耕地に対する防風林の投影—宮崎市の計算例*

佐 藤 正 一

(農林省九州農業試験場)

Calculations on the received solar radiation in the shade of windbreak at Miyazaki City.

S. SATO

(Kyūshū Agricultural Experiment Station)

1. 緒 言

暴風雨・寒風に対する防風林の効果は顕著であるが、反面また平素から防風林が耕地に影を投ずる不利もあるので一度はこれを数量的に明らかにしておきたい。

本問題に対する解答の一方法として、防風林近傍の日照時数・日射量の減少状態を計算から求めることを試みた。事例には単調な海岸線をもち台風被害が全国一の宮崎市をとり、“宮崎県風害頻発地の分析的研究”の参考資料たらしめんとしたものである。

2. 防風林投影の基礎計算

(1) 算出の項目及び条件

防風林近くの耕地は直射を受ける時間が減るのは当然であるが、単に時間のみ考えては足りない。たとえば朝1時間の陰よりは日中1時間の陰が光熱受量の損失は大きい。従つて以下は日照時間と日射量との二項目について考察する。

基礎計算は全日及び全期間(年間)を通じて完全に日が照る状態、即ち実際の天気を実無視した仮定条件において行う。

宮崎市は北緯 $31^{\circ}56' = \varphi$ 、東経 $131^{\circ}26'$ である(以下の計算は地方時によるので経度は無関係)。沿岸防風林は第1図の如く、走向 β は子午線より約 15° 東偏し、計算例は林の高さ 10 m 及び 15 m の二つの場合(それぞれ一定高さの鉛直壁が長く続いた状態)を考える。

(2) 計算の手順

任意の日(日赤緯 δ) の或る時刻 t における太陽高度を h 、太陽の方位(真南よりの角度)を α とすれば、第1図に明かな如く樹高 H の影の長さ L は其の時刻には、

$$L = H \cot h \quad \dots\dots\dots (1)$$

また影の先端線と防風林との距離 D は、

$$D = L \sin(\alpha + \beta) = H \cot h \cdot \sin(\alpha + \beta) \quad \dots\dots\dots (2)$$

但し林走向 β は北より東への偏れを正にとる。(走向が子午線に対して本例と対称ならば β は負とする)。

これで任意の日、時の影の状態はわかるから、次に影の移動を1日、及び年間について求める。それは夏至か

第1図 防風林の影(模式図)
 $\beta = 15^{\circ}$ MIYAZAKI City
($31^{\circ}56'N$, $131^{\circ}26'E$)

ら冬至まで半年分とればあと半年は全く同様であり、また本例の防風林走向は子午線に近いので林西方の耕地は午後はよく受光するから、1日については太陽が第1図のB方位に来るまで考えればよい。なお林の東側は耕地が無く、考察範囲外である。

筆者は毎月の1日と16日を取り、其の日出の時刻と方位、及び毎

時の太陽高度・方位を3)~5)より求めた。

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad \dots\dots\dots 3)$$

$$\sin \alpha = \cos \delta \sin t / \cos h \quad \dots\dots\dots 4)$$

$$\cos h \cos \alpha = -\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos t \sin \varphi \quad \dots\dots\dots 5)$$

実際の運算は、まず或る日については変数が t のみだから計算テーブルを作つて日出及び毎時の h と α を求め、次に其等 h と α に応ずる D を2)式により算出するのが順序である。計算は5桁対数表によつた。

次に或る日における t と D の関係を図に作れば第2図左方の如く、この図から、防風林より任意距離の地点を林影先端が後退して直射光を受け始める時刻 T が得られ従つて当日の直射受照時間が林近傍各地点について知れる。

次に直射光量は、第2図左で得た或日・或地点の直射受け始め時刻 T を第2図右の日射量曲線図上に縦画線として記し、縦・横軸と曲線の囲む全面積(例示は半日分の日射量)から、 T 縦画線より右方のかげの部分の面積を差引いて当日の或地点の受光量を得る。林のごく近くは特に冬期は南中時以後までかかげるので日射曲線を午後の分に伸ばして前と同様に行う。

