

森林総合研究所北海道支所

研究レポート

No. 42

「しおれにくさ」を指標とする北方産樹種の乾燥耐性

丸山 温・北尾光俊・森 茂太

はじめに

植物の生育の源は光合成による二酸化炭素の同化であるが、気孔を通じて二酸化炭素を取り組む過程で同時に蒸散により水を失う。蒸散による水分の消費に対し、吸水による供給はある程度遅れを生じるので、葉群の含水量は通常蒸散の開始とともに低下する。含水量が低下すれば、細胞内液の濃縮により浸透ポテンシャル($\Psi_o = -\pi$ 、浸透圧に負符号を付けたもの)が低下し、また、脱水により細胞の体積が減少するので、葉細胞壁に生じている膨圧(圧ポテンシャル、 Ψ_p)も低下する。その結果、両者の和で表される水ポテンシャル(水の状態を表すもの)として単位は圧、 $\Psi_w = \Psi_o + \Psi_p$ は低下する。含水量の低下により膨圧を失うと、植物体は肉眼的に観察されるしおれを引き起こす。膨圧を維持するには、蒸散により失われた水分を吸水により速やかに補わなければならない。

土壌からの吸水の原動力は、土壌の水ポテンシャル($\Psi_{w_{soil}}$)と葉の水ポテンシャル($\Psi_{w_{leaf}}$)

の落差($\Delta\Psi_w = \Psi_{w_{soil}} - \Psi_{w_{leaf}}$)である。土壌水分が十分、すなわち土壌の水ポテンシャルが高ければ、同じ葉の水ポテンシャルに対する水ポテンシャル差は大きく、吸水の原動力は保障される。土壌水分が減少、すなわち土壌の水ポテンシャルが低下すれば、同じ葉の水ポテンシャルに対する水ポテンシャル差は低下し、加えて土壌から根への吸水抵抗も急速に増大するので、乾燥した土壌では吸水は困難になる。葉の水ポテンシャルが低下すれば、乾燥による土壌の水ポテンシャルの低下に対して水ポテンシャル差を高く維持できるが、膨圧が0になるとしおれてしまうので、葉の水ポテンシャルの低下には限界がある。したがって、膨圧を維持したまま、どこまで葉の水ポテンシャルを下げるができるかが、乾燥耐性の一つの物差しになる。

そこで膨圧の維持、すなわち「しおれにくさ」を指標にして、北方産樹種の乾燥耐性の比較を試みた。

方 法

Scholander ら (1964) は、樹冠部に水を引き上げる過程で生じている木部樹液の負圧を測定する方法としてプレッシャーチャンバー法を導入し、それを発展させて P-V 曲線法と呼ばれる枝葉の水分特性の解析方法を確立した。ここでは、P-V 曲線法を用いて、膨圧を失ってしおれを起こすときの水ポテンシャル ($\Psi_{w_{t_{lp}}}$, t_{lp} : turgor loss point) と相対含水率 ($RWC_{t_{lp}}$, RWC : relative water content)、飽水時の浸透ポテンシャル ($\Psi_{o_{sat}}$, sat : saturated) など、水分特性を知る上で重要な諸数値を求めた。測定の細部は丸山と森川 (1983) に従った。

材 料

材料には、ミズナラ、ミヤマナラ、アサダ、ハルニレ、シラカンバ、ダケカンバ、イタヤカエデ、ヤチダモ、ブナ、カラマツ、エゾマツ、アカエゾマツ、トドマツの鉢植え苗または苗畑苗を用いた。日当たりの良い枝を切り取って直ちに水切りし、実験室に持ち帰ってビニール袋をかぶせて暗所に置き、十分吸水させた。飽水状態の試料から、単葉もしくは軸ごとの複数葉を切り取って、測定に供した。また、生育する環境条件の前歴が乾燥耐性に与える影響を調べるため、ミズナラ、ミヤマナラについては低温区 (昼20℃/夜15℃) で育てた苗を、シラカンバ、ダケカンバ、ミズナラ、ハルニレ、イタヤカエデについては庇陰区 (相対照度10%) で育てた苗を、あわせて測定に供した。

