関西自然保護機構会誌 25（1）：43－54, 2003

原 著

種子を運ぶ奈良の風（御蓋山ナギの分布域拡大4）

大阪市立大学大学院理学研究科
山倉拓夫・名波 哲・野田周央・伊東 明

Some meteorological characteristics of wind available for seed dispersal at Nara (Territorial expansion of *Podocarpus nagi* at Mikasayama Hill, Nara, Japan 4). Takuo Yamakura, Satoshi Nanami, Chicahisa Noda and Akira Itoh (*Graduate School of Science, Osaka City University*)

はじめに

本報告を含む一連の論考は，ナギ，照葉樹，鹿，これら3者間の相互作用による御蓋山ナギ林の分布域拡大と春日山照葉樹林の劣化の問題（菅沼，1988，2001）に関連している。前3報では，ナギ林の起原に関する献木説（小清水，1943）およびナギの分布域拡大を説明する7仮説（小清水・菅沼，1971；菅沼，1988）の概観（山倉ら，2000），分布域拡大説明仮説としてのアレロパシー説（小清水・菅沼，1971）の検討（山倉ら，2001），および分布域拡大説明仮説としての風仮説（菅沼，1988，2001；菅沼ら，1990）の検討に資するナギ種子の落下運動の解析（山倉ら，2003）について論じた。本報では奈良地方気象台のデータを基に，ナギの種子散布に主要な駆動力として働く，奈良に吹く風の気象学的特性，特に風速と風向の特性ついて述べる。菅沼（1988，2001；菅沼ら，1990）の風仮説の検討のためには，既に論じた種子の落下運動に加え，風について知る必要があり，風特性の把握は避けては通れない。

御蓋山ナギ林と春日山照葉樹林での研究実施に際し，御支援と御助言を頂いた菅沼孝之先生，春日大社，奈良公園管理事務所に感謝致します。また，気象データの閲覧に便宜供与を頂いた奈良地方気象台に感謝致します。野外調査，データ解析，討論を通じて，協力と有益な示唆を頂いた神崎護先生，所属研究室の皆様，特にナギ林を研究課題に学士，修士，博士の論文作成に勤しまれた皆様に感謝します。

データと方法

なぜ風速と風向か

前報（山倉ら，2003）で述べたように，種子が親木から離れて林床に到達するまでは，例え短い時間であっても種子は確実に空中にある。空中にあるものは，すべて風によって運ばれる。樹冠を離れて落下した種子が林床に達する時間（落下時間）を T 秒（sec），風速を u（m/sec）とすれば，親木から［$u \cdot T$］m 離れた場所に風は種子を運ぶ。生態学では，風による種子散布距離（$L = uT$, m）をこのように見積もり，種子散布に対する風の影響を検討してきた（Greene & Johnson, 1989；Ohkubo & Levin, 1989）。菅沼（1988）の風仮説の検討に際し，風速を問題にする根拠は $L = uT$ の関係にある。

風は風向をともなう。この変量はナギ分布域の拡大方位と密接に関連し，風仮説でも重要な仮説構成要素として取り上げられている（菅沼，1988，

2001；菅沼ら，1990)。従って，風速と並んで風向特性の把握も，本報告の重要な検討課題である。

奈良地方気象台

奈良地方気象台は北緯34度41分5秒，東経135度49分9秒，標高104 m，奈良市半田開町7に位置し，長期間にわたる貴重な測定データを公表している。本報告では，1989年4月1日から1998年12月31日までの3562日間にわたって，当該気象台によって測定された日々の風速および風向データを所定の手続きによって閲覧入手し，原資料とした（気象庁，1996 a, b, c, 1997, 1998, 1999)。なお，風速および風向を測定するための測器の設置高は11.2 mであった（気象庁，1996 a)。

最大風速の採用

日々の風速（m/秒）は風速の日別値とよばれ，その算出法の違いから，平均風速，最大風速，最大瞬間風速が識別されている（気象庁，1996a)。平均風速はその日の全風程を平均したもので，全方位にわたって平均値を求めるため，風向は問題とされない。最大風速は10分間平均の日最大値を意味し，気象台の記録は風向をともなう。最大瞬間風速は瞬間風速の日最大値で，これも風向をともなう（気象庁，1996a)。

風向は原資料で，南，北のように16方位から成るカテゴリー変数（類型値）で与えられている。16方位の角度への変換には，東を0.0度とし，反時計回りに北を90度，西を180度，南を270度とする変換法を採用した。この変換法では，方位を22.5度単位の変数として表すことになるが，より連続した数値として扱うには更なる近似的変換を必要とする。

