

風の強さとササ群落の諸変化

荒木 眞之⁽¹⁾・増田 久夫⁽²⁾Masayuki ARAKI and Hisao MASUDA: Wind Velocity and its
Responsive Effect upon Sasa Community (*Sasa Amagiensis*)

要 旨: 風衝地の風速分布を推定するため、1970~'74年に伊豆半島西南部主稜上の風早峠において、風速の異なる6つの調査区を設け、ササ群落の諸変化と風速の関係を調べた。その結果つぎのことが明らかになった。6つの区の実測年平均風速は、6.3, 4.9, 4.3, 2.7, 2.4, 2.0 m/sであった。ササの葉の一部は風による損傷を受け、枯死・脱落する。したがって群落葉量は季節が進むにつれて減少し、特に強風区で激減する。葉の寿命は1年で2年葉はごく少ない。しかし、8月期の葉量は9.5~5.0 (ha/ha)で内地地の値と同じである。すなわち春の開葉は内地地群落より、特に強風区で多量に起こる。一方、*Sasa* 属植物の葉は各節に1枚着生し枝も節から1本分岐する。このためであろう、強風地群落は稈密度が高く、枝数も多く、枝の分岐も高次に及ぶ。ところで枝は分岐をくり返すたびに太さが細くなり、着生する葉も小さくなる。すなわち強風区ほど小さい葉を比較的多量にもつことになる。一方、同じ次数の葉相互を比較すると強風区の方が葉長が短い。この2つのことから、風速が強い地域ほど群落の平均葉長は短くなる。この関係は明確であり、地点風速の推定指標として使えるものと考えられた。

I ま え が き

沿海風衝地の風速分布を調べる一助として、伊豆半島西南部主稜線上の風早峠付近のササ群落の調査を行った。ここは名の通り風が強く、いわゆる風衝地と呼ばれる地帯である。このために不成績造林地やササ（アマギザサ *Sasa amagiensis* MAKINO）におおわれた無立木地が広がり、点在するイヌツゲは一様に明確な片面樹冠を呈している。付近のササ群落は内地地のものに比べ、一見して群落高が低く、葉が小さく枝が多いことなどがわかる。しかも、場所によってもかなり変動があることが観察された。地域の地形的変化とあわせ考えると、これらの変動原因は風速のちがいと考えられた。そこで、これらササ群落にみられる諸変化を1973~1974年に荒木が調査し、1970年から主に増田が測定してきた風速と対比した。この結果、地域を限った場合ササの葉片長から年平均風速が推定できようことがわかった。この調査にあたって天城宮林署の署長・経営課長・吉奈担当区主任の方々にお世話になった、ここで厚くお礼申し上げる。

II 調査地および調査法

1. 調 査 地

風速と群落を測定・調査した測点は6点あり、Fig. 1のとおり約1.5×1.5 kmの範囲内に位置する。測点は群落調査などの関係上、区と称する。1区は風早峠の北西250 m離れた稜線上に、2区は峠の南東300 mの稜線上に、3区は峠の北西50 mで駿河湾に面した急峻な沢の沢頭に、4区・5区は峠の北東

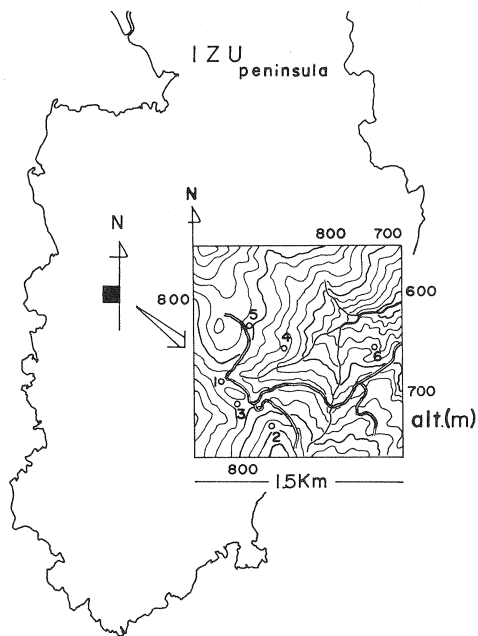


Fig. 1 調査地の所在
Location of the site.