表一 1 得られた水分特性の諸数値

$RWC_{t_{lp}}$ 、 $\Psi_{w_{t_{lp}}}$: 膨圧を失う相対含水率と水ポテンシャル、 $\Psi_{o_{sat}}$: 飽水時の浸透ポテンシャル

	$RWC_{t_{lp}}$ %	$\Psi_{w_{t_{lp}}}$ MPa	$\Psi_{o_{sat}}$ MPa	備 考
広葉樹				
ミヤマナラ	85.0	-2.50	-2.00	
ミズナラ	83.9	-2.43	-1.93	
ブナ	90.5	-2.24	-1.91	
ハルニレ	86.3	-2.19	-1.84	
アサダ	84.1	-2.01	-1.45	
ダケカンバ	76.2	-1.90	-1.24	
シラカンバ	82.2	-1.78	-1.37	
イタヤカエデ	87.8	-1.75	-1.49	
ヤチダモ	91.9	-1.45	-1.28	
クヌギ*1	85-92	-2~-2.4	-1.5~-2	成木、7~9月
コナラ*1	82-92	-2前後	-1.5前後	〃
シラカシ*2	—	-2.50	-2.20	成木、8月
針葉樹				
アカエゾマツ	89.7	-2.44	-2.14	
エゾマツ	86.9	-2.39	-2.01	
トドマツ	84.6	-2.09	-1.71	
カラマツ	83.0	-2.01	-1.62	
クロマツ*2	—	-2.90	-2.20	苗畑苗、8月
ヒノキ*3	60-70	-2~-2.5	-1.5前後	成木、7~8月
サワラ*1	74-80	-2前後	-1.5前後	成木、6~9月
スギ*4	80.0	-2.03	-1.65	苗畑苗、7月

* 1 : 丸山未発表、* 2 : 丸山・森川1983、* 3 : 水永1986、

* 4 : Doi et al. 1986

結果の概要

表-1に、比較のための暖～温帯樹種の測定例とあわせて結果の一覧を示す。 RWC_{tip} （膨圧を失う相対含水率）から、飽水時の水分のどの程度まで低下するとしおれるかがわかる。ヤチダモ、ブナは90%以上で高く、わずかな含水量の低下によりしおれてしまう。今回測定した中で最も低かったのはダケカンバで、およそ24%の水分を失うまで膨圧を維持できる。ヒノキ（水永1986より）も60～70%と著しく低い。しかし他の樹種はおおむね80%台で、経験的に知られている分布特性や水分要求度との関連は明かでなかった。しおれにくさの評価には、膨圧を失う相対含水率だけでなく、膨圧を維持したままどこまで水ポテンシャル（ Ψ_w ）を下げられるかの指標になる $\Psi_{w_{tip}}$ （膨圧を失う水ポテンシャル）、および $\Psi_{w_{tip}}$ を左右する $\Psi_{O_{sat}}$ （飽水時の浸透ポテンシャル）についてもあわせて検討する必要がある。

膨圧を失う水ポテンシャルは、低いほど（絶対値が大きいほど）水ポテンシャルの低下に対する膨圧の維持に有利でしおれにくい。また、飽水時の浸透ポテンシャルは膨圧を失う水ポテンシャルを左右する主要因で、気孔が閉じかけられているときの水ポテンシャルとも関連しており（Lakso 1983）、乾燥耐性を評価する上で重要な指標である。これらの値は、広葉樹では湿潤な立地を好むヤチダモ、耐陰性の高い後継樹種のイタヤカエデ、先駆樹種のシラカンバ、ダケカンバが高い（絶対値が小さい）範囲にあった。ヤチダモは膨圧を失う相対含水率も今回調べた樹種の中で最も高く、水消費に対する膨圧の維持は不利でしおれやすいようだ。

弱光利用型で後継樹種のブナは、膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルは比較的低かったが、膨圧を失う相対含水率が高く、また葉の面積あたりの水分量が少なくて厚みの薄い湿性形態の葉を持つこと（丸山1996）から、膨圧の維持に有利とは言えない。一方、中間樹種でやや乾性の立地にも生育するミズナラ、およびミズナラの近縁種でより標高の高い