既に述べた菅沼（1988，2001；菅沼ら，1990）の風仮説では，種子の散布方向によって決定される，分布域の拡大方位も重要な要素となっている。風向を考慮するなら，測定値の性格から取り上げることが可能な風速は，最大風速と瞬間最大風速になる。ここで，二つの風速の中，どちらを取り上げるべきか？という問題が生ずる。瞬間最大風速の採用は大きな種子散布距離を与えるとすれば，最大風速の採用は控えめな種子散布距離を与える。本報では，持続時間が10分間と長く，1秒以上を要する種子落下時間に確実に影響を与えると思われる最大風速に，議論の焦点を定める。平均風速および瞬間最大風速に関しては，最大風速との関連において簡単に触れるにとどめ，ナギの種子散布に一役買うと思われる奈良の風（以後，奈良風と略記）の性質を論ずる。

統計学的手法

観測値の度数分布，平均，分散，相関係数など，広く知られた記述統計学の諸量を採用して，奈良風の特徴を記述する。また，必要に応じて度数分布や平均など，統計諸量の有意性の検定を行う。

結　果

風速の巨視的性質

原資料として引用する，1989年4月1日から1998年12月31日までの3562日間の日別風速値には，数日の欠測日は認められるものの，資料は良く整備され，奈良風の一般的性質を把握するのに十分な精度を持つと思われた。数値の出現状況を知るため，平均風速，最大風速，瞬間最大風速の度数分布を画いた（図1)。3風速の全測定値の度数分布はモードに関して非対称なL字型分布となった。竹内（1997）は風速の度数分布は，度数の最大値が平均値よりは原点側に寄った非対称分布となること，風速の度数分布の記述に現在最もよく使われる分布関数がワイブル分布である

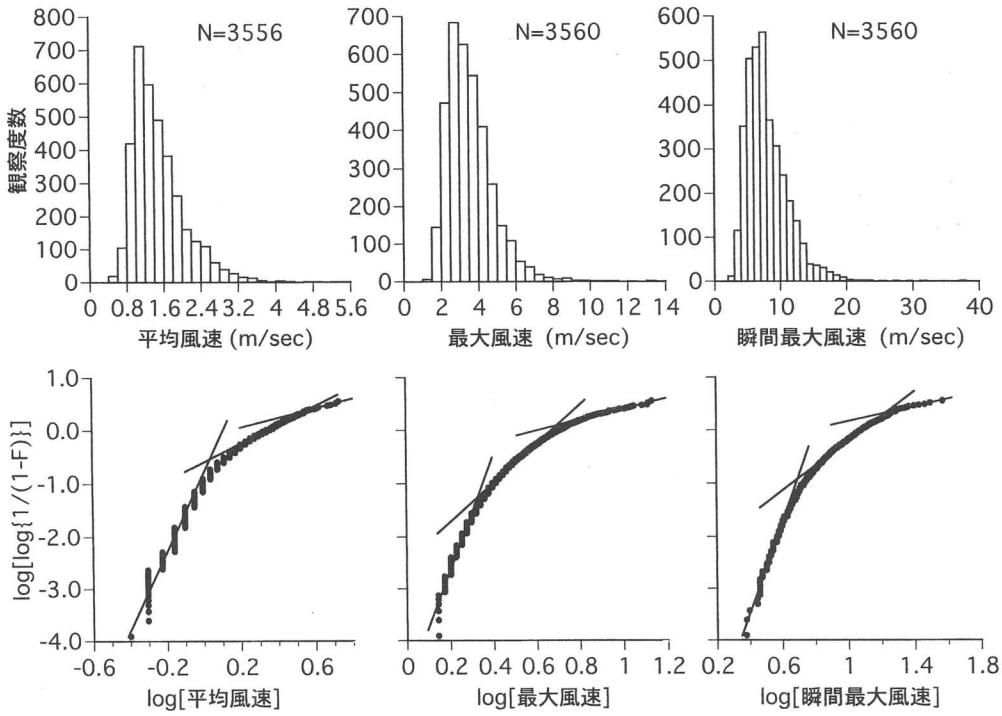


図1．平均風速，最大風速，瞬間最大風速の日別値の度数分布と累積確率．原資料として奈良地方気象台のデータを引用した（気象庁，1996～1999）．度数分布は上段に，累積確率は下段に示す．累積確率の作図にはワイブル分布確率紙を用いた．風速をx，累積確率をFとする時，ワイブル分布の累積確率は $F = 1 - \exp[-\{(x-a)/b\}^c]$ で表される．3係数a, b, cはそれぞれ，位置定数（a），尺度定数（b），形状定数（c）といわれる（竹内，1997）．累積確率の作図には位置定数$a = 0$と仮定した（図下段）．

ことを述べている。ワイブル確率紙上での奈良風データの散布状況は，3風速とも1本の直線とはならず，折れ線となる（図1）。一方，Greene & Johnson（1989）は風速の度数分布が対数正規分布に従うことを述べている。図は略すが，図1と同じデータを対数正規確率紙に目盛ると，確率紙上でのデータ散布は1本の直線とはならず，図1と同じように3本の折れ線となった。確率紙でデータの散布が折れ線となることは，風速の度数分布が複数の異質な部分集団から成ることを示す。