で北東に向いた大きな谷の斜面上に、6区はその谷のほぼ底部で峠から約1,000m離れた地点にある。1区・2区・3区はイヌツゲが散在するササ密生地中に位置し、4・5区はヒノキ造林地とササ生地帯の境界にある。しかし、このヒノキ造林地は残存林分であるが、生存率が低く、残った個体も梢端が枯死したり、風衝面の枝葉の生長が極端に悪くなっている。6区は植栽後約10年・樹高1.5~2.1mのヒノキ造林地の中にある。この区は比較的風速が弱いが、なお風上側の枝は風下側に偏倚させられている。各区とも、地質は天城熔岩・猫越火山噴出物・湯ヶ島層群Aに分類され、土壌はBd¹⁾である。

2. 風速測定

2区~6区は4杯ロビンソン風速計で10kmギア以上をデジタル化した²⁾ものを地上3.5mの高さに設置し、期間の平均風速を求めた。1区は上記風速計のほかに、長期自記風向風速計を設

け、記録結果から平均風速、主風向、最大風速などを求めた。風の測定は1970年10月より'73年11月まで行なった。

3. 群落調査

群落調査は、1972年秋からほぼ2か月の間隔で'73年秋まで、および'74年夏に行なった。

III 結 果

1. 風向および風速

各区の年平均風速を測定開始から終了までの全風程から計算すると、1区・2区・……・6区の順に次の通りであった：6.29, 4.94, 4.25, 2.69, 2.38, 2.03 m/s。平均風速の季節変動をみるため月平均風速

Table 1. 月平均風速 (m/s)
Monthly mean wind velocity (m/s) (Oct. '70~Nov. '73)

Season	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sept.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.
Plot No. 1	5.70	6.17		4.96	5.91	5.22	5.13	9.46	5.60	7.07		
2	4.67	4.73		4.02	4.47	3.89	3.83	4.12	4.70	6.39		
3	4.17	4.09		—	3.81	3.86	3.90	3.97	4.62	5.41		
4	2.33	2.21		—	2.78	2.38	2.42	2.48	2.35	3.17		
5	2.32	2.02		2.11	2.43	1.82	1.87	2.24	2.16	2.68		
6	1.56	1.73		1.88	2.17	1.95	1.79	1.49	1.72	2.37		

を Table 1 に示す。1 区の平均風速は年間を通じおよそ 6 m/s 前後である。季節変動は総じて寒候期の特に 12 月に強く、暖候期の 7～8 月に弱いといえる。かりに風速 6 m/s を風力階級に対比すると風力 4 となり、それは樹木の小枝が動く、あるいは砂ぼこりが立つという階級³⁾である。1 区では平均的にこの状態が常に継続することになり、かなり強い風といえよう。また調査地の中では風速が弱い 6 区では、2.0 m/s の年平均風速を示す。これは風力 2 にあたり、顔に風を感じ、木の葉が動くといった程度³⁾である。しかし、この状態でも常に継続すると樹木の偏心生長が起こるのである。

一方、風向は 1 区の記録では SW が最も多い。また 6 区において伐根の偏心から読みとると NW となり、6 区のヒノキは WSW 側に着生した枝が風下側に偏倚湾曲させられている。一方、峠から SW に向かって深く大きく開いた谷があり、谷には風をさえぎるほどの枝尾根もなく、谷底の宇久須部落および駿河湾が望める。以上のことから、この地域の主風向は SW-NW であるといえよう。

2. 群落の季節による変化

(1) 群落の生長

群落高の測定を '73 年春～夏期に行った。新出稈の発生すなわち発筍は 4 月中旬にはすでに起こり、地上 6 cm あるいはそれ以上の筍長を示していた。これら筍を個体識別し、生長を追跡すると、その後急激に伸長し 5 月下旬には群落高の 8 割程度の高さを示す。6 月下旬にはすでに開葉し、群落高とほぼ等しい高さに達していた。

一方、旧稈においては稈および枝の各節にある休眠芽のうち、いくつかは伸長し枝となる。これらは 4 月上旬頃から 6 月下旬にわたって伸長するもののようである。

群落高の季節変動をみるため、各区 20 本の稈を選び稈長の測定を行った。稈の地際部に付したマークと、生存枝のうち最高の高さに達している枝の生長点までの長さを測定した。ただし、稈梢または枝の枯死によって測定対象枝が変更された例が多い。測定結果は Table 2 のとおりである。総じて平均稈長は春からやや伸びたのち、春の値にもどるといえよう。群落高の年間最低値は冬期に現われると思われる。これらの原因は稈梢などの枯死と考えられる。すなわち新出枝の中には群落表面から 15 cm 程度も突出し伸長する例もあるが、それらは早くも 7～8 月にはきまって枯死しているのである。したがって稈長のバラツキ程度は Table 2 の変動係数のとおりで、測定の限りでは季節の進んだ 8 月に最も小さく伸長期の 5・6 月に大きい。

