

広葉樹林における相対日射率の特性

玉井幸治¹・後藤義明¹

1 森林総合研究所

要旨：青森県から熊本県にかけて5試験地、総計17林分を対象に、1年間での林床面日射量と相対日射率を月別に求めた。広葉樹を含んだ14林分で林床面日射量が最大となったのは、青森県の1林分では5月、その他の13林分では4月であった。それに対して常緑樹のみで構成されていた熊本県の4林分では、3月、4月、5月、10月とバラバラであった。常緑樹の胸高断面積合計の増加にしたがって、月別相対日射率の最大値は減少する傾向があった。胸高断面積合計が0 m²ha⁻¹と25 m²ha⁻¹以上の部分では、それぞれ約25~45%、6~13%の範囲であった。月別相対日射率の最小値は、常緑樹と落葉樹合計での胸高断面積合計10~50 m²ha⁻¹の範囲で変化は認められず、平均6%であった。

キーワード：林床面日射量、胸高断面積合計、常緑広葉樹、落葉広葉樹

Characteristics of relative solar radiation in broad leaved forests

Koji TAMAI¹, Yoshiaki GOTO¹

1 Forestry and Forest Products Research Institute

Abstract: Monthly solar radiation on forest floor and relative solar radiation ratio were monitored at 17 stands in 5 observation broad leaved forest. Among the 14 stands including broad-leaved trees, the maximum monthly solar radiation on the forest floor was observed in May in one stand in Aomori and in April in the other 13 stands. On the other hand, in the 4 stands, which consisted only of evergreen trees, they were observed in March, April, May and October in each stand. As the basal area with only evergreen trees increased, the maximum relative solar radiation ratio tended to decrease. In the part where the basal area was 0 m²ha⁻¹ and 25 m²ha⁻¹ or more, they were in the range of about 25 to 45% and 6 to 13%, respectively. The minimum relative solar radiation ratio was 6% on average, with no change due to the basal area with both of evergreen and deciduous trees in 10~50 m²ha⁻¹.

Key-word: Solar radiation on forest floor, Basal area, Evergreen trees, Deciduous trees.

I はじめに

林冠の開鎖状況や立木密度が異なるスギ林やヒノキ林における資源賦存量や林野火災発生危険度を評価する手法をそれぞれ(2)と(3)は提案した。これらの手法では、林外での全天日射量に相対日射率を乗じることによって林床面日射量を推定して、林床面蒸発量や林床可燃物の含水状態を算出する部分が含まれている。そのためこれらの手法を広葉樹林に拡張するためには、広葉樹林における相対日射率の特性を解明する必要がある。

本研究では、5試験地17林分の広葉樹林における林床面日射量と最寄りの気象官署などでの観測データから算出した広葉樹林における相対日射率の特性を報告する。

II 方法

1. 観測地と方法 林床面日射量(S_f)の観測を熊本市にある立田山実験林、岡山市にある竜ノ口山森林理水試

験地、京都府木津川市にある山城水文試験地、茨城県石岡市にある筑波共同試験地、秋田県大館市にあり秋田県林業研究研修センターが管理する長坂試験地の5試験地、総計17林分にて行った。17林分の概要と観測期間を表-1に示す。胸高断面積合計は、胸高直径が3 cm以上の幹を対象にして算出した。

日射センサー(Onset社製, S-LIB-M003)による値をデータロガー(Onset社製, H21-002)によって10秒間隔で測定し、1時間平均で記録した。

2. 相対日射率の算出方法 相対日射率(a)は(1)式によって、月単位で求めた。

$$a = 100 \times S_f / S \quad (1)$$

ここで、 S は林外での全天日射量であり、各試験地の

表-1. 観測林分の概要と観測期間

Table1 Outline of observed forest stand and period.