或る瞬時の無影平地の受ける量 I は太陽高度 h の正弦

* 昭和 28 年 5 月 17 日、九州支部総会にて発表

第2図 防風林近傍の直射受始め時刻、及びこれより直射受光量を求める図
D: Distance from the forest to the top-line of the Shadow

に比例する。即ち

$$I = I_0 \sin h \dots \dots \dots 6)$$

となるので、簡単のために太陽常数 $I_0 = 1.0 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$ とし、すでに3)で求めた $\sin h$ の真数値そのままに熱量単位をつけて (t, I) 図としたものがこの日射量曲線である。

たとえば林高 10m にて7月1日に林より 15m 距離 C では第2図左により $T = 7^h 33^m$ までかげるので、右の (t, I) 図の7月1日において此の T時刻に立てた C線を界とし、planimeter によつて陽光を受ける部分が 222, 半日の日射全量が 263 Cal と知られる。

3. 宮崎市防風林の計算結果、及び考察

第3図 宮崎市、高さ 10m 防風林の近傍における1日受照時間及び受光量 (Forest height: m, at MIYAZAKI)

前記の方法で計算した結果は、防風林の高さ 10m の場合は第3図、林高 15m の場合は第1表の如くである。

林走向が南北線に近いので広い影は朝の間に限られて、林より 50m も離れた地点は日照時・日射量ともに常に殆んど完全無影地の状態に近い。林近傍はどおそくまで影が残る

それは冬季にその程度が大きいが、受照時間が無影地の半分以下となるのは林から 10m 又は 15m までの範囲従つて林の高さと略々等しい距離あたりまでとみなされる。

次に耕地水平面の受光量は、朝からかなり長時間かげる地点も其の後になお相当量の日射に恵まれ、林高 10m の場合は 5m 距離地点でも無影地に対して夏は約7割、秋は6割である。林高 15m の場合に林から 5m 距離は無影地に対して夏は約6割、秋5割である。林から 10, 15m と距たるにつれ受光量は増し、20m も離れると常に無影地の8~9割の日射量を受けることになる。

全期間(半年分)平均の直射受照時間減少及び直射受光量減少状態(完全無影地に対する率)をとれば第2表の如くである。

以上は全期間完全な日射があるとの仮定による計算結果である。現実の問題としては次の諸点を考える必要がある。

i) 林の影が明瞭にできる如き晴天日は実さいには各月の半分内外の日数に留まること。

ii) 朝夕の太陽高度が低い時は日射量は大気層通過距離が長いために計算値より弱く、また計算による無影地も実さいには地物の影や地平線近い雲による陰が多い。

なお計算上の陰の部分にも散光が到来していることは云うまでもない。

第1表 完全無影地及び15m高さ防風林近傍の諸地点における直射受照時間及び直射受光量

Sunshine duration and solar radiation at several places near the windbreak. (Forest height: 15m, at MIYAZAKI)