(2) 葉の損傷の進行

一方、新葉の展開は 5～6 月に起こる。これは、内陸の場合⁴⁾より 2 か月程早い。理由は伊豆が暖地のためと思われる。この時期には群落表面の葉はまだ風による損傷を受けていないため、群落を遠望すると濃緑色に見える。6 月下旬になると葉の先端部から 2～3 本の裂け目が葉身中央部まで入った葉が一部に見られるようにな

Table 2. 平均稈長
Mean culm length ('73)

調査月日 Sampling date	4 月 14 日 Apr.	5 月 26 日 May	6 月 24 日 June	8 月 6 日 Aug.
Plot No. 1				63.6 0.11
2	101.8 0.12	102.1 0.13	105.9 0.12	96.2 0.08
3				110.8 0.17
4	155.6 0.20	159.3 0.18	161.6 0.18	155.3 0.13
5				134.3 0.13
6	107.7 0.13	107.8 0.13	110.8 0.15	109.2 0.15

注) 上段は平均稈長 (cm), 下段は変動係数
Note) Numerals in the upper row indicate the mean culm length (cm) and ones in the lower row coefficient of variation.

る。7 月期にはこのような葉が大半を占め、一部の葉には葉縁部の部分的枯死による白い隈どりが生ずる。8 月期に入ると、この隈をもつ葉が増加するため群落は淡緑色を呈する。

季節が進んだ 11 月には葉の損傷はいっそう激しくなり、ほぼ全部の葉に隈が生じ、枯死葉も多い。したがって群落を遠望すると白く見える。葉の枯死脱落によって枝の枯死を起こすが、このような枝先きも群落表面に多数みられる。枯死枝の脱落は風による折損によって起こる。このため脱落する位置はまちまちで、残った枯死部分は集合してハウキ状を呈する。風がより強まる寒候期には葉の損傷はいっそう激しく進行するようである。

このように群落は初夏に伸長するが、その後直ちに群落表面から葉および枝が枯死脱落してゆく。しかし前に述べたように、群落表面直下には枯枝およびその基部のハウキ状集合が多数ある。これは強風地群落の大きな特徴といえよう。この部分は物質密度が高いので風速減衰程度も高いと考えられる。すなわちこの高さで枝葉の枯死がとまるのである。かりに、群落表面から突出し伸長する稈枝が多数あり、突出部分の物質密度が十分高くなり得れば、経年的な群落高の上昇も可能であろう。しかし実際には、新出部分の密度はごく低いので、経年的な群落高の変化はほぼないといえる。

3. 群落の区による変化

(1) 現 存 量

1973 年 8 月に稈枝合計重の測定を行った。各区 0.64 m^2 の坪刈りをした結果、2 区 16.9, 4 区 55.0, 6 区 7.7 ton/ha となった。4 区の稈枝量は過大のようなが、生立密度などを考慮すると妥当である。同

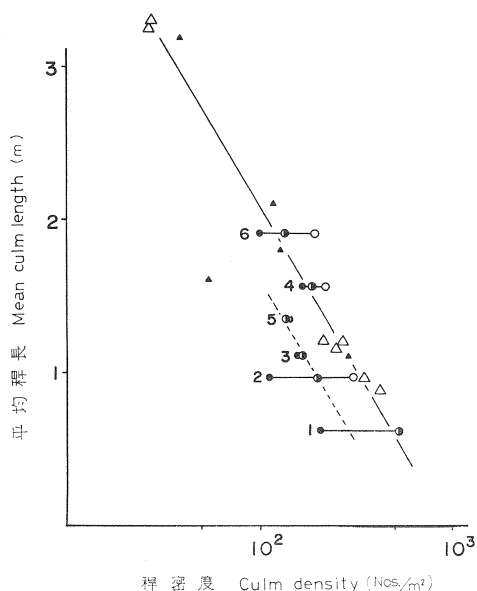


Fig. 2 稈密度と平均稈長との関係
Relations between culm density and culm length.