試験地名	観測プロット番号	代表的な樹種	胸高断面積合計 (m ² ha ⁻¹)			期間
			全木	うち、常緑樹	うち、落葉樹	
立田山	1	マテバシイ	21.67	21.67	0.00	2006年7月～2007年6月
	2	クスギ	17.76	0.00	17.76	2006年7月～2007年6月
	3	イチイガシ	30.95	30.95	0.00	2006年7月～2007年6月
	4	コジイ・アラカシ	38.89	38.89	0.00	2006年7月～2007年6月
	5	タラヨウ	50.09	50.09	0.00	2006年7月～2007年6月
竜ノ口山	1	コナラ	20.48	4.28	16.20	2004年11月～2005年10月
	2	コナラ	28.49	14.70	13.79	2004年11月～2005年10月
	3	コナラ	33.48	3.27	30.21	2004年11月～2005年10月
	4	コナラ・ソヨゴ	32.45	7.73	24.72	2004年11月～2005年10月
	5	リョウブ・クスノキ	41.65	20.28	21.37	2004年11月～2005年10月
	6	コナラ	19.71	2.90	16.81	2004年11月～2005年10月
	7	アカメガシワ・ナラミソギ	10.09	4.95	5.14	2004年11月～2005年10月
	8	ノグルミ・アカメガシワ	23.77	3.25	20.52	2004年11月～2005年10月
山城	1	コナラ	34.72	1.22	33.50	2000年4月～2001年3月
	2	ソヨゴ・ヒノキ	22.15	17.14	5.01	2000年4月～2001年3月
筑波山		カツラ	40.60	0.00	40.60	2008年9月～2009年8月
長坂		コナラ・ミズナラ	60.46	0.00	60.46	2011年1月～12月

最寄りの地方気象台やアメダスにおけるデータを用いた(表-2)。これら5カ所の地方気象台やアメダス全てにおいて、日照時間の観測データは公開されている。しかし全天日射量の観測値が公開されているのは熊本地方気象台とつくばアメダスの2カ所のみである。そこで他の3カ所のSには、(1)による手法によって日照時間から推定した全天日射量を用いた。

表-2. 全天日射量の推定に用いたデータの観測地点

Table2 Location of observation place for estimation of global solar radiation.

試験地	北緯	東経	最寄りの地方気象台 もしくはアメダス	北緯	東経
立田山	32度49分	130度44分	熊本地方気象台	32度49分	130度42分
竜ノ口山	34度42分	133度58分	岡山地方気象台	34度41分	133度56分
山城	34度47分	135度51分	京田辺アメダス	34度50分	135度46分
筑波	36度10分	140度11分	つくばアメダス	36度3分	140度8分
長坂	40度16分	140度24分	鷹巣アメダス	40度14分	140度22分

III 結果と考察

1. 全天日射量推定法の検証 紙井ら(1)による全天日射量の推定手法の妥当性を確認するため、日照時間と全天日射量の両方のデータが公開されている熊本地方気象台とつくばアメダスを対象に、全天日射量の観測値(S_{obs})と日照時間からの推定値(S_{est})を日単位で比較した(図-1)。比較期間は表-1と同じである。熊本地方気

象台とつくばアメダスともに、1:1の実直線に沿って点がプロットされた。切片を0 MJ m² day⁻¹に固定して求めた直線回帰式(点線)と相関係数(R)も図中に示した。熊本と館野におけるそれぞれ365個のデータ数に対して、Rは約0.976と約0.971といずれも大きかった。そのため熊本、館野いずれのP値も0.001以下であり、非常に高い有意性が認められた。ただし直線回帰式の傾きが熊本で約0.983、館野で約0.975であった。これにより(1)による方法はわずか1.7~2.5%程度の過小評価で S_{obs} を推定できることを確認できた。そのため(1)による方法で竜ノ口山、山城、長坂のSを推定することとする。

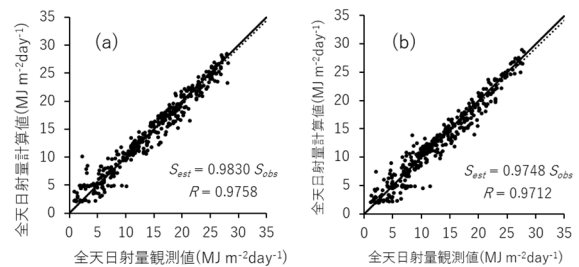


図-1. 全天日射量の観測値と推定値の比較

(a)熊本地方気象台, (b)つくばアメダス

Fig.1 Comparisons of observed and estimated global solar radiation.

