にともなう、各部分重の割合の変化



オ2図 標高と個体量との関係

図2は、横軸に標高を、縦軸にその標高での平均個体重を両対数でプロットしたものである。図に明らかなように、プロットした点はほぼ直線となり、標高とその標高での平均個体重の間には、

$$W = k f^{\alpha} \quad (W: \text{個体重} \cdot f: \text{標高} \cdot k, \alpha: \text{定数})$$

の式で示される関係式が成り立つ。この式は f に個体密度や、灌水量など、植物の生育条件を規定する数をとつた場合に広く成立することが知られているが、 f に標高をとつた場合でもよく適合することがわかる。グラフの直線の勾配が定数 α の値を示すが、この α の値の大小により、標高変化にともなう重量変化の度合の大きさを知ることができる。すなわち、ミヤマアキノキリンソウでは御小屋尾根が $\alpha = -3.78$ であり、県界尾根が $\alpha = -4.11$ であるから、県界尾根において勾配 α の絶対値は大であり、したがって標高変化にともなう重量の変化も県界尾根で大であるといえる。また、ミヤマアキノキリンソウでは $\alpha = -3.78$ および、 $\alpha = -4.11$ であるのに対し、ホタルブクロでは $\alpha = -13.07$ で、 α の絶対値は大きく、標高による影響がホタルブクロで著しいことがわかる。ミヤマアキノキリンソウは元来高山性のものであり、相当の高山まで生育するが、ホタルブクロは元来低地性のものであり、標高2200m付近が分布の上限である。したがって標高の影響はホタルブクロでより大きいと考えられる

(3) 標高変化にともなう地下部重と地上部重の割合の変化

各標高の標本から、地上部の平均重量および地下部の平均重量を算出して、各標高別に、地上部重を y 軸に、地下部重を x 軸に、対数目盛でプロットしたものが図3である。

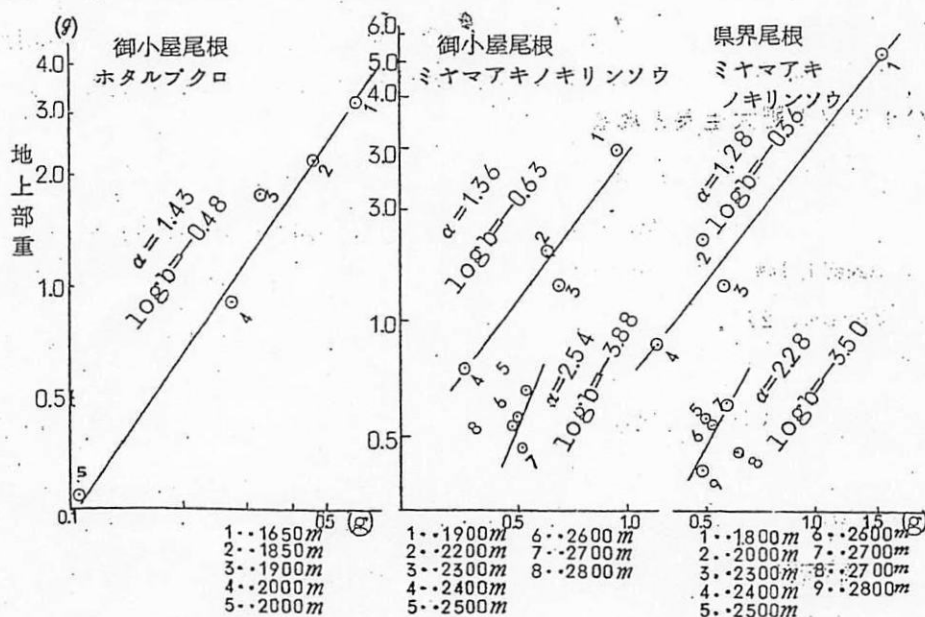


図3 標高変化にともなう、地下部重と地上部重の関係

図3から明らかなように、プロットした点はほぼ標高の順に直線状にならび、地上部重 y と地下部重 x との間に、

$y = bx^{\alpha}$ (b は、その対数値が図3で y 切片として示される定数、 α は図3で直線の勾配として示される定数)

の関係式が成り立つことがわかる。すなわち、地下部重に対する地上部重の割合も、標高の変化にそつて法則的に変化していることがわかる。そしてこの場合も直線の勾配であらわされる α の絶対値の大小により、その変化の度合が示される。