注) ○: '73 年 8 月調査, ●: '73 年 11 月調査
●: '74 年 8 月調査, △: 大島²⁾のデータ,
▲: 川原⁴⁾のデータ

Note: ○: data collected at Aug. '73 survey
●: at Nov. '73, ●: at Aug. '74, △: OSHIMA's²⁾ data, ▲: KAWAHARA's⁴⁾ data

じ *Sasa* 属に 77.9 ton/ha に達する例⁵⁾もあり、他の区はむしろ少ない方といえる⁴⁾⁶⁾。そして 6 区は稈密度が低いことに加え稈の太さが細いため、やや値が小さい。'74 年 8 月に各区 0.25 m^2 の坪刈りをし、葉を稈ごと、かつ、着生する枝の分岐次数ごとに分けた。それら全部の葉について葉長と葉幅を 5 mm 括約で測った。そして一部のデータから求めた葉長×葉幅と単葉面積および葉重の関係式を用い、すべての葉の面積と重量を求め集計した。すなわち関係式が含む誤差はあるにしろ、全実測法である。葉量には季節変動が多いであろうが、この期の場合葉量は 1 区・2 区・…・6 区の順に 3.9, 4.3, 7.0, 5.8, 6.2, 3.6 ton/ha であり、葉面積は同順に 5.4, 7.3, 9.5, 9.0, 8.5, 5.0 ha/ha である。*Sasa* 属の他の種の例では葉量が 2.5~4.6 ton/ha, 4.1~5.4 ha/ha⁵⁾, あるいは 2.4~8.3 ton/ha, 4.2~11.0 ha/ha⁴⁾である。この調査は 8 月に行われたため、すでに脱落葉があるが、他の例は葉量のピーク時期に測定されていることを考えると、この群落は葉量が多

い方といえよう。

（２） 稈 密 度

一定の土地面積中に生立する稈の数、稈密度は同一区でも測定のくり返しによるバラツキが多く、特に強風区において著しい。しかし測定期ごとにみると、おおむね強風区ほど密度が高い。測定結果をとりまとめ平均値で示す。1区・2区・……・6区の順に、245・208・169・192・139・143本/m²である。これは他の報告例の中間的な値から高い値にあたる⁴⁾⁵⁾。稈密度は平均稈長に対し Fig. 2 のように関係づけられる。この図は種および産地の異なるササ群落のデータをまとめて示したが、図のようにかなりの直線性が期待できることは興味深い。しかし、強風地群落では図中の点線のように一般的な関係から、ややずれた傾向を示すようにもとれる。すなわち強風地は同一稈密度の場合、群落高が低いのであろうか。

（３） 枝 数

一方、調査地の群落は強風によって葉に多大な損傷を受けるにもかかわらず、夏季には内陸地の群落と同程度の葉量を保有する。さらに、いわゆるササは樹木が不定芽を生ずるような生育のしかたはできず、枝は節でのみ分岐する。分類上ササは、*Sasamorpha* 属、*Sasa* 属、*Sasaella* 属等に分れるが、その内の *Sasa* 属植物の各節には1個の分岐芽しかない特徴がある。また葉も各節に一枚しか着生しない。したがって、葉の新出は節すなわち枝の新出にほかならない。しかしそれら新出枝の寿命は前述の通り強風による葉の枯死に伴い枝の枯死が起こるため、ほぼ1年である。したがって枯枝のホウキ状集合が発生することになる。この点を詳しく調べるため、稈あたり枯死枝数を'72〜'73年にわたり4回調べた。調査のくり返しによって実数には変動があるが、分散分析の結果、強風区ほど稈あたり枝数が明確に増加するといえる。そこで調査のくり返し差を平均値でまらめ、結果を1区・2区・……・6区の順に示すと、17.3・17.6・9.5・9.4・10.0・6.8本/稈である。ちなみに面積あたり枯死枝数は同順に4,200・3,700・2,900・1,800・2,500・1,600本/m²である。生存枝は調査くり返しが少ないので明確でないが、同順に3.4・6.3・4.8・3.5・5.0・4.5本/稈で実数は833・1,310・811・672・695・643本/m²となる。面積当たりの枯枝数はいわば積算値であるが、生存枝数は一生育期の値であるため、生存枝数の方が値が小さく、かつ、区間差が少ないのは当然である。

