

## 葉を観て過湿環境を評価する アカエゾマツの葉から分かること

真坂一彦・山田健四・佐藤弘和

林道の敷設や造林地の無理な造成などにもとない、地下水流が変化して滞水・過湿環境が発生し、林木が枯死したり衰退することがあります。いうまでもなく、枯死・衰退原因を特定して対策を講じないと、改植のたびに同じ轍を踏むこととなります。しかし、滞水・過湿化する土地であっても、地形上、必ずしも降雨時でも飽和地表流が見られない場所や、季節や年によっては滞水・過湿化しない場所も存在します。そのような場所では、何度調査しても原因を特定できないことがあります。また、滞水・過湿化であろうという仮説を提案できたとして、土壤水分計などの精密機器を設置して長期間にわたって観察しようと思っても、機械が高価なため、いつでもすぐに測定できるものではありません。たとえ土壤水分計を使えたとしても、それによって得られた値が、樹木の成長に影響を与えるほどのものなのかどうか判断することは現実的に難しいものがあります。

そこで、樹木の葉を、いわゆる「生物センサー」として使えないだろうか？ と考えてみました。一般に、葉の性質は滞水・過湿の影響を受けやすく、それゆえ、樹木の耐滞水性の指標となりうるものが指摘されています。たとえば、滞水・過湿条件におかれた樹木の葉では、光合成速度の低下や、寿命の変化、小型化がみられます。小型化するというのは、すでに展葉しきった葉が縮んで小型化するのではなく、あらたに展葉しようとしている葉が十分に成長できず、小さいサイズに留まってしまうことをいいます。ここでは、この葉の小型化という現象を利用して、葉を生物センサーとするアイデアを検討してみました。

### 過湿地に植栽されたアカエゾマツを用いる

調査は、オホーツク海に面した常呂川流域に位置する訓子府町内の畑地で行いました。この畑地は常呂川の河岸段丘面上に開墾され、秋まき小麦が植えられているのですが、地形が集水型で、河岸段丘崖に地表流が流れ込みやすい状況になっています。そのため谷部ほど過湿環境が発生しやすくなっており、河岸段丘崖に接した場所で侵食が進んだため、1980年度と1999年度に治山事業が行われました。そして2000年に、畑地周縁部でアカエゾマツが緩衝林として植栽されました。このアカエゾマツを調査対象としました。アカエゾマツの葉の寿命は、成木で10年にも達する場合があるなど非常に長く、それゆえ、一つの個体から数年分のデータを得ることができるという利点があります。

2004年8月に畑地の地形を測量し(図-1)植栽されたアカエゾマツの根元位

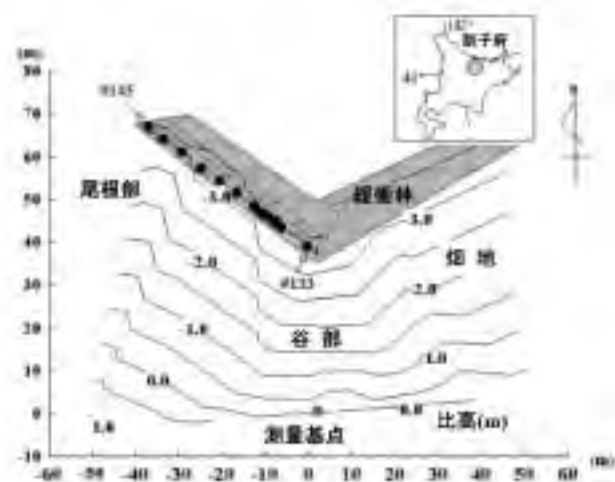


図 - 1 調査地の地形図  
測量基点の比高が0 m。黒丸は調査木の位置を示す。

置の相対的な標高(比高)を求めました。この植栽木から13個体選んで調査木としました(個体番号は#133~#145)。調査木の樹高は38~108cm(平均73.2cm±標準偏差20.6cm)で、比高が高い位置に植栽された個体ほど、樹高が高い傾向が認められました( $r = 0.775$ ;  $P < 0.002$ )。また、この調査と同時にに行った土壌分析により、実際に谷部ほど土壌の含水率が高いことが明らかになっています。