ホタルブクロにおいては $\alpha = 1.43$ であり、 $\alpha > 1$ であるから、標高変化による、 y 軸にとつた地上部重の変化の方が、 x 軸にとつた地下部重の変化よりも大であり、標高が増すにしたがつて、地上部重の地下部重に対する割合は小さくなることを示す。ミヤマアキノキリンソウでは、御小屋尾根、県界尾根いづれにおいても標高2400mと2500mを境として直線は2相に分れ2400m以下と、2500m以上では変化の様相が異なることがわかる。

すなわち、 α の値は2500mより高い区域では、2400mより低い区域のおよそ2倍である。したがつて、標高変化による地下部重と、地上部重の割合の変化は、標高2400mと2500mの間を境として異なり、標高2500m以上では標高2400m以下よりその変化の度合は急激となる。すなわち、標高2500m以上においては、2400m以下に比べて、地上部重の変化が地下部重の変化より一層著しいことがわかる。前述したように、御小屋尾根および県界尾根における森林限界が、標高2500m附近であることを考えあわせると、森林限界を境としてミヤマアキノキリンソウの生育環境が不連続であり、森林限界より上部では、環境の変化がより急激であることが考えられる。

II ハイマツの肥大生長と標高

1. 材料・方法および調査地の環境

1964年および1965年の夏、乗鞍岳の位ヶ原において、道路作りのため切られたハイマツの切株を、地表約10cmの位置で円板状に切り取り標本とした。採集地は位ヶ原の標高2450m、2550m、2650m、2750m、2850m附近の5地点で、各地点で無差別に19ヶ〜98ヶずつ合計652ヶの標本を採集した。また、1967年および1968年の夏、北海道の羅臼岳・大雪山・ニセコアンヌプリで同じく道路作りのため切られたハイマツの切株を大雪山49ヶ、羅臼岳で10ヶ、ニセコアンヌプリで13ヶ採集できたので、それらも合わせて標本とした。

顕微鏡で、木質部の年輪数を数えた後、長半径・短半径を測定して、長半径年輪厚 $\left(\frac{\text{長半径}}{\text{年輪数}}\right)$ 、短半径年輪厚 $\left(\frac{\text{短半径}}{\text{年輪数}}\right)$ および平均年輪厚 (長半径年輪厚と短半径年輪厚の平均) を計算した。そして、これらの採集地点別の平均値を算出して、各地点の幹の肥大成長量 (年輪厚) のちがいを、生育地の環境条件と関係づけて考察した。

乗鞍岳は標高は3000mに達する高山であるが、火山地形のため、ゆるやかなスロープをもつ山岳であり、標高1800m附近から2400m附近までは森林帯であり、その上部には広大なスロープにそつて位ヶ原のハイマツ群落が広がっている。頂上直下の標高2900m附近から標高2400mの森林限界附近まで、カレ地と雪溪を除いてほとんどハイマツで埋めつくされている。

羅臼岳は、北海道の知床半島のほぼ中央、北緯43°10'に位置する標高1661mの山岳であり、標本採集地はその北斜面に広がる、標高1500m附近のハイマツ群落で、ここはオホーツク海からの北風が正面から吹きつける場所である。大雪山は北海道のほぼ中央に位置し、その主峰旭岳は標高2290mに達する広大な山塊である。その火山地形に由来するゆるやかな斜面は、ハイマツ群落で埋めつくされている。標本採集地は、旭岳西方に広がる、標高1600m~1700mの沼の平である。

ニセコアンヌプリは、北海道でもずつと南部に位置し、羊蹄山に接する火山連峰であり、標本採集地はその西斜面の標高わずか740mの地点であり、ハイマツはダケカンバ・アカエゾマツなどと混生し、ほとんど立ち上るような形態を示していた。

2. 結果および考察

高山植物の年輪はその厳しい生育条件のため、厚さが非常に薄いことが知られている。ハイマツにおいても、乗鞍岳位ヶ原の全標本について年輪厚の平均を算出すると、0.24mmとなり非常に小さな値を示し、武田(1962)の本邦各地のハイマツの平均0.44mmより大分小さな値である。

乗鞍岳立ヶ原の各採集地点における、年輪厚の平均を求めてみると、標高2450m・2550m・2650m・2750m・2850mの地点で、それぞれ0.33mm・0.35mm・0.26mm・0.30mm・0.24mmである。羅臼岳では0.23mm、大雪山沼の平では0.46mm、ニセコアンヌプリでは0.65mmであり、グラフで示すと図4の如くである。したがって、最小0.24mmから最大0.65mmまで各地点によりかなりの差が見られる。

