

論文

輝度値 (EV) を用いた個葉の光透過性に関する現地試験^{*1}

壁谷直記^{*2}・清水 晃^{*2}・新垣拓也^{*3}・古堅 公^{*4}・春日大輔^{*4}
 漢那賢作^{*5}・清水貴範^{*6}・飯田真一^{*6}・田中憲蔵^{*6}・宮本麻子^{*6}

壁谷直記・清水 晃・新垣拓也・古堅 公・春日大輔・漢那賢作・清水貴範・飯田真一・田中憲蔵・宮本麻子：輝度値 (EV) を用いた個葉の光透過性に関する現地試験 九州森林研究 74 : 31 - 36, 2021 写真撮影に用いる露出計により計測した輝度値 (EV) を利用して林冠構造を推定するための予備試験として、沖縄県北部の西銘岳森林気象露場において個葉の光透過性に関する現地試験を行った。ペンタックス社製露出計を三脚に鉛直に固定し、露場周辺に自生する樹種 (スダジイ、トキワガキ、コバンモチ、ヒメユズリハ、イヌビワ、カクレミノ、イジュ、アカメガシワ、リュウキュウマツ) の供試葉を収集し、個葉の透過光の輝度値を記録した。葉を15枚 (樹種によっては12枚) まで変化させて輝度値を測定したところ、樹種毎に多少の差異はあるが、概ね枚数が増加することで輝度値は低下する傾向が見られた。

キーワード：輝度値 (EV)、個葉の光透過性、亜熱帯林

I . はじめに

1. 森林の林冠構造の把握の重要性

森林は、樹木の枝と葉が立体配置されることにより形成される複雑な林冠構造を有しており、このことは他の植生と大きく異なる特徴の一つとなっている。さまざま樹種、樹高の樹木からなる林冠構造は、森林の光合成や遮断蒸発などの生態水文学的機能に大きな影響を与える (Leiterer *et al.*, 2015, Kenzo *et al.*, 2016)。特に、遮断蒸発は、葉や枝、幹などの樹体に付着する水滴の量に大きく左右され (Iida *et al.*, 2017)、林冠構造と密接な関係があると考えられる。また、対象林分の林冠構造を把握することは、林分の葉・枝・幹などのバイオマス量の分布に関する各種調査において、林分での測定値の空間代表性を検討するために必要不可欠な知見と言える。

2. 従来の LAI 測定の問題点

現在、LAI の測定に利用されている機械の大半で、そのセンサー特性やデータ処理方法などが指向しているのは、ある程度広い範囲の林分の代表値としての LAI 値を得ることである。例えば、もっとも広く利用されている LAI-2000 シリーズ (米国ライカ社) では、センサー受光角度や平均化機能により天頂角 0 度から 74 度までの範囲の代表値として LAI 値を測定することが可能であるが、林内のギャップなどより細かい空間分布を把握することはできない。そのため、LAI 値としては林分全体の値が得られるが、空間分布を高解像度 (例えば 0.3 m × 0.3 m メッシュ程度) で測定することはできない。また、水田や畑地とは異なり複雑な立体構造を有する林冠を対象とする測定では、枝や葉の込み合い具合などの影響により 35-40% 程度まで LAI 値が過少な

評価される場合があることが知られている (Guangjian *et al.*, 2019)。

3. 本研究の目的

本研究は、センサーの受光角度が 1° であるカメラ用露出計を用いて、測定地点の直上の林冠構造を詳細に把握する観測システムを開発することを目指し、その前段階として、現地に生育する樹種を対象に、カメラ用露出計による輝度値 (EV) を用いた個葉の光透過性に関する測定を行った。

II . 調査地および方法

1. 調査地

本研究は、沖縄本島北部の西銘岳周辺にある西銘岳森林森林気象観測露場 (標高 300 m) において実施した (図-1)。本露場における 2013 年の年平均気温は 20.7℃ で、1 月に 13℃ と最も低く、9 月に 27℃ と最も高かった。また、2010-2012 年における年平均降水量は、3,424 mm であった (Arakaki *et al.*, 2014)。

