

防風林造成地の過湿立地に対する樹木の応答 —なぜ過湿になるのか、どのように過湿を判定するのか—

北海道立林業試験場 森林環境部 防災林科 ○真坂一彦
 森林環境部 防災林科 鳥田宏行
 森林環境部 流域保全科 佐藤弘和

過湿環境は樹木の成長に大きな影響を与え、ひいては防風林など森林造成の成功を大きく左右する。しかし、過湿環境は必ずしも目に見えるわけではなく、植栽木が枯損しても、その原因を特定することは難しい場合が多い。本研究では、水ストレスに対する樹木の応答様式（樹形、葉の形態的構造）を応用することで、過湿環境を判定する簡便な方法を提案する。また、過湿環境をつくる土壌構造の一例についても紹介する。

キーワード：過湿立地、植栽木、針葉長、樹形、難透水性土壌層

1. はじめに

河畔や汽水域に適した樹種を除くと、多くの樹種は過湿・滞水環境に適さない。そのような樹種が過湿・滞水環境に曝されると、枯れ下がり、場合によっては枯死に至ることがある。この原因としては、過湿・滞水土壌において根が成長できなかつたり、あるいは枯死してしまうなどして根系が十分に発達できず、これによって根から水分が供給されにくくなるため、地上部が強い水ストレスに曝されてしまうためであると考えられている。しかし、地表面に恒常的に地表水が観察される場合であれば、樹木の枯損原因は簡単に推測できるものの、そうでない場合は枯損原因を特定するのはきわめて困難になる。

一般に、過湿・滞水環境に適さない樹木が過湿・滞水環境に曝されると様々な形態的・生理的变化を示す。樹木は高い位置まで水を輸送しなければならないため、水ストレスが強くなると、樹高成長が抑制される¹⁾。また、とくに葉は、樹木の器官の中でも柔軟であり、水ストレスに対して敏感に反応する。たとえば、過湿・滞水環境に曝された樹木は光合成能力が低下し、葉のサイズが小さくなり、そして寿命が変化することが多くの樹種で示されている¹⁾。このような形態的・生理的变化を把握することができれば、道路防雪林や防風林など造林地の不成績要因について簡便に推定できるようになることが期待される。

長万部町の噴火湾に面した国道37号線沿いには、冬季における海よりの強風を防ぐために防風林が造成されている。しかし、その造成地の一部には、約50年にもわたって事業が行われているにも関わらず、植栽木が枯損し続けている場所がある。生残木を観察すると、クロマツ *Pinus thunbergii* Parl.については樹冠が枯れ下がっている一方、顕著な側方成長が観られ（写真-1）、またアカエ



写真-1 樹冠が枯れ下がったクロマツ



写真-2 針葉が矮生化し、枝先が落葉したアカエゾマツ

ゾマツ *Picea glehnii* (Fr. Schmidt) Masters については、頂生枝における針葉が矮生化し、個体によっては1年で多くの針葉が落葉している様子が観察された(写真-2)。アカエゾマツの針葉は通常、数年間の寿命があるが、これは寿命が極めて短くなっていることを示唆している。本研究では、植栽木におけるこのような症状を呈する原因として過湿立地を作業仮説として提案し、土壤水分の動態、および生残木の葉の形態変化について調査を行った。

2. 調査地と調査方法

(1) 調査地

調査は長万部町旭浜で行った。当地の気象条件は、気象庁の気象データによると、年平均降水量は1275.9mm、最暖月である8月、および最寒月である1月の平均気温は、それぞれ20.4°C、および-4.6°Cである(1979年~2000年)。