項 目	期 日 date		無影地 at the field without shadow	防風林からの距離 (米) distance from the forest.						
				50m	40	30	20	15	10	5m
sunshine duration	月日	月日	h時, m分	g	f	e	d	c	b	a
	7, 1	or 6, 13	14, 04	12, 51	12, 33	12, 04	11, 12	10, 30	9, 34	8, 14
	8, 1	5, 14	13, 36	12, 21	12, 04	11, 34	10, 42	10, 03	9, 08	7, 52
	9, 1	4, 13	12, 44	11, 27	11, 10	10, 40	9, 49	9, 10	8, 18	7, 11
	10, 1	3, 14	11, 42	10, 23	10, 04	9, 34	8, 47	8, 08	7, 19	6, 24
	11, 1	2, 12	10, 48	9, 25	9, 06	8, 36	7, 49	7, 12	6, 24	5, 36
	12, 1	1, 13	10, 06	8, 39	8, 21	7, 51	7, 04	6, 31	5, 51	4, 59
	1, 1	12, 13	9, 56	8, 28	8, 10	7, 42	6, 56	6, 23	5, 44	4, 51
solar radiation	受光量	Cal/cm ²								
	7, 1	or 6, 13	526	519	514	505	476	451	407	335
	8, 1	5, 14	509	499	492	480	452	428	389	317
	9, 1	4, 13	446	441	432	421	390	366	330	269
	10, 1	3, 14	374	362	356	343	320	292	260	214
	11, 1	2, 12	294	284	277	264	242	221	189	157
	12, 1	1, 13	240	226	221	210	189	172	149	118
	1, 1	12, 13	224	210	205	194	174	159	137	107

第2表 防風林近傍における受照時間及び受光量の完全無影地に於けるものに対する比率の年間平均値

annual mean ratios s/S and r/R .

s : sunshine duration at a place with shadow,
 S : sunshine duration at a place without shadow,
 r : solar radiation at a place with shadow.
 R : solar radiation at a place without shadow.

項 目	height of the forest 防風林の高さ	distance from the forest. 防風林からの距離 (米)							
		50m	40	30	20	15	10	5m	
受照時率 s/S	10m	92%	90	87	82	77	70	58	
	15"	88	86	82	75	70	63	54	
日射量率 $r/R(\%)$	10"	99	97	96	92	87	78	63	
	15"	97	95	92	85	78	69	56	

Résumé

One of the disadvantages of the windbreak is that the windbreak casts shadow on the cultivated field. This paper deals with some investigations concerning the windbreak at Miyazaki City (31°56' N, 131°26' E).

The calculating methods are as follows.

1. Length (L) and direction of the forest-shadow.

Distance (D) from the forest to the top-line of the shadow.

.....Fig. 1, Formula 1) & 2)

2. Time (T) when the shadow retards towards the forest, and the direct sunshine begins to arrive at a certain place.Fig. 2.

3. Comparing the duration of sunshine at several places with whole sunshine duration.

4. Comparing the received solar radiation at several places with whole solar radiation.

The loss in receiving solar radiation is marked only in the narrow band neighbouring the windbreak See Fig. 3, Tables I and 2.

いまi)について、或る期間内に於いて影の判然とする如き天気日数を x 、本曇又は雨天で影の生じない日数を y とし、また或る地点の理論計算による該期間平均受光率を r 、天気日数を考慮した平均受光率を r' とすれば、曇雨天では計算上明陰いずれの地点も差は無いとみられるから。

$$r' = \frac{r \cdot x + 1 \cdot y}{x + y}$$

これから $r' > r$ はすぐわかる。たとえば防風林より5m地点の7月の $r=0.7$ 、宮崎市7月の $x=18$ 日、 $y=13$ 日とすれば、 $r'=0.82$ 、すなわち全日全期間日照ある仮定計算から無影地の7割受光のはずの此の地点も、実際には曇雨天があるので無影地の8割は受光し、損失はさきの理論計算値ほど大きくないと考えて

よい。

4. 摘 要

防風林の害の一つに耕地への投影が考えられ、この問題の基本的取扱ひ法として林近傍の直射受照時間の減少と直射受光量の減少を、宮崎市の沿海防風林（走向は北より15°東偏、樹高は10m及び15mの両場合）につき計算してみた。

全日全期間完全日射ありとの仮定計算によつても、防風林から林高と略々等しい距離あたりまでは受照時間においてかなり減少するが、直射受光量の減損はそれ程でもなく相当量の日射に恵まれ（秋から冬にかけては減少程度が増す）、なお現実の気象を加味考慮すれば、林近傍が無影地に比し受光上の不利は大きくなく、かなり不利なものも林のごく近傍に限られるとみられる。