2. 測定システムの概要

1) 測定機器

輝度値 (EV) の測定には露出計 (デジタルスポットメーター、ペンタックス社) を用いた (写真-1)。一般的に露出計は写真撮影時のカメラのシャッタースピードと絞りを掛け合わせた露出値を、対象範囲を絞って測定するために用いられる。本方式で測定しているのは、対象物の輝度である。ここで、輝度とは、日射量を人間の可視光域に変換した値のことで、相対的な明るさの指標として用いた。対象林分において上部から林内へ入射される太陽

^{*1} Kabeya, N., Shimizu, A., Arakaki, T., Furugen, H., Kasuga, D., Kanna, K., Shimizu, T., Iida, S., Kenzo, T., Miyamoto, A.: A filed experiment on light penetration characteristics of individual leaves using brightness (EV) by ambient 1° digital spot meter

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

^{*3} 沖縄県農林水産部 Okinawa Pref. Agriculture, Forestry and Fisheries General Affair Division, Naha 900-8570

^{*4} 公益社団法人 沖縄県緑化推進委員会 Inc. Okinawa Pref. Afforestation Promotion Committee., Naha 901-1105

^{*5} 沖縄県農林水産部森林資源研究センター Okinawa Pref. For. Resour. Res. Ctr., Nago 905-0017

^{*6} 森林総合研究所 For. & Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687

光が、被覆度を反映して吸収され、輝度がどの程度低下しているのかを、天空の輝度（バックグラウンド）と比較することで調べることが可能である。

以上のことから、本研究では、この機械により測定される輝度値（EV）の相対的差異を用いて個葉の光透過性を調べた。

2) 測定方法

露出計のセンサーを鉛直上向き方向に向けて三脚に固定し、露出計センサーの上に供試葉を載せて、葉を透過した輝度値（EV_{Leaf}）を測定した（図-2）。測定時には、供試葉の樹種と枚数に加えて、バックグラウンドとしての天空の輝度（EV_{BG}）を野帳に記録した。

沖縄本島北部の西銘岳周辺に自生する代表的な樹種から形態等を考慮して9樹種（スダジイ、トキワガキ、コバンモチ、ヒメユズリハ、イヌビワ、カクレミノ、イジュ、アカメガシワ、リュウキュウマツ）を選定し供試葉を収集した（図-3）。葉を1枚から15枚（樹種によっては12枚まで）まで変化させて輝度を記録した。測定時のバックグラウンドの輝度に加えて照度（Lx）も照度計（LX2、サンワサプライ）で記録した。なお、対象樹種は



写真-1. 輝度値（EV）測定に用いた露出計（デジタルスポットメーター、ペンタックス社）

表-1. 一般的な測定条件における代表的な輝度値（EV）

輝度値 EV ^{*1}	測定条件
15以上	快晴
14	晴れ
11-13	雨天～曇り
10以下	室内など

*1 ISO100のフィルム感度を基準とした場合

リュウキュウマツを除き広葉樹である。針葉樹のリュウキュウマツは、葉は、一束24葉を1単位として測定を行った。1葉は2本のペアからなるので、1束48本となる。

3) 測定日時と測定条件

測定は、2015年8月4日の日中（10時から12時）に西銘岳森林森林気象観測露場において実施した。測定中の天候は、晴れであった。測定中のバックグラウンドの照度は概ね110~120 klxであった。時折小さな雲が太陽にかかるときには一時的に30~70 klxとなった。また、バックグラウンドの輝度値EV_{BG}は、15~18の範囲で、概ね16前後であり、一般的な快晴時の天空の値を示した（表-1.）。

Ⅲ. 結果と考察

1. トキワガキの個葉の光透過特性

図-4にトキワガキの葉の光透過特性を示した。基本的には、供試葉の枚数が増えるほど、EV_{Leaf}が低下する傾向が見られた。とくに、0枚から5枚でEV_{Leaf}は15~7.3と約半分までに急激に低下していた。その後、6枚目以降でEV_{Leaf}は一旦安定し、10枚目で再び低下する傾向が見られた。この樹種の測定時の照度は30~60 klxでEV_{BG}は15.3~17.3だったが、供試葉の枚数が5~10枚を測定する際にEV_{BG}が16.3~17.3と高く、比較的明るい条件での測定となっていた。その結果、この範囲での供試葉の枚数が増えても、EV_{Leaf}が低下せずに、やや高い値を示したと考えられた。このことから、バックグラウンドとして入力される太陽光の強さはEV_{Leaf}にも影響を及ぼすものと考えられた。