(2) 調査方法

調査は、土壤水分の動態と植栽木の形態的变化、および過湿土壌を発生させる要因としての土壤構造の3項目について行った。

a) 土壤水分動態

長万部町旭浜における防風林造成地のうち、植栽木の枯損がほとんど認められない区画(微害区)と、枯損が著しい区画(激害区)に土壤水分計(Decagon Em5 data loggers, Decagon Device Inc.)を設置した。それぞれの区画の2点において、地表下30cm深と60cm深にプローブを埋設し、土壤水分(体積含水率;%)をモニタリングした。また、激害区のうち、植栽年が同じで隣接しているにもかかわらず、樹高成長量が異なるアカエゾマツ5個体の樹冠下の地表下10cm深にも土壤水分計のプローブを埋設した。

b) 植栽木の形態的变化

クロマツの形態的变化を評価するため、2008年7月、微害区と激害区から任意にクロマツを20個体選定し、陽樹冠から枝を採取して針葉長を測定した。なお、このとき、クロマツの葉は約2年の寿命があることから2年生葉を対象とした。また、比較のため、長万部町豊野における湿地周辺に植栽されたクロマツ20個体についても同様な調査を行った。この調査区を以降、湿地縁とよぶ。湿地縁では、土壤下30cmほどに地下水水位が認められる。

アカエゾマツの形態的变化を評価するため、2006年10月、激害区のアカエゾマツの頂生枝における当年生葉の着葉状況を調査した(53個体)。着葉状況については、着葉数として、5:落葉は認められない、4:99%~75%の葉が着いている、3:75%~50%の葉が着いている、2:50%~25%の葉が着いている、1:25%未満の葉が生残、0:すべて落葉というスコアを付けた。このとき、微害区

には比較しうるアカエゾマツが植栽されていないことから、千歳市内に造成された防風林のうち、同齡でかつ健全に生育していると考えられたアカエゾマツの頂生枝における着葉状況も調査を行い(20個体)、両者でスコアの出現分布を比較した。また、土壤水分計を設置したアカエゾマツ個体の樹高と土壤の含水率のあいあだで相関分析を行った。

c) 土壤構造

調査を行った当地域は海浜砂丘地帯であるが、激害区において土壤水分計のプローブを設置する際、地表下約50cm深に暗黒色で硬い火山灰を含む埋没腐植層を確認した。そのため、過湿立地を生じさせる要因として、この埋没腐植層が激害区における水捌け状況に影響を与えているという作業仮説を提案して検証することにした。そのため、この埋没腐植層、および砂質土層から100ml採土缶で土壤サンプルを採取し(3反復)、実験室に持ち帰って透水試験を行った。また、陰土杖によって埋没腐植層の分布を評価した。

3. 結果

(1) 微害区と激害区における土壤の含水率の経時変化

微害区と激害区に設置した土壤水分計によって観測された含水率の経時変化を図-1に示す。いずれの区画も、降水が確認された日に急激な含水率の上昇が観られた。微害区では、プローブの設置位置や深度によって含水率は大きく変わらず、降水が観られない日はおおよそ30%

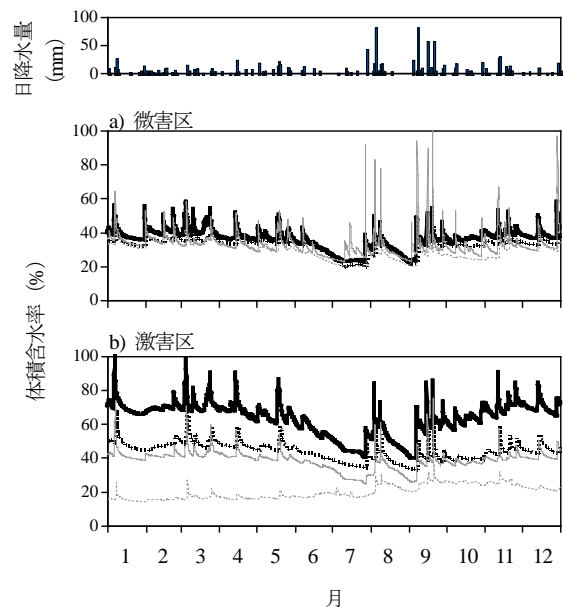


図-1 微害区と激害区における土壤水分の体積含水率の推移(2007年)。測定地点(2点)の違いは色の違いで(黒・灰色)、深度の違いは線種(実線は30cm深、点線が60cm深)で表す。

～40%の範囲で推移した。しかし、激害区ではプロウヴによって値が大きく異なり、ほぼ恒常的に60%を超えているプロウヴがある一方、20%未満で推移するプロウヴもあった。激害区では2地点ともに、30cm深の含水率が60cm深の含水率よりも高い傾向にあった。