図1の確率紙で横軸に目盛った風速の対数値は，測定値をそのまま対数変換したものである。位置の母数（図1説明参照）と称される定数の加減算を測定値に施した値を対数変換すると，確率紙上でのデータの散布，特に値の小さな測定値は加減算前のそれとは大きく違ったデータ散布パターンを取る。更には適当な位置の母数を発見できるならば，折れ線が直線となることも多い。詳しい位置の母数の検討は行わないが，奈良風を表現するには係数の異なる複数個のワイブル分布を繋ぎ合わせる必要がありそうだ。

日本列島は，冬には冷たい高気圧（シベリア気団；二階堂，1998）に，夏には熱い高気圧（小笠原気団；二階堂，1998）に，二つの高気圧の交代

期には温暖だが不安定な移動性高気圧（揚子江気団；入田，1998）によって支配される（倉嶋ら，1964）。図1の確率紙上の3つの折れ線は，それぞれ3気団に固有な風を表しているかも知れない。

平均風速，最大風速，瞬間最大風速の最小値，最大値，平均，分散，歪度，尖度を求めた。歪度と尖度の算出には，基準値をゼロとするように規格化した（表1）。3風速の平均，分散は有意に異なる（$P<0.01$；表1）。最大風速と瞬間最大風速は平均風速の部分データであり，瞬間最大風速は最大風速の部分データである確率が高いことを考慮すると，3風速は互いに独立ではあり得ない。このため，平均，分散の3風速間の差を強調することに，特別の意味はないかも知れない。事実，最大風速の大きな日には瞬間最大風速および平均風速とも，共にも大きく，3つの風速は連動して変化した。散布図は略すが，最大風速と瞬間最大風速の間には一般的に有意な相関（$r=0.879$，データ数$N=3560$，危険率$P<0.01$）認められ，原点を通る一次回帰式を仮定して求めた最大風速（X，m/sec）と瞬間最大風速（Y，m/sec）の関係は，$Y=2.258X$となった。同様にXと平均風速（Z，cm/sec）の間にも有意な相関が認められ（$r=0.809$，$N=3556$，$P<0.01$），原点を通る一次回帰式として$Z=0.4028X$の関係を得た。すなわち，日々の最大風速を2.258倍，0.4028倍した値は，それぞれ瞬間最大風速，平均風速の概略値を与える。この関係は，最大風速から他の二つの風速を類推する上で有効である。

歪度は3風速間で類似する（表1）。尖度は最大風速で大きい。しかし，3風速間の尖度の差は，平均，分散の差に比べ，相対的に小さい。風速の観測値を規格化して区間［0，1］の相対値で表し，度数も相対度数で表すと，3変数の度数分布は類似した。

風速の季節変動

日本を支配するシベリア，小笠原，揚子江の3気団は季節的に入れ代わり，奈良風に季節変動をもたらす。図2は最大風速の日別値の度数分布を月ごとに取りまとめたものである。8月と9月には10 m/sec以上の風が稀に記録されたが，他の月でではすべて10 m/sec以下の風となった（図2，表2）。月毎に最大風速の平均，分散，歪度，尖度の統計量を求めると，8月と9月の風は，分

表1．風速の日別値の諸統計量．データは気象庁（1989～1998）*による．

統計量	単位	平均風速	最大風速	瞬間最大風速
観測日数	日	3562	3562	3562
欠測日数	日	6	2	2
有効観測日数	日	3556	3560	3560
最小値	m/sec	0.4	1.4	2.4
最大値	m/sec	5.4	13.6	37.6
平均	m/sec	1.448	3.545	8.029
分散	$(m/sec)^2$	0.3178	1.626	10.17
歪度	$(m/sec)^3$	1.432	1.690	1.499
尖度	$(m/sec)^4$	3.396	6.121	5.022