2. 林床面日射量と相対日射率の季節変化 図-2(a)~(e)に各試験地において観測された S_f と最寄りの地方気象台やアメダスのデータに基づくS, それらから算出されたaの季節変動を示す。観測林分が2つ以上ある試験地での結果を示す図では、 S_f については全ての林分における観測値を示している。しかしaについては、最大値を算出した林分、すなわち立田山試験地、竜ノ口森林理水試験地、山城水文試験地のそれぞれで、林分番号2, 7, 2での変化のみを示している。

まず、落葉樹のみで構成されている林分である長坂試験地を例に、季節変化を検討する。Sは1月から徐々に増加し、7月に最大となる。それに対し S_f も1月から徐々に増加するものの5月に最大となり、6月には急減した。そのためaは3月に最大値を示したものの5月にかけて徐々に減少し、6月に急減したのち10月以降から増加に転じた。aのこのような季節変動は、落葉樹の着葉状況を反映しているものと考えられる。3月から5月にかけてaが徐々に減少したのは、枯れた後も枝についていた葉が3月から徐々に林床に落ちていったためであろう。 S_f が5月に最大値を示したのは、落葉樹の開葉が本格化する直前であったためと考えられる。長坂試験地以外の

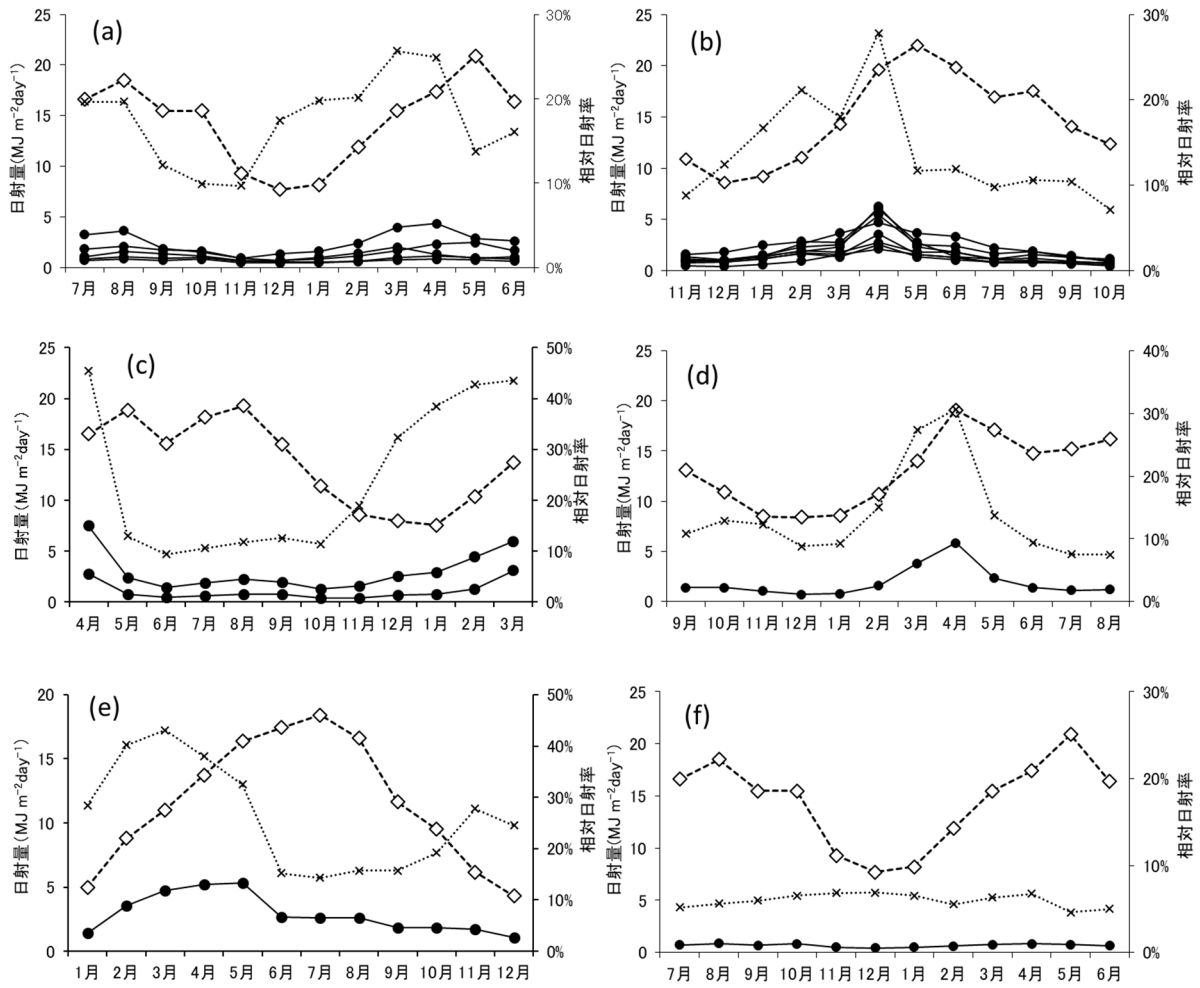


図-2. 全天日射量 (◇)、林床面日射量 (●)、最大値となった林分における相対日射率 (×) の季節変化
(a)立田山、(b)竜ノ口山、(c)山城、(d)筑波山、(e)長坂、(f)立田山の観測林分4

Fig.2 Seasonal courses of global solar radiation, solar radiation on forest floor and relative solar radiation ratio.

試験地では4月よりも5月のSの方が多いにもかかわらず、4月に S_f が最大となった林分が多い。これは、長坂試験地以外の試験地では、落葉樹の開葉が本格化するのが長坂試験地よりも早いためであろう。

図-2(a)~(e)に示されたaの変化は、それぞれの試験地において最大値となった林分でのみの結果である。そのため常緑樹が主体である林分でのaについては、別途検討する必要がある。そこで常緑樹のみで構成されている立田山試験地での4林分のうち林分番号4での結果を、図-2(f)に示す。 S_f は最大でも10月の約 $0.84 \text{ MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ と小さかった。aの変化は4~6%とほぼ一定であった。

表-3に、それぞれの観測林分における S_f とaの最大値と最小値と、それらが観測された月を示した。落葉樹が含まれている13林分のうち、 S_f の最大値が観測された月

