寒冷地用マツ属の寒風害抵抗性の種間差異

浅 野 義 人*

Interspecific difference in the resistance to winter desiccation damage in pines.

Yoshito ASANO

摘要：寒冷地緑化用のマツ属13種について、冬期間における葉の含水率の推移、障害限界含水率、等を比較し、寒風害抵抗—非抵抗性種間の差異、抵抗性判別の指標としうるような因子などを明らかにしようとした。その結果、非抵抗性種ほど初冬、晩冬の含水率が高いが、初冬から厳寒期にかけての低下が著しく、厳寒期の失いうる水分の割合も小さい傾向が認められた。10月の含水率を指標として、およそその抵抗性を類推できるかもしれない。

1. 緒 言

1983～84年冬は全国的に樹木の寒害が発生し、札幌においても多くの樹種が被害を受けた^{1), 6), 7)}しかし、その発生原因を考えてみると、耐凍性の高いほとんどの針葉樹、落葉広葉樹類にとって、同年冬は、凍害を被るほどの強い低温であったとは考え難く、むしろ、寒風害*（乾燥害）の可能性が高い。*（地上部からの水分喪失と地下部からの水分補給とのアンバランスにより生じる“冬季の乾燥害”⁴⁾）風速、湿度などの条件も、例年と比べて特に異常は認められず、春先の気温上昇の遅れ、及び、土壤凍結による吸水開始遅延が原因となって引きおこされたものと推察される²⁾これらの樹種の被害が主に寒風害であるということは、建物の陰など風衝を受けない場所に植栽された個体では、ほとんど被害をまねがれている事、或は、これらの樹種の被害は単植の孤立的なものが中心であるという報告⁷⁾によっても裏付けられよう。

札幌市内の調査から、被害程度は種間による差が大きいことが認められ、耐凍性のみならず、寒風害抵抗性の面からも植栽樹種の見直しを図る必要があることが認識された。本研究では、寒冷地の冬期緑化に不可欠な常緑針葉樹のうち、樹種数の最も多いマツ属（*Pinus*）を対象として選び、先の調査で出現した13種について、冬期間における葉中の含水率の推移、生理的障害を被る限界含水率等を比較し、被害率との関係を見ることにより、抵抗—非抵抗性種間の水分関係上の差異、抵抗性判別の指標としうるような因子などを明らかにしようとした。

2. 材料及び方法

材料としたマツ属13種（バンクスマツ *P. banksiana*、コントルタマツ *P. contorta*、アカマツ *P. densiflora*、チヨウセンゴヨウ *P. koraiensis*、モンタナマツ *P. montana*、オウシュウクロマツ *P. nigra*、キタゴヨウ *P. parviflora* var. *pentaphylla*、ハイマツ *P. pumila*、レジンノサマツ *P. resinosa*、リギダマツ *P. rigida*、ストローブマツ *P. strobus*、オウシュウアカマツ *P. sylvestris*、クロマツ *P. thunbergii*）は、すべて北海道大学構内、及び付属植物園に植栽されている、樹高4～5 m以上の中・壮木（矮性のモンタナマツ、ハイマツを除く）である。各種とも、比較的生育状況のよい特定の2個体（クロマツのみ1個体）を選定し、1984年10月～1985年3月の間、ほぼ1ヶ月おきに、各個体から当年生枝を2本ずつ採取した。サンプリングは出来るだけ風衝面の同じ位置からとし、降雨（雪）のない日の正午前後とした。室内でただちに葉の生重を測定した後、定温乾燥器（105℃）中で48時間以上乾燥後、乾重を測定し、含水率（対生重％）を算出した。3月に採取した枝については、葉が生理的障害を被る限界の含水率を調べるために、室内放置後の葉の含水率の推移と平行して、光合成、呼吸能の推移を観察した。すなわち、採取した長さ10数cmの枝の切口にワセリンを塗布した後、室内に吊下げて放置し、2～3日おきに葉をサンプリングして、含水率を測定する一方、光合成、呼吸能を以下の方法で測定した^{5), 8)} サンプリングした葉を48時間、湿室に入れた後、底に pH 反応液（NaHCO₃ 84mg、KCl 7.46 g、クレゾールレ

* 北海道大学農学部

ッド10mg/ℓ) 5 ccを入れた試験管(2.3cm×20cm)内に吊し、密閉した(図-1)。葉の量は、10月の予備試験時における必要最少量とし、光合成の測定では合計300mg以上となる最少の本数(1~6本)、呼吸の測定では200mg以上となる最少の本数(1~4本)を用い、2回目以降の測定では、各枝ごとに同じ本数を用いた。23℃、約1万lux(水銀灯)の条件下に4時間おいて光合成能を調べ、続いて試験管を換えて、同温度、暗黒下に15時間おいて呼吸能を測定した。光合成、呼吸能とも、試験管内のCO₂濃度に応じて変化する、反応液の色の変化を指標とし、緩衝液による標準液シリーズと比色することによりpH値を決定して、その能力を測定した。