アカエゾマツは針葉樹ですから、ここでは葉のサイズを針葉長で表すことにします。針葉長を測定するため、各調査木の当年枝と2年生枝、3年生枝、そして4年生枝から葉を採取しました。ただし、谷部に植栽された調査木の葉は短命化しており、3~4年生の古い葉は採取できませんでした。採取した葉から針葉長が長いものを20本選び、その針葉長の平均値を求め、その個体のt年の針葉長としました。

### 針葉長は大きく変化する

各個体の毎年の針葉長を図-2に示します。針葉長は長い場合で約13mm、短い場合だと約5mmと、最大で2.5倍以上の差がみられました。全体的には、2001年と2004年の針葉長が長く、2002年と2003年が短いという傾向がありました。一方、個体ごとに注目すると、毎年針葉長が長い個体もあれば、短い個体もあることが分かりますが、針葉長の順位は年次間で大きな入れ替わりは認められませんでした(Kendallの順位相関分析)。

### 針葉長と地形と過湿環境 - 三者の関係 -

各個体の植栽位置の比高と毎年の針葉長の関係を図-3に示します。各年ごとの傾向を相関分析してみると、2002年以外はすべて有意な正の相関が認められました(表-1)。つまり、2002年以外の年では、植栽位置が高い場所の個体ほど針葉長が長く、逆に植栽位置が低い場所の個体ほど短い傾向がありました。この結果は、集水地形の谷部の土壌が、アカエゾマツの葉を小型化させるのに十分な過湿状態であることを示唆しています。谷部における樹高成長の抑制や、葉寿命の短命化なども過湿・滞水ストレスに曝された結果と考えられます。

ただし、2002年を除いた他の年が、同じ程度に個体間差がみられるわけではなく、2003年の傾向は2001年と2004年の傾向と有意な違いがあり(共分散分析)、2003年では比高が中程度の高さの場所でも針葉長が短い傾向がありました(図-3中の記号参照)。このような年次変動はどのような要因によって生じているのでしょうか?

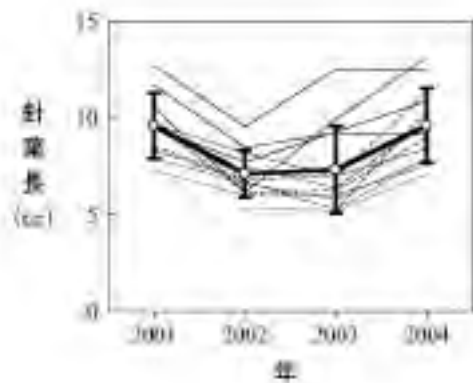


図-2 個体ごとの針葉長の年次変動パターン

太線で結ばれた白丸記号は各年の全個体平均、縦棒は標準偏差を表す。各個体の針葉長の4年平均の大きさ順位で、上位4位の個体が実線、5位~9位の個体が破線、10位~13位の個体が点線で表される。

表-1 針葉長と個体が植栽された位置の比高のあいだにおける相関分析結果

年	相関係数
2001	0.589*
2002	0.442 <sup>n.s.</sup>
2003	0.792**
2004	0.592*

\* ,  $P < 0.05$ ; \*\* ,  $P < 0.01$ ; <sup>n.s.</sup> ,  $P > 0.1$ .

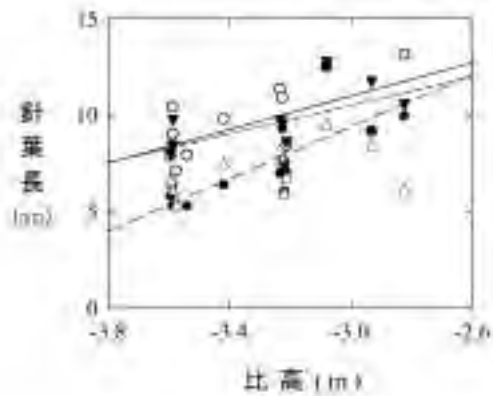


図 - 3 各調査木の位置における比高と針葉長の関係  
 は2004年， は2003年， は2002年，  
 は2001年の針葉長。傾向を視覚化する  
 ため，図中には回帰直線を描き入れ  
 た。実線は2004年，長破線は2003年，  
 短波線は2001年についての回帰直線  
 (いずれも $P < 0.05$ )。