が4月であったのは11林分もあった。先にも論じたように、落葉樹を含む林分では落葉樹の開葉が本格化する直前に S_f が大きくなるためと思われる。それに対して常緑樹のみで構成されている4林分では、3月、4月、5月、10月とバラバラであった。これは常緑樹のみで構成されている林冠では状態の変化が小さく、そのため気象などの影響が相対的に大きくなったためであろう。

落葉樹を含む13林分での S_f の最大値は、3~5月といった特定の季節に観測された。それに対しaの最大値が観測された月は4月が8林分と最多であるものの、2月が2林分、3月が4林分と、全て落葉期の後半の範囲内ではあるが、 S_f に比べて多様であった。枯葉が林床へと落ちる時期や開葉の始まる時期が、樹種や気象環境などによって異なるためであろう。

表-3. 観測林分における月別林床面日射量と月別相対日射率の最大値、最小値と観測された月
Table 3 Maximum and minimum rates and ratio of monthly averaged solar radiation on forest floor and relative solar radiation, and their observed month.

試験地名	観測林分番号	月別林床面日射量 (MJ m ⁻² day ⁻¹)				月別相対日射率			
		最大値	最大月	最小値	最小月	最大値	最大月	最小月	最小月
立田山	1	1.17	4月	0.53	12月	7%	12月	5%	5月
	2	4.33	4月	0.90	11月	26%	3月	10%	11月
	3	2.47	5月	0.72	12月	13%	4月	9%	12月
	4	0.84	10月	0.44	12月	6%	1月	4%	5月
	5	2.02	3月	0.70	11月	13%	3月	4%	5月
竜ノ口山	1	2.52	4月	0.68	10月	15%	2月	5%	7月
	2	2.14	4月	0.47	10月	11%	4月	4%	10月
	3	6.05	4月	1.11	7月	31%	4月	7%	7月
	4	5.46	4月	0.88	10月	28%	4月	10%	7月
	5	3.55	4月	0.77	7月	18%	4月	4%	8月
	6	2.76	4月	0.73	10月	18%	2月	6%	10月
	7	6.26	4月	0.53	10月	32%	4月	4%	10月
	8	4.72	4月	1.01	10月	26%	3月	8%	10月
山城	1	7.51	4月	1.47	6月	45%	4月	9%	6月
	2	3.12	3月	0.39	11月	23%	3月	3%	6月
筑波	5.86	4月	0.74	12月	31%	4月	7%	8月	
長坂	5.32	5月	1.06	12月	43%	3月	14%	7月	