＊観測期間は1989年4月～1998年12月であった．

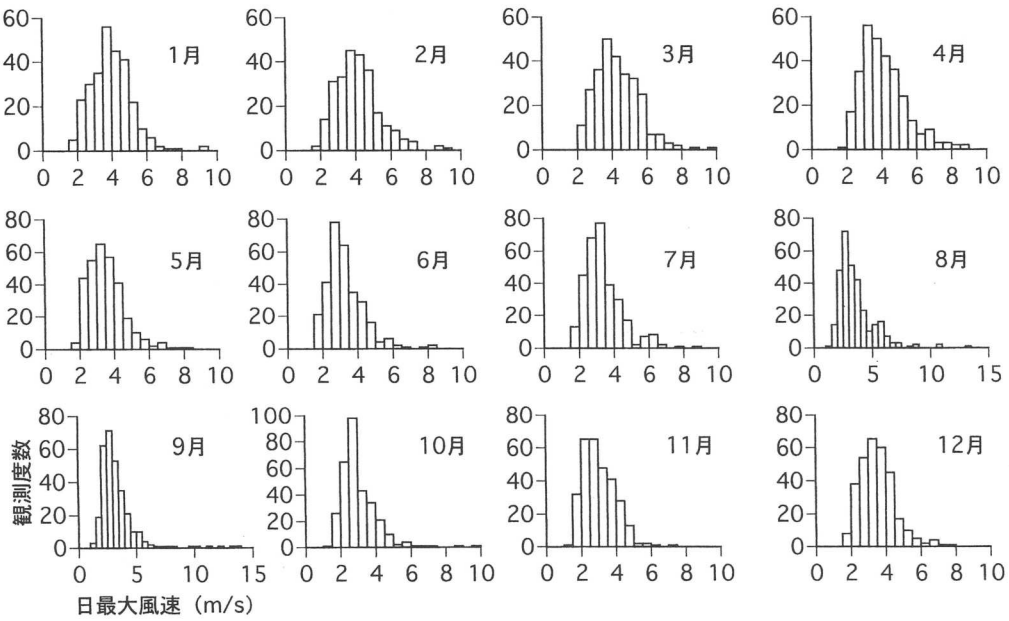


図2．最大風速の日別値の度数分布の季節変動．データは図1と同じ．

表2．最大風速の日別値の季節変動．データは気象庁（1989～1998）*による．

月	データ数	最小値	最大値	平均	分散	歪度	尖度
		m/sec	m/sec	m/sec	$(m/sec)^2$	$(m/sec)^3$	$(m/sec)^4$
1	279	1.6	9.4	3.923	1.359	0.908	2.634
2	254	1.9	10.4	4.115	1.716	1.266	3.009
3	278	2.2	9.7	4.278	1.479	0.800	1.266
4	300	1.9	8.7	4.096	1.658	0.960	0.935
5	310	1.6	8.3	3.484	1.124	1.206	2.446
6	300	1.5	8.4	3.229	1.094	1.541	4.216
7	310	1.5	8.7	3.322	1.149	1.381	2.975
8	310	1.4	13.0	3.539	2.260	2.195	7.884
9	300	1.4	13.6	3.282	2.595	3.376	15.775
10	309	1.4	9.7	2.989	1.053	2.245	9.182
11	300	1.4	11.0	3.005	1.035	2.174	12.566
12	310	1.6	7.5	3.473	1.023	0.960	1.491

＊観測期間は1989年4月～1998年12月であった．

散，歪度，尖度に関して他の月に比べ大きな値となった。しかし平均値は2月～4月にかけて大きな値となり，8月と9月のそれは小さかった（表2）。すなわち，8月と9月は風に関して穏やか

な日が多いが，稀に台風が襲来して強風となる日もある。寒風の後の春は，穏やかな日が多いと人に錯覚させがちである。実際はシベリア気団と小笠原気団の交代の狭間にあって，移動性の揚子江気団が卓越する不安定な気象状態となり，相対的にではあるが強風（例えば5 m/sec以上）が頻出する（図2，表2）。

最大風速の月別値の差を調べるため，累積度数分布のコルモゴロフ・スミルノフ検定を行った。この検定は，2標本の平均，分散，歪度など，統計量の何れかひとつに差があれば，その差は標本の値の累積確率の変化に反映されるという考えに基づいており，2標本の包括的違いの検定に利用される（ソーカル・ロルフ，1973）。1月から12月に至る12ヶ月から任意の2ヶ月を抽出してできる総組み合わせ数66の中，53（80％）の組み合わせで最大風速の月当たりの累積確率に有意差（$P<0.05$）が認められた（表3）。このことは，各月の最大風速は月ごとに異なり，他の月とは違った確率法則に従うことを示す。

風向の季節変動

最大風速の日別の風向は16方位のカテゴリー変数として与えられており，各方位の全測定期間（3560日）を通じての出現度数は図3Aのようになった。南風と北風が突出して多く，西風も若干認められる。しかし東風はほとんど出現せず，偏西風の影響下にある日本列島の風配の特徴が伺える。各方位の平均風速は（図3B），北北東の風で3 m/sec以下と弱く，東北東の風で4 m/sec以上と大きい。稀な東寄りの風が概して大きな風速を持つのは，台風の影響を表すものであろう。他の方位の風は概ね3～4 m/secの範囲にある。

各月の風配は図4のようになる。全体的な傾向は全測定期間を通じての風配（図3A）と変わらないが，微細な差が月ごとに認められる。日別の最大風速の値の例に倣い，風の方位を確率変数として月ごとの累積確率を求め，12ヶ月から任意の2ヶ月を抽出してできる組み合わせ数66のデータセットを準備した。この方位のデータセットにコルモゴロフ・スミルノフ検定を適用すると，55（83％）の組み合わせで方位の累積確率に有意差

表3．日別最大風速の度数分布の月間差に関するコルモゴロフ・スミルノフ検定．記号NSは有意差なし，記号＊は危険率$P<0.05$，記号＊＊は$P<0.01$を表す．