図-1 マツの葉の光合成・呼吸能測定法

3. 結 果

調査したマツ属13種の10月~3月の含水率の変化は図

図-2 マツ属13種の冬期間の含水率の推移: 4 (クロマツのみ2) サンプル平均 *埋雪

図-3 室内に放置された枝の葉における含水率、光合成、呼吸能の変化：各種とも1個体（2サンプル平均）の例
*呼吸反応の減衰開始期

一2のとおりである。種によって含水率の高低、変動パターンに多少の違いがあるが、おおむね10月以降、急激に含水率を減じ、1月を中心に最少となった後、2～3月にかけて、やや回復するというパターンが多い。10月の時点から低水準にあるものも2,3種見られる。図-3には、3月23日に採取後、室内に放置された枝の葉における、含水率、光合成・呼吸能の変化の例を示した。前年10月時に比べて光合成能は低く、採取当日から補償点以下、或は、直ちに補償点を割って低下し数～10数日中にはほぼその機能を停止したと思われる谷底に達する。呼吸機能は当初、安定して持続し、光合成停止期にやや遅れて機能の低下が始まり、数～10日ではほぼ反応のない状態となる。外観的萎周状態、或は、反応減衰の意義*から判断して、葉が障害を被る限界の含水率（障害限界含水率）を、仮に、呼吸反応の減衰が始まる時期（矢印）の含水率とすることとし、各種とも2個体（クロマツのみ1個体）の平均値をもって、その限界含水率として表わした。（呼吸反応はH₂Oを基質としない。）

図-2, 3から含水量に係わる各因子を読み取り、1983～84年冬の各種の実際の被害率*との相関を見ることにより、どの因子が被害率と最も深く係わりがあるかを調べた（表-1）。*（全観察数に対する、樹冠の1割以上の葉が褐変、枯死した“被害個体”数の割合）この表から、被害率の高い種＝非抵抗性種ほど初冬、晩冬期の含

水率が高く、また、初冬から厳寒期にかけての低下が著しい傾向があることが認められる。また、冬期の最低含水率に対する最低含水率と障害限界含水率との差の割合は、非抵抗性種ほど小さいことが認められる。

4. 考 察

北海道のような寒冷地は、元来、自生の常緑樹類に乏しく、マツ属についてみれば、わずかに2種が分布しているにすぎない。従って、特に冬期の緑化用に、利用価値の高い耐寒性常緑樹の導入を図る必要がある。柳沢¹²⁾は、北海道に異郷土種の導入を図る場合、植生の類似性（針広混交林帯）から判断して、主に、アムール河南部沿海州～北鮮北東部、ヨーロッパ連中央部～スカンジナビア半島南部、北米セントローレンス川南岸、五大湖周辺、などの地域から求めるのがよいとした。本研究で用いた樹種は、コントルタマツを除けば、凡そ、上記の3地域、或はその周辺に自生地をもつ種であり、札幌においても例年大きな障害もなく生育している。しかし、1983～84年冬のような異常気象が到来すると、被害を被るものと、抵抗性を示すものとの種間差が顕在化する。生育が遅く、その機能を発揮するまでに長年月を要する耐寒性常緑樹類では、特に、将来的な異常気象の到来をも考慮した上で、適樹の選択を図る必要がある。樹木の異常気象時における被害予測を行うには、より条件の厳

表一 1 被害率¹⁾と含水量に係わる各因子との相関

種 名	パンクス マツ	コントル マツ	アカマツ	チャウセン ゴヨウ	モンタナ マツ	オウシユウ マツ	キタ ゴヨウ	ハイマツ	レジノーサ マツ	リギダ マツ	ストロブ マツ	オウシユウ アカマツ	クロマツ	被害率との 相関
被害率	6.6	23.8	55.3	32.1	9.1	3.6	3.6	(0) [#]	(50.0)	(33.3)	61.5	19.2	45.6	
冬の平均 含水率	55.7	59.0	60.3	59.4	54.5	57.7	56.7	55.4	57.1	58.6	58.3	57.6	58.3	0.682※
10月→1月 の差	0.9	3.5	3.6	2.0	3.0	1.1	2.6	-1.6	2.8	5.5	4.0	2.6	4.1	0.734※
冬の最低 含水率 (A)	55.0	57.3	58.9	58.5	52.9	56.0	55.4	54.6	55.0	56.7	57.2	55.8	55.3	0.609
障害限界 含水率 (B)	34.9	45.5	48.8	47.8	35.8	32.8	38.7	36.9	36.9	31.1	43.5	34.5	35.7	0.620
A-B	20.1	11.8	10.1	10.7	17.1	23.2	16.7	17.7	18.1	25.6	13.7	21.3	19.6	-0.568
A-B/A	36.5	20.6	17.1	18.3	32.3	41.4	30.1	32.4	32.9	45.1	24.0	38.2	35.4	-0.844※