次に枝を分岐次数ごとに整理してみた。'74年8月期の調査では前述のように群落から0.25 m²の坪刈りを行った。そのデータによって枝数の分岐次数ごとの構成比を求めた。ただし、分岐次数とは、稈を便宜的に0次枝とし、稈から直接分岐している枝を1次枝とし、1次枝から分岐している枝を2次枝とした。以下同様である。結果は Fig. 3 のとおり、おおむね強風

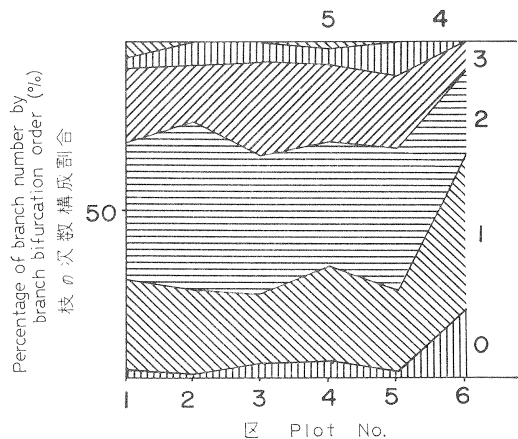


Fig. 3 枝の次数構成割合
Percentage of branch number by branch bifurcation order for each plot.

注) 図中の数字は枝の分岐次数

Note: Numerals in the figure indicate the branch bifurcation order. Branch bifurcation order is connected to branching repetition as follows: bifurcation order 0- culm, order 1- the branches bifurcated from the culm directly, order 2- the branches bifurcated from order 1 branch.

Table 3. 平均葉長の季節差
Seasonal variation in mean blade length

Plote No.	1	2	3	4	5	6	n
6 Aug. '73		20.6				21.0	200
7 Oct. '73	17.3	17.7	17.1	21.2	21.1	22.5	90
31 Oct. '71	14.8	15.3	17.1	20.9	21.3	18.7	15
12 Nov. '73	12.3	15.7	17.8	21.4	20.6	23.0	125~82
13 Apr. '73	12.4	13.3	14.8	16.0	17.0	17.8	40

注) 単位 cm, n は平均値の母数

Note) Unit : cm, n : Nos. of data for averaging.

区ほど高次枝の構成比が高くなるといえよう。

(4) 枝の太さ

枝は分岐をくり返すたびに順次細くなる。各次数の枝の最基部節間の太さを平均値で示すと、6区で20～40本のサンプルの場合、稈・1次・2次……の順に4.0・2.5・2.0・1.6・1.5 mmである。一方、太い稈の枝は比較的太いので分岐前後の太さの関係を回帰式でとらえた。結果は、稈-1次枝、1次-2次

枝、2次-3次枝、3次-4次枝間の回帰関係はすべて同一の直線式

$$y=0.55x+0.48$$

y=枝の最基部節間の太さ (mm)

x=その枝を分岐させる節の1つ下の節間の太さ (mm)

で表された。すなわち、枝は分岐すると一定の傾向で細くなることがわかった。

(5) 葉片長

風早峠付近のササ群落は区によって葉の大きさ(葉片長および葉片幅)が異なっていることも、一見してわかる大きな特徴である。Table 3は群落からランダムに第2～第4葉序の葉を採集し、求めた葉長の平均値である。第1葉序の葉を除いたのは、この葉の展開は季節的にやや遅れるためである。区の平均葉長と区の平均風速は Fig. 4のように、2か年の平均値を併記してもかなりきれいな対応をみせる。傾向の乱れは強風区に大きく、時期的には遅いほど小さくなっている。また、Fig. 4中の風速2.03 m/s線上に番号を添えて示した値は、6区において'73年8月期に調査した葉序ごとの葉長平均値である。1は頂葉で、

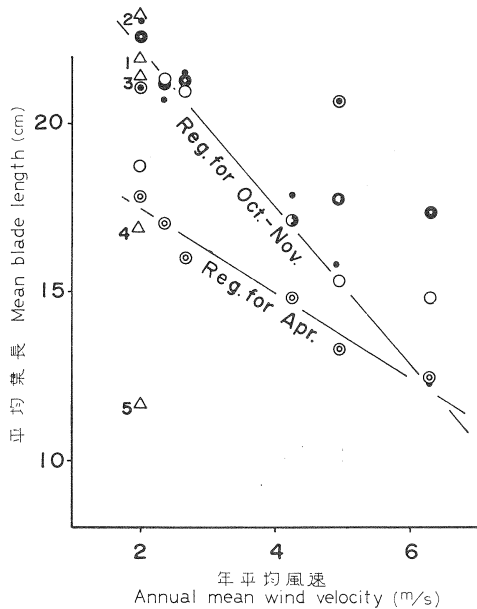


Fig. 4 風速と葉長

Decrease in blade length with increase on annual mean wind velocity.