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1月	－											
2月	NS	－										
3月	＊＊	NS	－									
4月	NS	NS	NS	－								
5月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	－							
6月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	－						
7月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊	NS	－					
8月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	NS	NS	NS	－				
9月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	NS	＊	＊	－			
10月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	NS	－		
11月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	NS	NS	－	
12月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊	＊＊	＊＊	＊＊	－

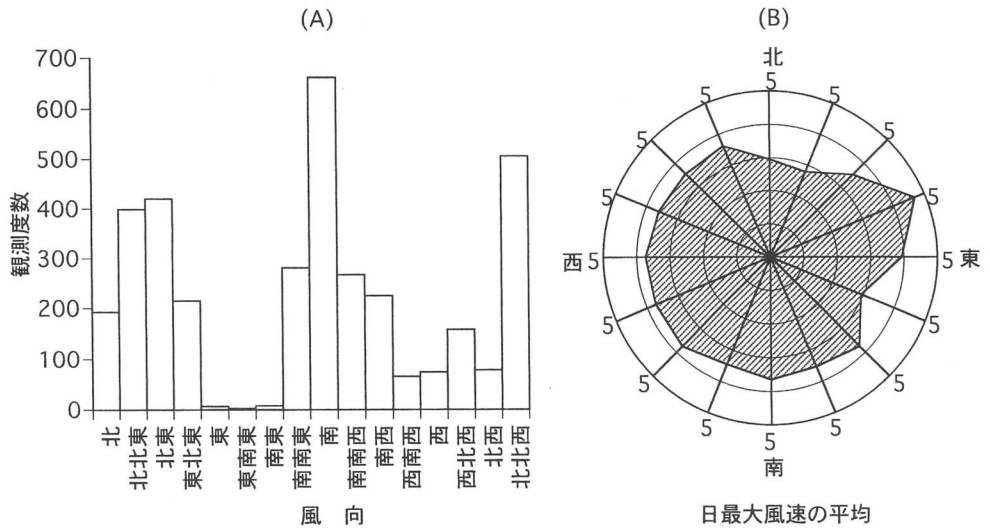


図3．日別の最大風速の風向（A）と風向別の平均最大風速（B）．1988年4月1日から1999年12月31日までに観測された，全風向と風速をまとめて示す．

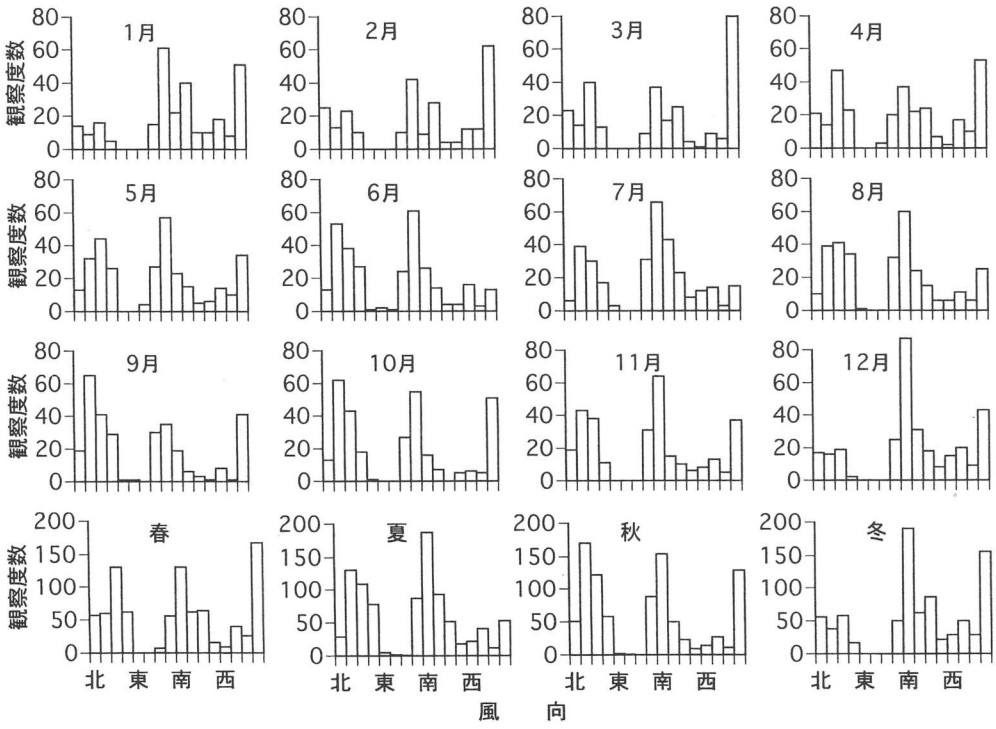


図4．最大風速の風向の季節変動．データは図3と同じ．

($P<0.05$) が認められた（表４）。すなわち，日別の最大風速の方位の出現確率も月ごとに異なる。

考　察

ナギの種子散布季節

ナギの種子散布は15ヶ月にわたって継続する（図５；王，1993；山倉ら，2003）。一方，御蓋山ナギ林に隣接する春日山照葉樹林の優占種，シイ，カシ類は種子散布のピークを秋に設定し，９月～１月までの４ヶ月間で種子散布を完了する（平山，私信）。ナギの種子散布期間はシイ，カシのそれと極めて対照的である。種子が動物に食べられる場合，種子捕食からのエスケープ（伊藤ら，1992）をはかる上で，短期の種子散布は有利な性質と考えられるから（Janzen, 1970, 1974；Ashton *et al.*, 1988），シイ，カシの短い種子散布期間の選択は理にかなう。