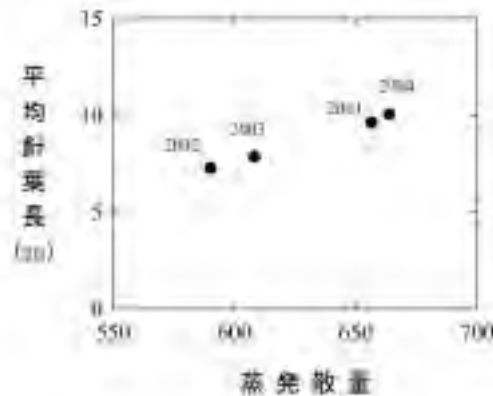


図 - 4 針葉長の全個体平均と蒸発散量の関係  
 蒸発散量はPenman-Monteith式によっ  
 て推定した。ただし，式中の分母を省  
 略するなどしているため，正式な推定  
 値ではない。また，針葉長の全個体平  
 均では，2年分，もしくは3年分しか  
 データのない個体を外した。

針葉長の年次変動は何に対応しているのか

多くの個体において，2001年と2004年の針葉長が長く，2002年と2003年の針葉長が短い傾向が認められた(図 - 2)ことから，針葉長の年次変動には毎年の気象条件が関わっている可能性があります。葉のサイズが決まる時期は，葉の伸長時期であると考えられます。そこで，葉の伸長時期の気象条件と針葉長の関係を検討することにします。ここでは，過湿環境に関連する気象条件として，その土地の乾湿度の指標とされる蒸発散量を考えてみます。蒸発散量が大きいということは乾燥傾向にあることを意味し，また蒸発散量が小さいということは湿潤傾向にあることを意味します。アカエゾマツの葉の伸長時期は5月～6月なので，この時期の蒸発散量を気象データや理科年表などから推定し，その推定値と針葉長の全個体平均値との関係をみたのが図 - 4です。この図から，毎年の蒸発散量と針葉長のあいだに，きわめて密接な関係がありそうなのが窺われます。つまり，比較的乾燥した年は針葉長が長く，湿潤な年は針葉長が短いということです。実際，2004年は全国的な猛暑で，2002年と2003年は北海道では冷夏でした。最も蒸発散量が低いと推定された2002年は，植栽位置に関わらず，全体的に葉の成長が抑制されたのでしょう(図 - 3中の 記号)。また，2003年は冷夏とはいえ，2002年ほど湿潤環境ではなかったため，比高が高い場所に植栽された個体だけは滞水・過湿ストレスから免れたのでしょう(図 - 3中の 記号)。このように毎年変動する気象条件が，過湿化しやすい地形の効果と相まって，アカエゾマツの針葉長の個体間差，年次変動に大きな影響を与えていると考えられます。

### 葉のサイズは現場で使える指標か

葉の小型化が生じる要因には、滞水・過湿ストレス以外にも乾燥による水ストレスや気温、純放射量の低下などがあげられています。しかし、乾燥による水ストレスが発生するような場所は、日本ではおもに海浜などの砂地や風衝作用が厳しい稜線、崩壊地や法面のような土壌層が薄い場所、水遣りを怠った鉢植えなど特殊な土地・場所に限られます。一方、気温や純放射量も葉のサイズに影響がないわけではありませんが、葉のサイズのわずか数パーセントにしか影響を与えないようです。それゆえ、一般的な造林形態として植栽されたアカエゾマツの場合、葉の小型化は過湿環境の指標になるため、その葉は生物センサーとしての利用価値があると考えられます。たとえば、針葉長が5～6mmならば、アカエゾマツにとって極度の過湿状態に置かれていると考えられます。もちろん、周辺の地形も併せて評価しなくてはならないのはいうまでもありません。また、今回は長寿命の葉をもつアカエゾマツを利用しましたが、1年生葉しか持たない落葉樹でも、基準となる標準的な葉サイズを把握しておくことで、滞水・過湿環境を評価できるようになるかもしれません。

末尾になりましたが、本研究を進めるに当たり網走支庁経済部林務課の職員の皆様にお世話になりました。ここに感謝の意を表します。

(防災林科・流域保全科・企画課)