一方、EV_{Leaf}を測定時のバックグラウンド値との比を透過率（EV_{Leaf}/EV_{BG}）として示した（図-5）。この比は、入力された輝度が葉を透過することでどの程度、低下するのかを示しているため、透過率と呼ぶこととする。この図においては、供試葉の枚数が増えるほど透過率が低下する傾向が得られた。このように、測定値のバックグラウンド値で補正した輝度の方が、供試葉の枚数による輝度の低下傾向を調べるうえでは、より安定していると考えられた。

2. 樹種毎の供試葉の枚数と透過率（EV_{Leaf}/EV_{BG}）

樹種毎の供試葉の枚数（もしくは束数）と透過率（EV_{Leaf}/EV_{BG}）の関係を図-6に示した。概ねいずれの樹種でも供試葉の枚数（もしくは束数）が増加することで透過率は下がっている。とくに供試葉の枚数（もしくは束数）が0~5枚に増加する際に、急激に透過率が50%前後まで低下していることがわかる。それよりも枚数が多いところでは、徐々に低下していくものの、樹種ごとのばらつきが大きくなる傾向がみられた。特に、スダジイとヒメユズリハは、供試葉の枚数が増えても透過率が低下せずに、逆に増加している箇所が見られた。スダジイの場合は、葉が固く他の樹種よりも葉を水平に広げて完全にレンズを覆うことが困難だった。このために、供試葉の枚数を増やした場合のEV測定値の精度が低かった可能性がある。ヒメユズリハにおける供試葉が7枚の時の透過率が67%と高くなった。ヒメユズリハの葉もスダジイと同様に固いため、レンズを覆う際に隙間ができた可能性

がある。また、ヒメユズリハの葉は、他の樹種にくらべて葉の表面の光沢が強いため、この表面の特徴が、影響した可能性も考えられた。しかし、葉が7枚の際の値を除けば、概ね供試葉の枚数が増加するほど透過率が低下する傾向が見られた。

このように、樹種毎の供試葉の枚数（もしくは束数）と透過率の関係は、樹種毎の葉の特徴によるばらつきがあると考えられた。しかし、本地域では森林における LAI 値の範囲は最大でも 4~5 程度までである。このことを考えると、今回の測定で得られた透過率の変化が、100%~50% 程度まで低下する範囲が概ね天空（あるいは裸地）~現地森林の状況に対応するものと考えられた。

IV. 結論

沖縄県に生育する樹種を対象に個葉の光透過特性を調べたところ、葉を透過した輝度値は、バックグラウンドの輝度値の影響を受けていることが分かった。しかし、葉を透過した輝度値をバックグラウンドの輝度値で除して透過率とすることで、測定中のバックグラウンドの輝度値の変化の影響を少なくすることができると考えられた。このような方法で樹種毎の供試葉の枚数と透過率を調べたところ、供試葉の枚数が増加するほど透過率が低下する傾向があることが確認できた。一般的に森林の LAI 値の範囲から考えて、輝度測定により得られた透過率の変化は供試葉の枚数と対応していると思われた。

以上のように、カメラ用露出計による輝度値を用いて個葉の光透過性を測定することが可能であることが分かった。今後は、この方法を林分に適用し、林冠構造の把握を試みる予定である。

謝辞

現地観測、測器の設置に関して沖縄県農林水産部森林資源研究センターの皆様にご多大なご協力を頂いた。本研究は、「南西諸島の環境保全及び生物相に配慮した森林管理手法に関する研究事業」および「沖縄県における森林分布現況把握と森林タイプ毎の環境・機能観測評価」の一環として行った。

引用文献

- Arakaki T *et al.* (2014) *Water Resource and Protection* 6: 813-820.
- Guangjian Y *et al.* (2019) *Agricultural and Forest Meteorology* 265: 390-411.
- Iida S *et al.* (2017) *Hydrology* 548: 770-783.
- Kenzo T *et al.* (2016) *Plant Ecology & Diversity* 9: 505-520.
- Leiterer R *et al.* (2015) *Forest Ecology and Management* 358: 48-61.