(2) クロマツの針葉長

クロマツの平均針葉長（±標準偏差）は、微害区が10.47cm±0.81cm、激害区は9.12cm±1.51cm、そして湿地縁が8.46cm±1.98cmで、微害区>激害区>湿地縁の順番で平均針葉長が大きい傾向があった。針葉長階別出現頻度分布をそれら3地域間で比較したのが図-2である。一元分散分析の結果、微害区の針葉長は、激害区と湿地縁の針葉長よりも有意に長い傾向が認められた ($F_{2,57} = 9.223, P < 0.0001$; LSD 検定)。

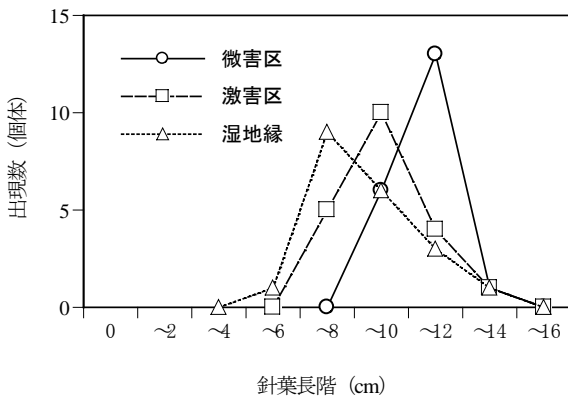


図-2 各調査区におけるクロマツ針葉の針葉長階別出現頻度分布。

(3) アカエゾマツ頂生枝における着葉状況

アカエゾマツの着葉示数の頻度分布は、千歳の個体はほぼみなスコア5を記録したが、旭浜の激害区はスコア4に最頻値をもつものの、スコア2から5までの広い範囲に出現した (図-3)。

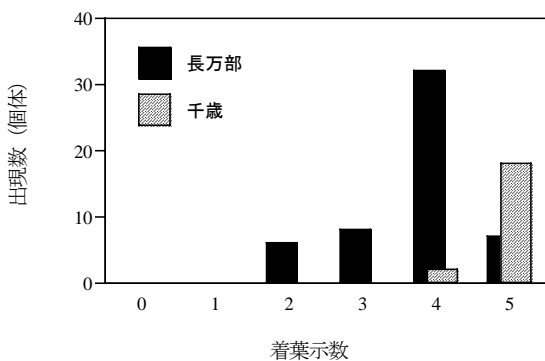


図-3 激害区（長万部）と千歳のアカエゾマツの頂生枝における着葉状況。着葉示数は本文参照。

(5) アカエゾマツの樹高と生育位置の土壤含水率の関係

図-4に、アカエゾマツの樹高と、樹冠直下の土壤中に設置した土壤水分計の値の平均値の関係を示す。アカエゾマツの樹高と土壤水分計の値の平均値のあいだには、有意な負の相関関係が認められた ($r = -0.886, P < 0.05$)。

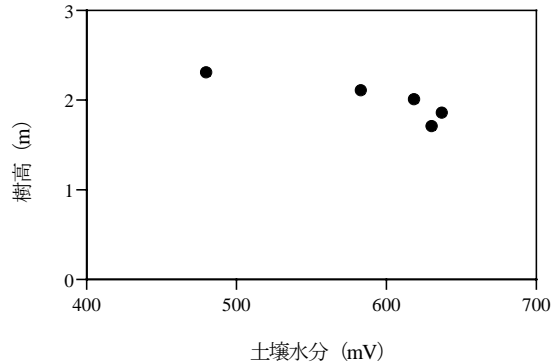


図-4 アカエゾマツの樹高と土壤水分の関係。

(6) 土質による透水性の違い

微害区における砂質土壌の透水係数 K_s は 3.241×10^{-3} 、客土は 7.038×10^{-2} だった。一方、激害区の砂質土壌の透水係数 K_s は 1.035×10^{-2} 、客土は 2.717×10^{-2} であり、埋没腐植層は 3.045×10^{-5} だった。