注) ○ : '71年10月, ⊙ : '73年4月, ⊙ : '73年8月, ○ : '73年10月, ● : '73年11月
△印は'73年8月の葉序ごとの葉長で、葉序1は1と添字

Note : ○ : Oct. '71, ⊙ : Apr. '73, ⊙ : Aug. '73, ○ : Oct. '73, ● : Nov. '73 ;
Triangles indicate the mean length of blades at Aug. '73, and numerals show the node order of the blade from the top.

2 は上から葉序 2 番目の葉を示す。葉序番号が大きい下の葉ほど葉長が短いことになる。一方、葉の損傷の項で述べたように、季節が進むにつれて群落の表面から順次葉が損傷し、枯死脱落してゆく現象がある。このため Table 3 において葉長に季節変化があるようにみえるのである。これらから、次のように推論できよう。

出葉期には群落表面の葉長平均値に区間差は少ないが、季節が進み葉の枯死脱落が起こると群落表面を形成する葉は、次の葉序の葉に交代される。そして平均値は小さくなる。このことは風速の強い区に激しく起こるのであるから、強風区の平均葉長がより短くなる。Fig. 4 中の 4 月の回帰線は、実は同年 4 月すなわち前年葉の値で、新葉は含んでいない。しかし、およそ矛盾はないので、強風区は 11 月期にすでに群落表面葉の交代による、群落高の低下がほぼ満度になっている、すなわち葉長平均値の季節的低下が収束しているといえよう。逆に弱風区はそれが冬期にかなり進行すると解せよう。

(6) 葉長と枝次数

強風区は群落表面にある葉の平均葉長が比較的短いことをみたが、これは次の 2 つのことによって強化されている。すなわち、稈に直接着生する葉は長く、枝につく葉はその枝の分岐次数が高まるに伴い葉長が短くなる。そして枝の分岐次数が同一の場合葉長は強風区の方がおおむね短い。詳細は Fig. 5 の通りである。

(7) 葉面積の枝次数構成

次に Fig. 5 の基礎になった 坪刈りの結果から、葉の面積の枝分岐次数に対する分布構成を Fig. 6 に示す。5 区および 3 区で傾向はやや乱れるが、大まかに強風区の方が高い分岐次数の枝につく葉が多いといえよう。

IV 平均葉長と風速の関係

以上のように強風区は、高次数枝に着生する相対的に小さい葉を多量にもつこと、同一枝次数の葉長は強風区ほど短いことから、平均葉長が短いといえよう。

これらの現象は風速との対応関係が、かなりき

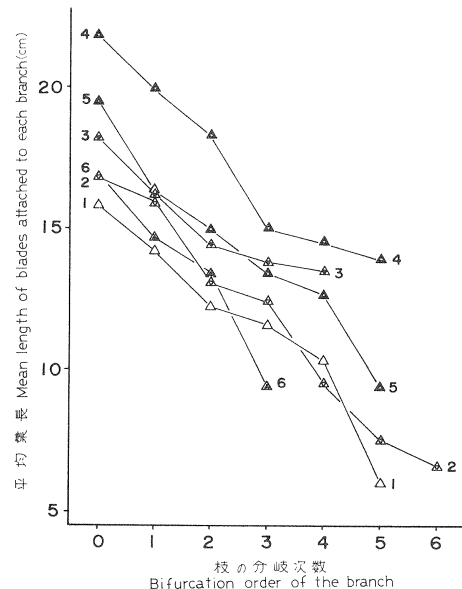


Fig. 5 枝の分岐次数と葉長
Relations between mean blade length and branch bifurcation order.

注) 図中の数字は区の番号

Note: Numerals in the figure indicate the plot number.