(2020年11月6日受付；2020年12月15日受理)

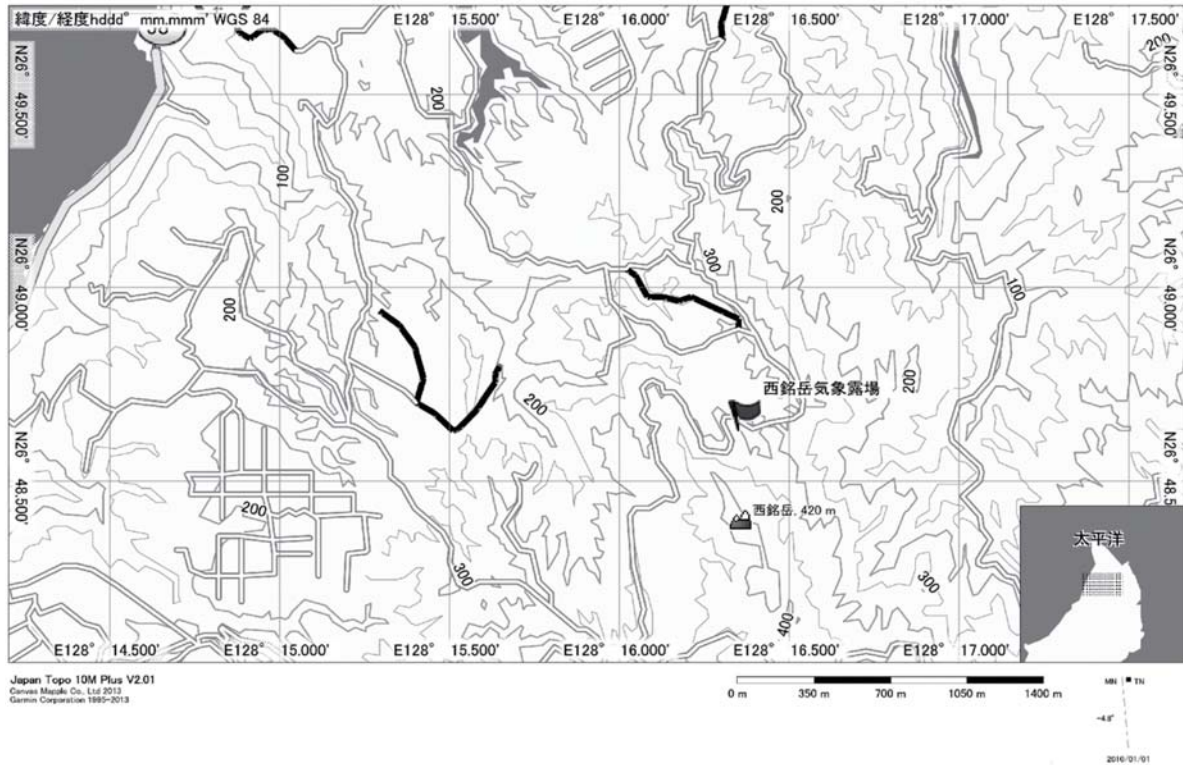
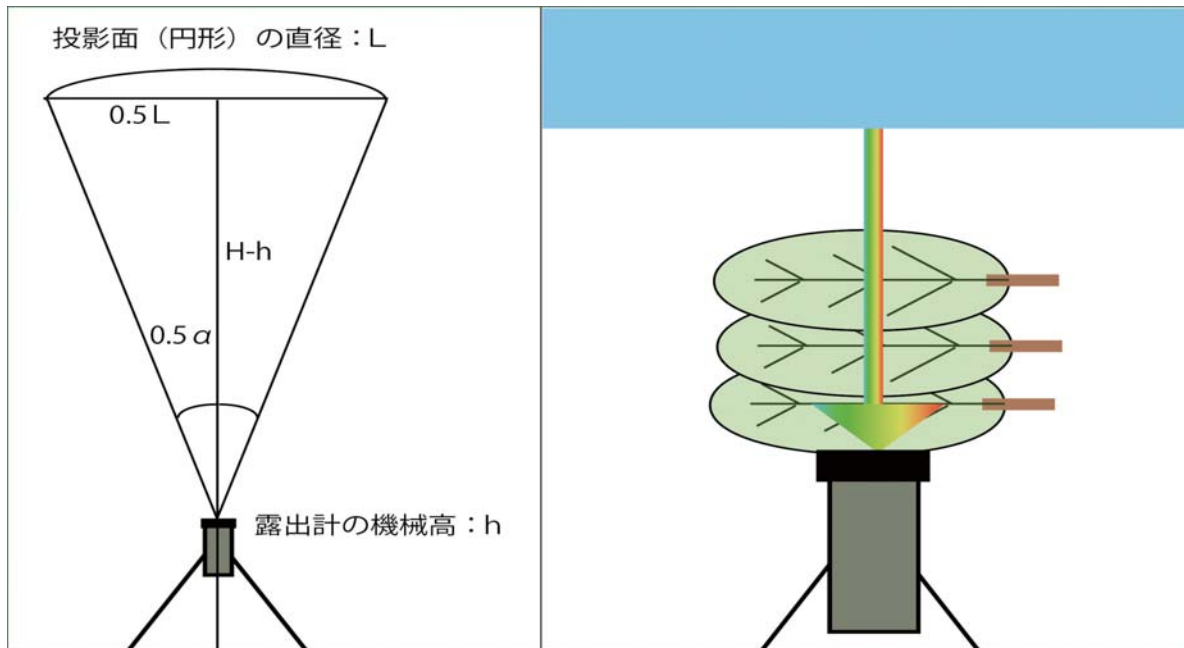