(7) 埋没腐植層の分布

激害区は約15m×10mの防風柵で囲まれた区画によって構成されており、そのうち6区画を選定して埋没腐植層の分布深度を測定した。測定にあたっては、各区画内において格子状に9地点をまんべんなく選び、約60cm深まで土壌を採取するように検土杖を差し込んで土壌を採取した (計54地点)。

検土杖によって採取した各調査地点の埋没腐植層の最上面の深度分布を図-5に示す。埋没腐植層の最上面は、地表下25～30cmに最頻値をもつような分布をしており、埋没腐植層が観察されない地点は認められなかった。

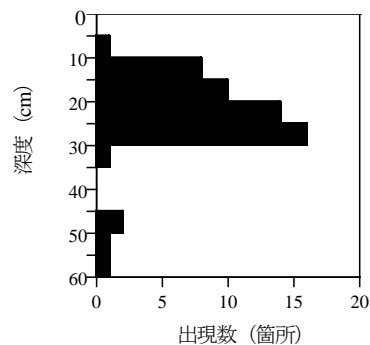


図-5 埋没腐植層の最上面の深度分布

4. 考察

長万部町旭浜の国道 37 号線沿いの防風林造成地における植栽木の枯損原因は、生残木の樹形や葉の形態、そして土壌の水分含水率により、土壌の過湿によるものであることが示唆された。

激害区における土壌含水率は、観測地点によってはほぼ恒常的に 60% を超える場合もあり (図-1)、きわめて過湿状態であるといえる。ただし、過湿状態は現地の外観からは判別が困難であり、これにより、対策が遅れて約 50 年にもわたって林分の改良事業や補植が行われてきたのであろう。土壌の過湿をもたらす要因としては、地表下における難透水性の火山灰を含む埋没腐植層が強く関与していることが示唆された (図-5)。透水係数 K_s が 10^{-5} のオーダーであるのは、水田とほぼ同程度²⁾であり、これが土壌中に多量の水分を保持する機能を発揮していると考えられる。激害区において 30cm 深の土壌含水率が 60cm 深のそれよりも高い傾向にあるのは、そのあいだに難透水層があることで降水等の地下への浸透が妨げられているのだろう。

過湿・滞水環境に曝された樹木の多くは葉の矮生化などの形態的变化を示す¹⁾。これは、水ストレスが強くなると、樹体の水分の損失を防ぐための反応であると考えられている³⁾。今回対象としたクロマツは、本来は海浜砂丘や山地の稜線などに適応した樹種であり、乾燥、すなわち水ストレスを強くもたらす立地に適応した樹種である。しかし、過湿・滞水環境は、根の発達不良や枯死などを通して、さらに強く樹体に水ストレスをもたらすのであろう。クロマツの針葉長が、水ストレスを強くも

たらすと考えられる激害地や湿地縁において有意に短くなった (図-3) のは、このような水ストレスに対応したものであると考えられる。著者らは、既報においてアカエゾマツが過湿勾配に応じて針葉長が変化していることを報告している⁴⁾。アカエゾマツという樹種は、湿地にも生育して盆栽状の「ヤチシンコ」となるが、本調査地においても、樹高が制限され (図-5)、また頂生枝の落葉が認められた (図-4)。これらの結果は、湿地にも生育できるアカエゾマツにとっても、現地の生育環境がきわめて劣悪であることを意味している。逆にいえば、クロマツやアカエゾマツで観察されたように、針葉長や樹高成長量、葉の寿命を調査することにより、これらの樹種の枯損・衰退原因を簡便に推察することが可能であることが期待される。

参考文献

- 1) Kozlowski, T.T., Kramer, P.J., and Pallardy, S.G : The physiological ecology of woody plants. Academic Press, New York., pp356, 1991.
- 2) 中野政詩・宮崎 毅・塩沢 昌・西村 拓 : 土壤物理環境測定法, 東京大学出版会, pp236, 1995.
- 3) Orians, G.H. and O.T. Solbrig : A cost-income model of leaves and roots with special reference to arid and semiarid areas. *American Naturalist* 111, pp677-690, 1977.
- 4) 真坂一彦・山田健四・佐藤弘和 : アカエゾマツの葉サイズに対する微地形の影響—長寿命の葉を利用した過湿環境の評価—. *日本森林学会誌* 87, pp225-232, 2005.