立地に生育するミヤマナラでは膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルは低かった。

先駆樹種のダケカンバとシラカンバを比べると、膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルはほぼ同じであったが、膨圧を失う相対含水率はダケカンバが著しく低かった。またダケカンバはシラカンバと比べて、葉の面積あたりの水分量が多くて厚い乾性形態の葉を持ち（丸山1996）、水消費に対する膨圧の維持に有利と考えられる。これらの違いは、同じカンバ族でもダケカンバがシラカンバと比べて、より標高が高く条件の厳しい環境に生育することの一要因であろう。

針葉樹では、膨圧を失う水ポテンシャルと飽水時の浸透ポテンシャルはアカエゾマツ、エゾマツがトドマツ、カラマツと比べて低く、しおれにくい性質を示した。しかしいずれの樹種も、高い環境耐性をもつクロマツと比べると膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルは高かった。トドマツ、カラマツは、湿潤な

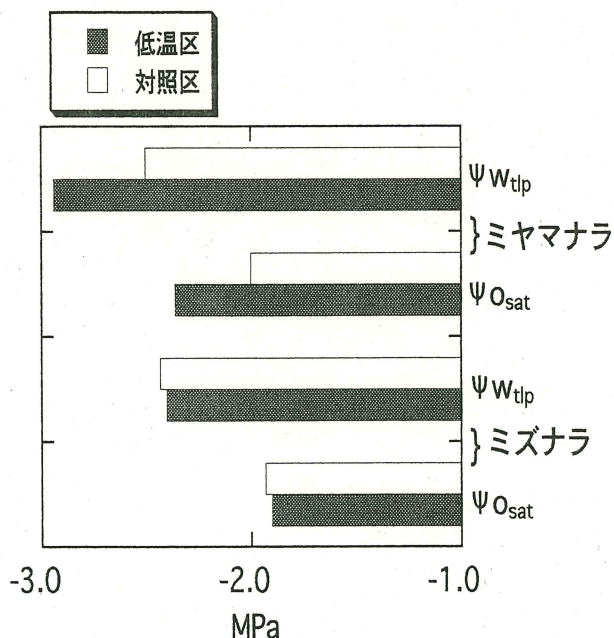
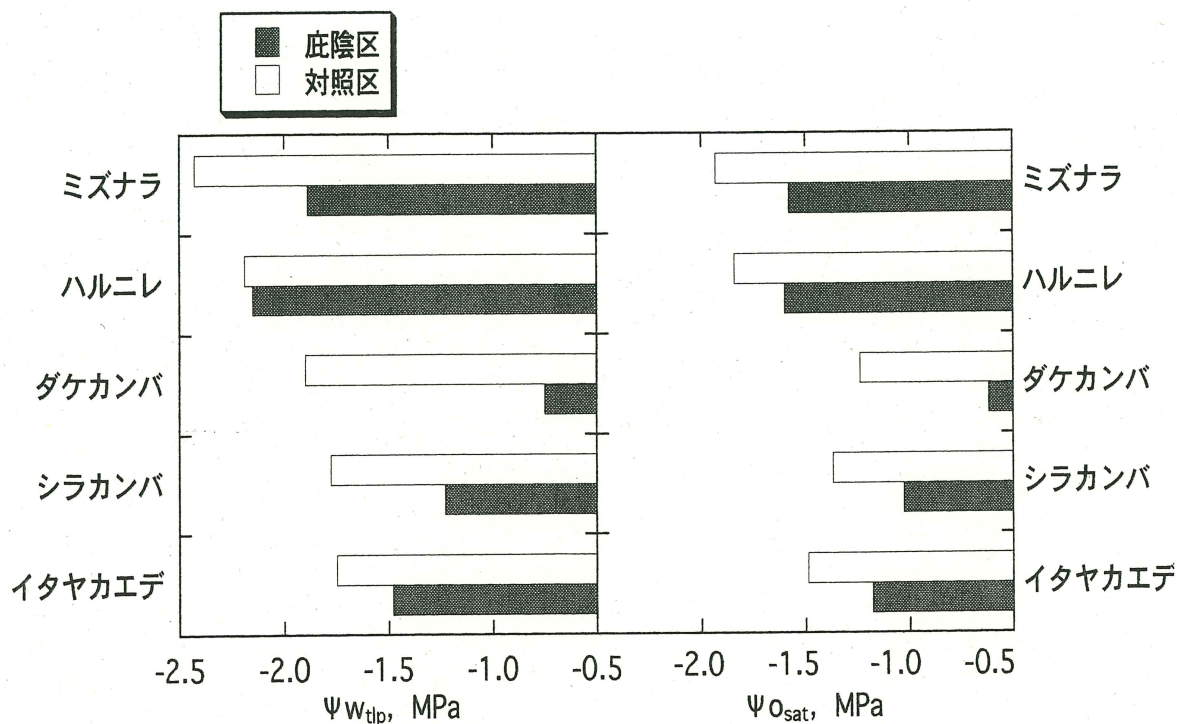