有毒物質ナギラクトンで種子をコーテングするナギにおいては（Ohmae *et al.*, 1999），種子が捕食されることは無いから，種子散布の長期化は台風の利用をはかる上で有利な性質と言える（山倉ら，2003）。しかし，台風が奈良を襲来する８月と９月の種子散布量は多くはない。15ヶ月におよぶ種子散布の全期間を考えると，８月と９月は各２回めぐってくる。各２回の ８月と９月を足

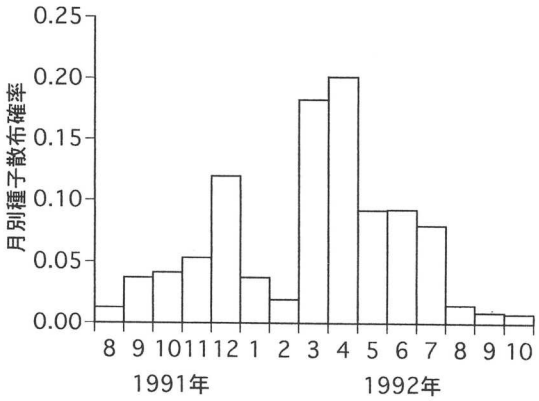


図５． ナギの種子散布の季節変動．縦軸の種子散布確率は，各月の種子散布量を総種子散布量（317.6 kg/ha/15 months）で除して求めた．原資料は王（1993）によるが，その詳細は前報（山倉ら，2003）を参照．

表４． 日別最大風速の風向の度数分布の月間差に関するコルモゴロフ・スミルノフ検定．記号 NS は有意差なし，記号＊は危険率 $P<0.05$，記号＊＊は $P<0.01$ を表す．

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1月	－											
2月	＊＊	－										
3月	＊＊	NS	－									
4月	＊＊	NS	NS	－								
5月	＊＊	＊＊	＊	NS	－							
6月	＊＊	＊＊	＊＊	＊	NS	－						
7月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	－					
8月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	NS	NS	＊＊	－				
9月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	－			
10月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊	＊	＊＊	＊	NS	－		
11月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	NS	NS	＊＊	NS	＊＊	＊	－	
12月	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊＊	＊	＊＊	＊＊	＊＊	－

し合わせた月数は延べ４ヶ月となるが，４ヶ月間で散布される種子量は全種子散布量の 7.4％にしか過ぎない（図５）。すなわち，ナギがこの時期に積極的に種子散布を行っているわけではない。

ナギが大量に種子を落下させる主要期間は，15ヶ月間で各１回しか廻ってこない３月と４月にあり，この２ヶ月間で全種子散布量の 38.3％が散布される（図５）。ナギの種子発芽は，そのピークが６月初旬と遅い。秋季の種子散布は，ナギの種子が発芽期までの間，長期にわたって林床で発芽を待つことを意味する。この発芽待機時間に並行して，動物の踏みつけによる種子の損傷は増加すると考えられるから（玉井，1990；山倉ら，2000），ナギが春期に遅く種子散布を集中させることは，踏みつけによる種子の損耗を避ける点で，適応的であるとされた（山倉ら，2003）。しかし，種子散布距離の最大化をはかる上で，春季の種子散布が適応的であるか否かは，これまで明確ではなく，未解明の問題として残されていた。以下に，この問題について検討する。

ナギは台風ではなく春風を選んだ

3560 日にわたる最大風速の平均は 3.545 m/sec であった（表１）。また各方位にデータを区分して算出した方位ごとの平均最大風速は，東北東の風を除いて全て４m/sec 以下となった（図３B）。更には月別に求めた最大風速の平均値は，２月～４月の３ヶ月間で 4.0 m/sec を超えるが，他の９ヶ月では全て 4.0 m/sec 以下となった（表２）。これらのことから，風速が 4.0 m/sec 以上，5.0 m/sec 以上，6.0 m/sec 以上となる強風を考え，強風の出現確率を月別に求め，図６の結果を得た。３月と４月に一定レベル以上の強風が発生する確率は，他の季節に比べ明らかに高い（図６）。