年輪厚は肥大生長の度合を示し、ハイマツの生育の良否を示すものであるが、生育の良否は生育地の環境条件によつて決定される。

図4に示される位ヶ原における生育地の標高と年輪厚の関係を見ると、標高が高くなるにつれて、年輪厚もほぼ平行して減少するような傾向が見られる。しかし、標高2650mの地点は位ヶ原の中でも、突出した尾根状の場所であり、風衝地で冬期の積雪量も少く、年輪厚も標高に関係なく小さくなっている。すなわち、ハイマツの生育環境を左右する条件は気温・土壌・風など複雑であり、単に標高だけによつて一義的に決定されるものではない。水分・風・土壌などのハイマツの生育を左右する条件が、ほぼ標高と平行して変化しているため、標高が上るにつれてそれとほぼ平行してハイマツの年輪厚の減少が、二次的にあらわれるにすぎない。

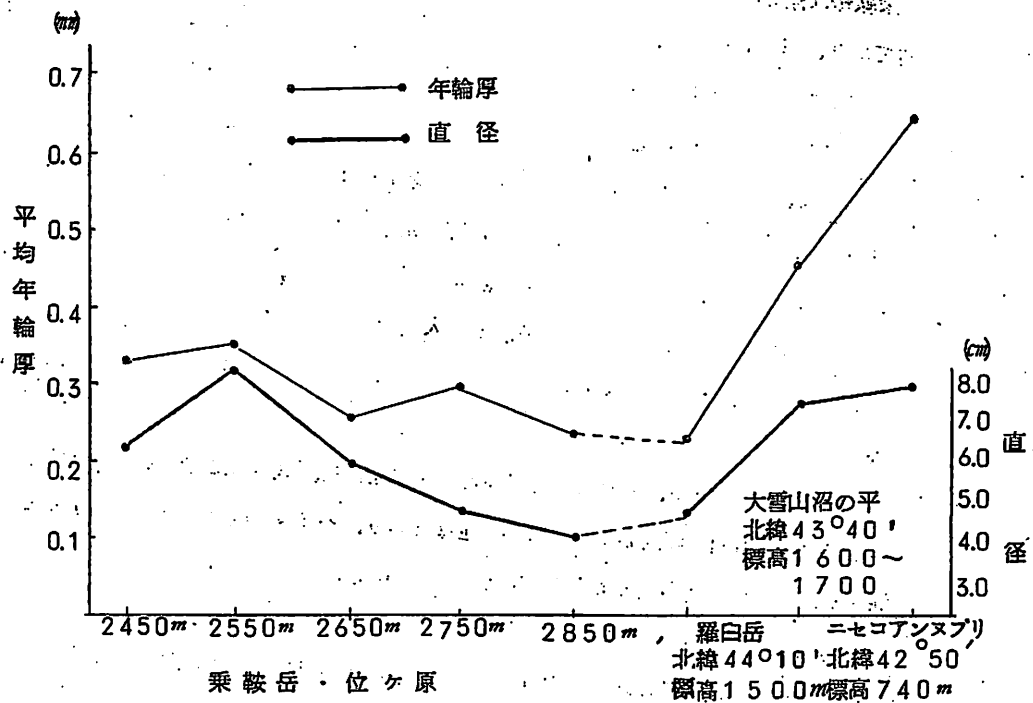


図4 各地のハイマツの平均年輪厚および平均直径

さらに、乗鞍岳のハイマツと北海道のハイマツの幹の肥大生長を比較してみよう。羅臼岳では平均年輪厚が0.23mmであり乗鞍岳のものとほぼ同じ値である。羅臼岳の標高は1500mで、乗鞍と比べて1000mも低い。北緯44°10'という乗鞍よりずっと北の位置にあり、また、オホーツク海から吹く風も強く、ハイマツの幹の肥大生長は、本州中部の3000mの山岳である乗鞍岳とほぼ同じと考えられる。ずっと南に下り、北緯43°40'の大雪山、沼の平では、平均年輪厚は0.46mmで、幹の肥大生長は羅臼岳・乗鞍岳に比べずつと大きい。さらに南に下つて、北緯42°50'標高740mのニセコアンヌプリのハイマツは、平均年輪厚0.65mmと乗鞍岳のもののほぼ3倍の値を示し、ハイマツの幹の肥大生長も乗鞍岳の3倍に達すると考えられる。なお各地点におけるハイマツの最大直径の平均値も、図4に示すように、ほぼ平均年輪厚と同様の変化を示している。