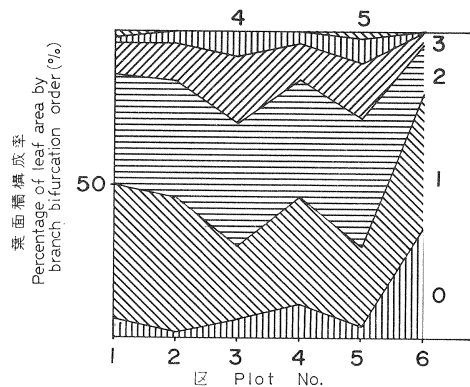


Fig. 6 葉面積の枝次数別構成割合
Percentage of leaf area by branch bifurcation order for each plot.

注) 図中の数字は枝の次数

Note: Numerals in the figure indicate the branch bifurcation order.

れいであるので、葉長による年平均風速の推定式を計算した。10～11 月期の平均葉長による場合は、

$$\text{年平均風速 (m/s)} = 11.46 - 0.43 \cdot \text{葉長 (cm)}$$

となり、また冬をこした 4 月期（一部開葉した新葉は含まず）の葉による場合は、

$$\text{年平均風速 (m/s)} = 15.99 - 0.80 \cdot \text{葉長 (cm)}$$

となる。これらの式は分散分析の結果 0.1% 以上の水準で成立する。ただし、葉長はその時の群落表面の葉 80 枚によった平均値をあてる。これは、平均値を求める母数は数が多いほど値が安定するが、ササ葉の場合、母数が 70 枚以上の平均値は 200 枚によった平均値の $\pm 2.5\%$ 以内に入る。それ以上母数を増しても、母数が逐次増加する効果がなくなるからである。なお、上の式はあくまで実験式であって、式の算出に用いた葉長の範囲でのみ成立する。

ササ群落の生長、特に群落高は土壤条件の影響を受けるが、調査の限りで葉長には影響が少ない。したがって上式はアマギザサの場合、風早峠周辺地帯においても適用できよう。また、他の種のササにあっても、葉は各節に 1 枚のみ着生すること、したがって葉の更新は節の新出を伴うこと、細い枝の葉は小さいことなどが共通である。すなわち強風地と弱風地を対比する場合は、上と同様の風速推定式の成立が期待できよう。

文 献

- 1) 土地分類図 22, 経済企画庁, (1971)
- 2) 増田久夫: 風速計のデジタル化, 林業試験場防災部・部内資料, 18 pp., (1970)
- 3) 吉野正敏・小沢行雄: 小気候調査法, 古今書院, 218 pp., (1965)
- 4) 川原輝彦: 林業試験場造林部担当官会議資料, 120 pp., (1976)
- 5) OSHIMA, Y.: Ecological studies of Sasa communities. 1. Productive structure of some of Sasa communities in Japan. Bot. Mag. Tokyo, 74, 199~210, (1961)
- 6) ———: Ecological studies of Sasa communities. 2. Seasonal variations of productive structure and annual net production in Sasa communities. Bot. Mag. Tokyo, 74, 280~290, (1961)

Wind Velocity and its Responsive Effect upon Sasa Community
(*Sasa Amagiensis*)

Masayuki ARAKI⁽¹⁾ and Hisao MASUDA⁽²⁾

Summary

Some investigations were carried out during '70~'74, to clarify the distribution of wind-blown Sasa stands, at the south-western part of Izu peninsula in Shizuoka prefecture. 6 plots were sampled from Sasa (*Sasa amagiensis* MAKINO) fields. The annual mean wind velocity at the most sensitive plot for wind reached to 6.3 m/s, and at the most sheltered plot showed 2.0 m/s in our observation. From stand sampling and some analyses, several facts were clarified as follows: culm and branch number in a unit area increases, culm thickness decreases and mean blade length decreases, with increasing of wind velocity at the plot; and these variances can be said to be continuous ones. These problems were explained sharply with their synchronization, and connection with decreasing of leaf amount in a unit area by wind injury and process of its recovery. From these analyses, the plant indicator method for estimating the wind velocity was found to be;

$$\text{Annual mean wind velocity (m/s)} = 11.46 - 0.43 \times \text{Mean blade length (cm)} \\ \text{(for the season during Oct.~Nov.)}$$

or

$$\text{Annual mean wind velocity (m/s)} = 15.99 - 0.80 \times \text{Mean blade length (cm)} \\ \text{(for Apr.)}$$

Where mean blade length was applied the value calculated from 80 blades.