よく用いられる風速評価システムにビューフォート風力階級（篠原，1986）がある。このシステムは０（風速 0～0.2 m/sec）から12（風速 32.7 m/sec 以上）までの13階級に風速を区分して風の強さ評価するもので，風速 3.4 m/sec～5.4 m/sec の風は風力階級３に，5.5 m/sec～7.9 m/sec の風は風力階級４に分類される。風力階級３の風は，細い枝を動かし，旗を開かせた状態でたなびかせる。また，風力階級4の風は砂ほこりを巻き上げ，小枝を動かすとされる（篠原，1986）。風速は絶えず変動し，平均時間が測定値に影響を及ぼす。平均時間が長い程風速は減ずるが，逆に時間代表

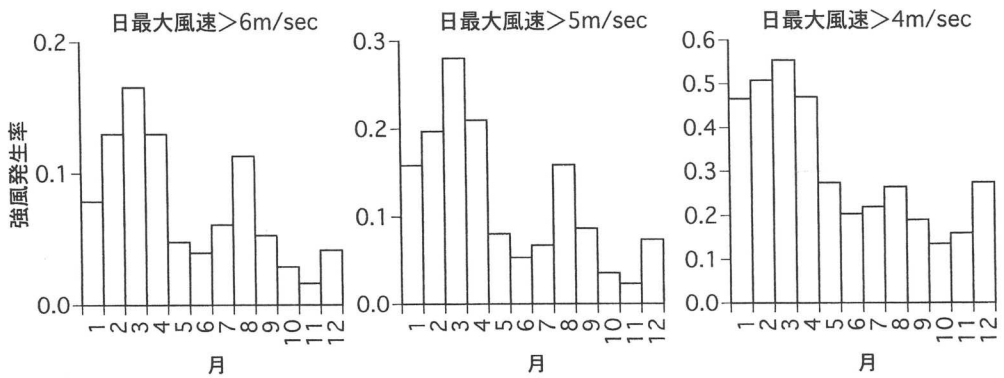


図６．強風の発生確率の季節変動．最大風速で，風速６m/sec（図左），５m/sec（図中央），４m/sec（図右）を超える風速の出現確率（上側確率）を観測月別に示す．データは図２と対応する．

性は向上する（篠原，1986）。従って，風速の評価には平均時間に対する配慮が欠かせない。10分という長い平均時間を考える時，ビューフォート風力階級３から４の風は，階級の低さにも関わらず，それほど弱い風ではないと思われる。

図５および図６を合わせて考えると，３月と４月に種子散布が活発化することは，平均値を超える一定レベル以上の強風の発生確率と対応していることが解る。発生確率の低い最大レベルの強風（台風）よりは，風力は弱くとも発生確率の高い一定レベル以上の風（春風）に種子散布を委ねようとするナギの戦略は，極めて合理的である。このようなナギ種子散布戦略は，予測性の低い不安定な状況の選択よりは，予測性の高い状況の選択を意味し，生物の進化過程で普遍的に認められる現象として理解することができる。

種子散布モデル構築への示唆

最大風速に関する日別値は，風速および風向とも，月別に異なる確率法則に支配されることが判明した（表３，４）。このことは，ナギの種子散布モデルに風速と風向の２変量を取り込む際，２変量を確率変数として扱うこと，および２変量の確率分布を12ヶ月に区分して扱う必要があることを示す。確率分布を月別に分けることはモデルを複雑化させ，解析的扱いを困難化させる。この種子散布のモデル化の問題は，早急に検討されなければならない。

要　約

ナギの種子散布に及ぼす風の影響の解明に備えるため，1989年４月から1999年12月まで，奈良地方気象台によって測定された最大風速の日別値の資料（データ数＝3562）を基に，奈良に吹く風（奈良風）の特性を検討した。記述統計学の指標を用いて奈良風の特性を浮かび上がらせることに努め，最大風速の日別値の累積度数分布がワイブル確率紙上で３本の折れ線となること，最大風速の風速および風向の確率分布は観測した月ごとに異なること，および東寄りの風が極めて稀であることを明らかにした。また，ナギの主要種子散布期が３月～４月にある現象には，これまで合理的な説明が与えられていなかった。奈良風とナギの種子散布の季節的対応を検討することにより，３月～４月の主要種子散布期が３月～４月の高い強風発生確率と重なることを明らかにした。

引用文献

Ashton, P. S. , Givnish, T. J. & Appanah. S. 1988. Staggered flowering in Dipterocarpaceae : new insights into floral induction and the evolution of mast fruiting in the asesonal tropics. *American Naturalist*, 132 : 44－66.

Greene, D. F. & Johnson, E. A. A model of wind dispersal of winged or plumed seeds. *Ecology* 70 : 339－347.

入田央. 1998. 揚子江気団.「気象科学辞典」（日本気象学会編），517p. 東京書籍，東京.

伊藤嘉章・山村則男・嶋田正和. 1992. 動物生態学. 507pp. 蒼樹書房，東京.

Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104 : 501－528.

——. 1974.Tropical black water rivers, animals and mast fruiting by the Dipterocarpaceae. *Biotropica*, 6 : 69－103.