※ P < 0.05
※※ P < 0.01

被害率と各月の含水率との相関：	10月	11月	12月	1月	2月	3月
	0.804※	0.597	0.434	0.489	0.637※	0.740※

調査数20個体未満、これらの樹種は相関の計算から除外。

しい地域における植栽例を参考にす
るか、或は、環境制御装置を用いて
実験的に異常気象を再現する、など
の方策をとればよいであろう。しか
し、含水量、浸透圧、或は、代謝系
化学成分の変化など、低温馴化に伴
う何らかの生理的特性⁹⁾に着目して
簡便に寒風害などに対する抵抗性の
種間差を識別しうる指標となるもの
がみつければ都合がよい。

表一 1の結果から、被害の大きな
種=非抵抗性種は抵抗性種に比較し
て、初冬の含水率は高いが、厳寒期
に向って含水率の低下が著しく、更
に、最低含水率に対する最低含水率
と障害限界含水率との差の割合が小
さいということは、失いうる余裕の
含水率が小さいことを意味している。
1983～84年 冬のように、厳寒期以
降4月上旬までほとんど気温がプラ
スになることがなく、土壤凍結も遅
くまで残存したこと等により、吸水
障害が継続して脱水が進行した場合²⁾
、非抵抗性種の方がより早い時期に障
害限界含水率に近づくことが類推さ
れよう。一方、抵抗性種では、当初
から含水率が低く、厳寒期に向って
の低下速度も小さく、その後の回復
も鈍いという、比較的、低レベルで
安定したパターンを示す。失いうる
余裕含水率も高い。この非抵抗性種
と抵抗性種の含水率の変動パターン
の違いのうち、被害程度との相関が
高い10月の含水量について、被害程
度との関係を図示してみると図-4
のようであり、この簡便な因子によ
り、凡そ、被害程度を類推出来そう
である。被害調査サンプル数の少な
い3種の被害程度をこの図から判断
してみると、ハイマツ：被害小、レ
ジノーサマツ：被害(少～)中、リ
ギダマツ：被害大ということになり、
この結果は経験的な知見と一致する。

抵抗性種における含水率の低レベ
ルで安定した推移パターンは、生育
不適期間の長い高緯度、高海拔地域
に分布する種の、早期の生育停止-
越冬体制作り^{9),11)}との関連で考える

図-4 被害率¹⁾と10月の含水率との関係

ことが出来るかもしれない。その意味で、各々の種の含水量と地理的分布との関係を眺めてみると、含水率が当初より特に低いパンクスマツ、モンタナマツ、ハイマツなどは高緯度、或は山岳地帯にその分布があり、逆に10月の含水率の特に高いアカマツ、リギダマツなどは比較的低緯度に分布している^{3), 10)}などの傾向を認めることが出来る。従って、種の自生分布域の状況を考慮することも、抵抗性種の導入を考える場合、手助けになるであろう。また、分布範囲の広い樹種では、産地によって非常に異なる生態型(変種)が存在するので^{3), 10), 12)}具体的な導入先の留意も必要であろう。

引用文献

- 1) 浅野義人(1984): 札幌市における1983~84年冬の常緑樹の寒害について: 造園学会関東支部大会研究発表・報告要旨 2, 13-14

Summary: In 13 pine species wintering in the cold district, the change of water content of leaves, the critical water content to damage, etc. were examined to find any difference between desiccation damage-resistant and nonresistant species and to find a possible indicator to estimate the desiccation damage-resistance of species. It was shown that non-resistant species tend to have higher water contents in the early and late winter, but more rapidly lower toward mid-winter than resistant species. Also, the percentage of available water content (minimum level - critical level) in mid-winter is smaller in the nonresistant species. The water content in October may be an indicator to estimate the desiccation damage-resistance of species.

- 2) 浅野義人(1985): 1983-84年冬の常緑樹の寒害発生に関する考察 - 札幌の場合: 造園学会関東支部大会研究発表・報告要旨 3, 1-2
- 3) Bean W. J. (1976): Trees and shrubs, hardy in the British isles III, : John Murray Ltd. London
- 4) 檜山徳治・高橋啓二・土井恭次・坂上幸雄(1974): 林木の気象被害: 日本林業技術協会
- 5) Lieth, H. (1960): Über den lichtkompensationspunkt der landflanzen: Planta 54, 530-554
- 6) 前堀幸彦(1984): 寒さによる植栽木の被害調査の結果について(その1): 道路と自然 46, 34-39
- 7) 前堀幸彦・春田章博(1985): 寒さによる植栽木の被害調査の結果について(その2): 道路と自然 48, 32-39
- 8) Michael, G. (1966): Untersuchungen über die Winterliche Dürre-resistenz einiger immergrüner Gehölze im Hinblick auf eine Frosttrocknisgefahr: Flora, Abt. B 156, 350-372
- 9) 酒井昭(1982): 植物の耐凍性と寒冷適応-冬の生理・生態学: 学会出版センター
- 10) 柴田前・功力六助(編)(1962): 北方林業叢書 22 外国樹種の育苗: 北方林業会, 札幌
- 11) 田中弘之・大畠誠一・赤井龍男(1976): 外国産マツ属の新梢の伸長と形態: 京大農・演習林集報 11, 38-49
- 12) 柳沢聡雄(1961): 主として気候上からみた北海道への異郷土樹種の導入に関する考察: 北海道の林木育種 4(2), 12-24