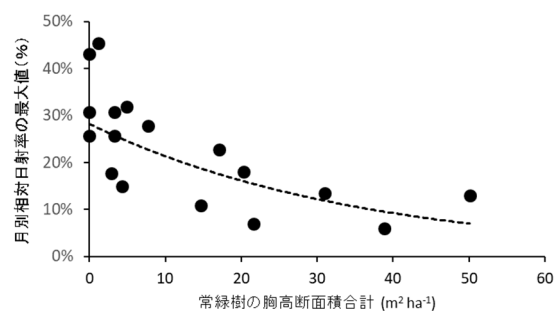
3. 林分間での相対日射率の比較 相対日射率は林冠の状態による影響を強く受けると考えられる。林分ごとの相対日射率を林分調査データから推定可能とするのが望まれる。そこで林分調査において集められる項目から得られるデータの中から、林冠の状態との関連が強いと考えられる胸高断面積合計を選び、それぞれの林分における a の最大値、最小値と比較した (図-3)。

a の最大値 (a_{max}) は落葉樹が葉を落としている季節に生じると思われるので、常緑樹のみによる胸高断面積合計 (BA_{ev}) と比較した。 BA_{ev} が増加するにつれて a_{max} が減少する関係が認められた。 a_{max} の値は、図の左端部分では約 25~45%、胸高断面積合計が 25 m²ha⁻¹ 以上の部分では 6~13% の範囲であった。(3) 式に示す近似曲線が、相関係数 0.7192 で得られた。

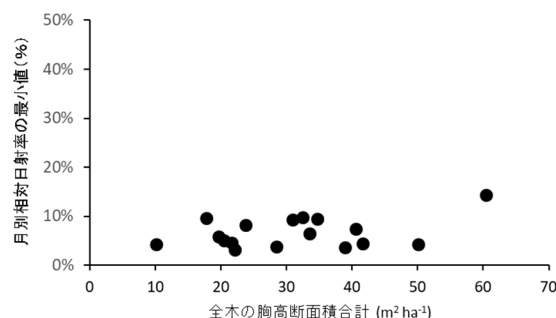
$$a_{max} = 0.2822 \exp(-0.028 BA_{ev}) \quad (3)$$

a の最小値 (a_{min}) は落葉樹が葉をつけている季節に生

じると思われるので、常緑樹と落葉樹の両者による胸高断面積合計と比較した。10~50 m²ha⁻¹ の範囲で a_{min} は 10%以下であり、胸高断面積合計の増減に伴う明瞭な変化は認められなかった。16 林分での a_{min} の平均値と標準偏差は 6%±2%であった。長坂試験地の値は 14%と特に大きかった。この原因を検討するためには、観測期間や観測林分を増やす必要があり、今後の課題としたい。



(a)常緑樹の胸高断面積合計と相対日射率の最大値
破線は近似曲線



(b)全木の胸高断面積合計と相対日射率の最小値

図-3. 胸高断面積合計と相対日射率の比較

Fig.3 Comparisons of basal area and relative solar radiation.

謝辞：秋田県林業研究研修センターには、長坂試験地における観測にご協力いただきました。感謝を表します。

引用文献

- (1)紙井泰典・富士本武志・近森邦英 (2001) 日射量の気候学的推定について. 高知大学学術研究報告 50:81-94.
- (2)玉井幸治 (2021) 間伐・皆伐による水資源賦存量の変動予測. 関東森林研究 72:81-84.
- (3)玉井幸治・吉藤奈津子・高橋正義・勝島隆史・後藤義明 (2019) 林床可燃物含水状態の推定モデルによる森林火災発生危険日出現日数の算出. 水利科学 365:84-98.