気象庁（監）. 1996a. 地上気象観測原簿過去データ（1989年４月～1991年）CD-ROM版. 気象業務支援センター，東京.

——（監）. 1996b. 地上気象観測原簿過去データ（1992年～1994年）CD-ROM版. 気象業務支援センター，東京.
——（監）. 1996c. 平成7年気象庁年報CD-ROM版. 気象業務支援センター，東京.
——（監）. 1997. 平成8年気象庁年報CD-ROM版. 気象業務支援センター，東京.
——（監）. 1998. 平成9年気象庁年報CD-ROM版. 気象業務支援センター，東京.
——（監）. 1999. 平成10年気象庁年報CD-ROM版. 気象業務支援センター，東京.
倉嶋厚・落合盛夫・青木宣治・土屋巌・有賀淳. 1964. アジアの気候. 世界気候誌第1巻（畠山久尚監）. 577pp. 古今書院，東京.
小清水卓二. 1943. 春日神社のナギの樹叢.「大和の名勝と天然記念物」（小清水卓二著），39－45. 天理時報社，奈良.
——・菅沼孝之. 1971. 御蓋山の植生.「奈良市史自然史編」（小清水卓二編），138－147. 奈良市，奈良.
二階堂義信. 1998. シベリア気団.「気象科学辞典」（日本気象学会編），244p. 東京書籍，東京.
——. 1998. 小笠原気団.「気象科学辞典」（日本気象学会編），63p. 東京書籍，東京.
Ohkubo, A. & Levin S. A. A theoretical frame work for data analysis of wind dispersal of seeds and pollen. *Ecology*, 70 : 329－338.
Ohmae, Y. , Shibata, K. & Yamakura, T. 1999. The plant growth inhibitor nagilactone does not work directly in a stabilized *Podocarpus nagi* forest. *Journal of Chemical Ecology*, 25 (4) : 969－984.
篠原武次. 1986. 地上気象観測.「気象ハンドブック」（気象ハンドブック編集委員会編），215－224pp. 朝倉書店，東京.
菅沼孝之. 1988. 春日大社境内のナギ林の生態. 関西自然保護機構会報，15 : 55－68.
——. 2001. 奈良市春日大社のナギとナギ林. 関西自然保護機構会報，23 : 15－155.
——・織田くみこ・水野一美. 1990. 春日大社境内ナギ林の林分構造とナギの密度分布.「史跡春日大社境内地実態調査報告及び修景整備基本構想策定報告書」（春日顕彰会編），51－63.
ソーカル，R. R. ・ロルフ，F. J. 1973（藤井宏一訳，1983）. 生物統計学. 449pp. 共立出版，東京.
竹内清秀. 1997. 風の気象学. 172pp. 東京大学出版会，東京.
玉井潤. 1990. ナギ林の組成と構造. 43＋57pp. 大学院理学研究科修士論文. 大阪市立大学，大阪.
山倉拓夫・大前義男・名波哲・伊東明・神崎護. 2000. 御蓋山ナギの分布域拡大1. 諸説概観. 関西自然保護機構会誌，22 : 173－184.
——・大前義男・名波哲・伊東明・神崎護. 2001. 壊滅的森林撹乱が引き起こすアレロパシーの予測（御蓋山ナギの分布域拡大2）. 関西自然保護機構会誌，23 : 51－63.
——・平山大輔・名波哲・伊東明. 2003. ナギの種子落下速度（御蓋山ナギの分布域拡大3）. 関西自然保護機構会誌，24 : 97－112.
王（Wang）玉南. 1993. ナギ林の炭素循環. 43＋57pp. 大学院理学研究科修士論文. 大阪市立大学，大阪.

前報の誤記の訂正

ナギの種子落下速度を検討するため，前報ではナギの種子落下の運動方程式を基に，落下時間と種子落下速度の間の関係式を導いた（山倉ら，2003）. その記述において数式の符号に誤記が認められたため，下記のように訂正する.

［誤１］関西自然保護機構会誌第 24 巻２号 102 ページ上から８行目の（６）式

$$u=\sqrt{\frac{Wg}{K}}\frac{1-C\exp[\frac{2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]}{1+C\exp[\frac{2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]} \quad (6)$$

［訂正１］

$$u=\sqrt{\frac{Wg}{K}}\frac{1-C\exp[\frac{-2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]}{1+C\exp[\frac{-2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]} \quad (6)$$

［誤２］関西自然保護機構会誌第 24 巻２号 102 ページ上から 13 行目の（７）式

$$u=\sqrt{\frac{Wg}{K}}\frac{1-\exp[\frac{2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]}{1+\exp[\frac{2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]} \quad (7)$$

［訂正２］

$$u=\sqrt{\frac{Wg}{K}}\frac{1-\exp[\frac{-2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]}{1+\exp[\frac{-2}{m}\sqrt{KWg}\cdot t]} \quad (7)$$