図-1 低温区と対照区の膨圧を失う水ポテンシャル（ $\Psi_{w_{tip}}$ ）と飽水時の浸透ポテンシャル（ $\Psi_{O_{sat}}$ ）



図ー2 底陰区と対照区の膨圧を失う水ポテンシャル ($\Psi_{w_{tip}}$) と飽水時の浸透ポテンシャル (Ψ_{0sat})

立地を好むサワラやスギと膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルはほぼ同じで、針葉樹の中では乾燥耐性は比較的低いようだ。また針葉樹と広葉樹を比較すると、前者の膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルがやや低い範囲にあった。

昼20℃/夜15℃の低温区で育てると、対照区と比べてミヤマナラでは膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルは著しく低かったが、ミズナラではほぼ同じであった(図ー1)。秋以降に気温の低下とともに膨圧を失う水ポテンシャルと飽水時の浸透ポテンシャルが低下し、乾燥耐性が高まることは、低温に対する一種の適応と考えられている(丸山他1988)。ミヤマナラはミズナラと比べてより標高が高く気温の低い環境に生育するが、ここでみられたミヤマナラの低温に対する高い適応性は、両樹種の分布特性に寄与していると考えられる。

底陰区では、いずれの樹種も対照区と比べて膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテ

ンシャルは高く、その傾向は特にダケカンバで著しかった(図ー2)。すなわち、弱光下で育った苗は膨圧の維持に不利で、択伐などの攪乱による蒸散の増大に対してしおれやすい。一般的に、弱光下で展開した葉は厚みが薄く陰葉の性質を持ち、強光下では光合成速度が低下したり葉焼けを生じたりするなど、光の利用の面でも攪乱に不利と考えられている(小池1991)。一方、ミズナラ、ハルニレでは底陰区の膨圧を失う水ポテンシャル、飽水時の浸透ポテンシャルでも対照区のダケカンバ、シラカンバ、イタヤカエデと比べてほぼ同じか低い範囲にあり、しおれにくさの面から見た場合、攪乱に対して比較的可利な性質を持つようだ。

以上の結果をもとにしてしおれにくさを表ー2にまとめてみた。大まかにではあるが、経験的に知られている水分要求度を反映しているようで、このしおれにくさは乾燥耐性を評価する指標の一つとして有効と言えそうだ。ただし、ここで見られたように膨圧を失う水ポテンシャ

ルや飽水時の浸透ポテンシャルは生育する環境条件の影響を受けるだけでなく、季節や葉齢(丸山・森川1983)、樹冠内の着葉部位(丸山他1996)などによっても変わってくるので、比較には注意を要する。

表一 2 しおれにくさのまとめ

しおれにくい樹種	しおれやすい樹種	中間の樹種
ミヤマナラ	ヤチダモ	ブナ
ミズナラ	イタヤカエデ	ハルニレ
エゾマツ	シラカンバ	アサダ
アカエゾマツ	ダケカンバ	トドマツ
クロマツ		カラマツ
ヒノキ		クヌギ
		コナラ
		スギ
		サワラ

おわりに

ここではP-V曲線法により得られるしおれにくさを指標として乾燥耐性を比較検討した。このしおれにくさは、一時的な乾燥に対する耐性の検討には有効であるが、長期的な乾燥に対する耐性を考える場合、吸水に重要な役割を果たす根系の発達、根系から幹・枝を経て葉に至るまでの樹体内の水の通りやすさ、水利用率(光合成/蒸散比)、気孔開閉調節、さらには環境条件の変動に対する適応性など、多くの情報が必要である。今後の研究を通じてこれらの知見を蓄積し、北方産樹種の乾燥耐性を明らかにしていきたい。

引用文献

- Doi, K., Morikawa, Y., & Hinckey, T. M. (1986) Seasonal trends of several water relation parameters in *Cryptomeria japonica* seedlings. Can. J. For. Res. 16, 74-77
- 小池孝良(1991) 落葉広葉樹の光の利用の仕方—光合成特性—。森林総研北海道支所研究レポート、25、1-8
- Lakso, A. N. (1983) Morphological and physiological adaptations for maintaining photosynthesis under water stress in apple trees. In 'Effects of stress on photosynthesis (Marcelle, R. et al. eds.)', pp85-93, Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers, Hague
- 丸山 温(1996) 北方産主要樹種の水分特性。北方林業、48、245-248
- 丸山 温・北尾光俊・森 茂太(1997) 異なる光条件下で育てた広葉樹数種の葉の水分特性。日林学会北海道支論、45、35-37
- 丸山 温・松本陽介・森川 靖(1996) スギ樹冠上部と下部の葉の水分特性と形態的特徴。日本林学会誌、78、427-432
- 丸山 温・森川 靖(1983) 葉の水分特性の測定—P-V曲線法—。日本林学会誌、65、23-28
- 丸山 温・森川 靖・細貝 浩・金川 侃・堀内孝男(1988) 初冬におけるスギ耐凍性選抜木の葉の水分特性。日本林学会誌、70、518-524
- 水永博己(1986) 受蝕土壌条件下におけるヒノキの葉の水分特性と水分状態。日本林学会誌、68、454-461
- Scholander, P. F., Hammel, H. T., Hemming-sen, E. A., & Bradstreet, E. D. (1964) Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A. 52, 119-125

◆人の動き

9.3.31

定年退職

岸田 昭雄 (育林部遺伝研究室長)
大友 玲子 (主任研究官)
白田千枝子 (庶務課庶務係)

9.4.1

育林部遺伝研究室長に

河原 孝行 (本所生物機能開発部)
連絡調整室(庶務係併任)に

宮下 博 (新規採用)
東北支所連絡調整室へ

内山 拓 (会計課用度係)
庶務課職員厚生係に

高山 昭一 (庶務課庶務係)
会計課会計係に

西内 靖幸 (庶務課職員厚生係)
会計課用度係に

吉田 厚 (連絡調整室)
会計課用度係に

安富 健人 (会計課会計係)
連絡調整室に

小野 英樹 (会計課用度係)

9.5.1

経営部天然林管理研究室長に

石橋 聡 (主任研究官)
育林部土壌研究室に

酒井 佳美 (本所企画調整部)
経営部天然林管理研究室に

鷹尾 元 (本所林業経営部)
保護部鳥獣研究室に

工藤 琢磨 (本所企画調整部)
東京大学助教授へ

白石 則彦
(経営部天然林管理研究室長)

◆研究発表会開催される

平成8年度森林総合研究所北海道支所の研究発表会が3月12日札幌市教育文化会館で開催されました。今回は、育林部長による現在の森林におけるキーワードである「地域における持続可能な森林経営」についての講演と若手研究者による

- ・日本における森と人のつきあい方
- ・濁り水は山からどのように出てくるのか?
- ・え!糞を食べる?ウサギたちの巧みな食生活
- ・エゾマツを植えよう!

の4題について研究発表を行いました。

来場者は、320名を超え、発表について貴重なご意見や活発な質疑をいただき大盛況の発表会となりました。

当支所の研究業務は、道、営林(支)局・署、その他関係機関の方々のご協力のうで成り立っています。今回の研究発表についてもそれらが基盤となっています。平素よりのご協力、ご高配に対しまして改めて御礼申し上げます。

なお、平成9年度研究発表会は10年3月19日を予定しています。

◆お詫びと訂正

前回の研究レポートNo41の中で一部校正ミスがありました。

訂正箇所は、P2左下から3行目「永久凍土が厚く存在し」の後に「(200~600m)」を挿入、P3右上1行目の「(200~600m)」を削除です。

お詫び申し上げます。

研究レポート No. 42

平成9年5月30日発行

編集 森林総合研究所北海道支所
〒062 札幌市豊平区羊ヶ丘7
電話 (011)851-4131