図-1. 西銘岳気象露場の位置図



露出計センサーの受光角度： α
 $\alpha=1$ 度、 $H=20\text{m}$ 、 $h=1.4\text{m}$ の時
 L は約 0.32m となる。

露出計のセンサーの上に供試葉を枚数を変えて置き、
 透過光の輝度値を露出計により計測した。各計測の
 直前の天空の輝度を測定しバックグラウンド値とした。

図-2. 露出計による個葉透過光輝度の測定方法

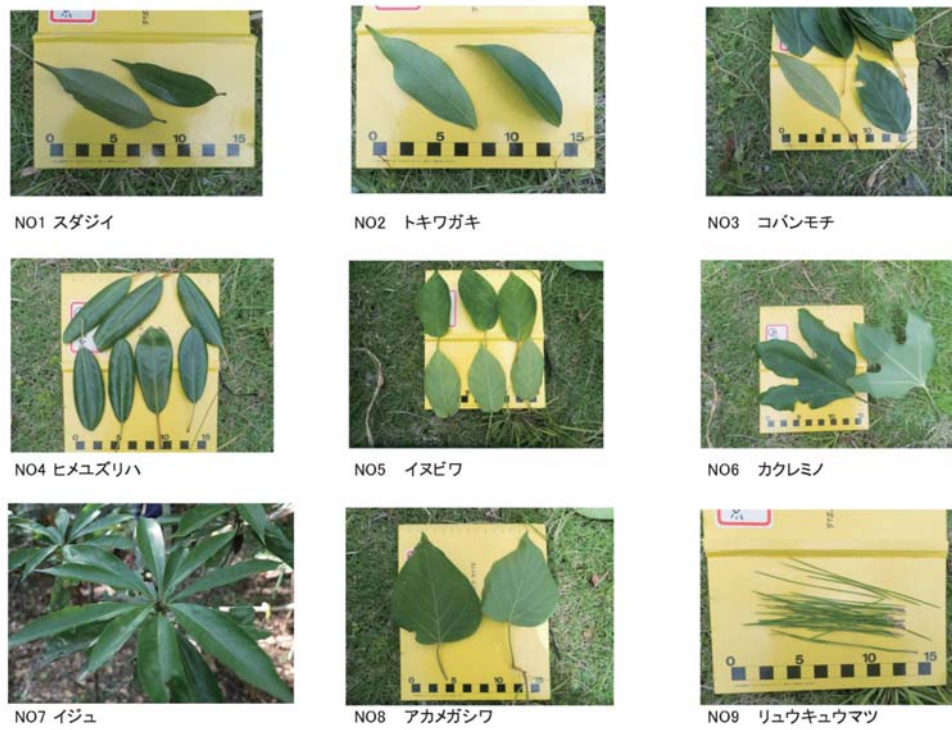


図-3. 測定に用いた供試葉

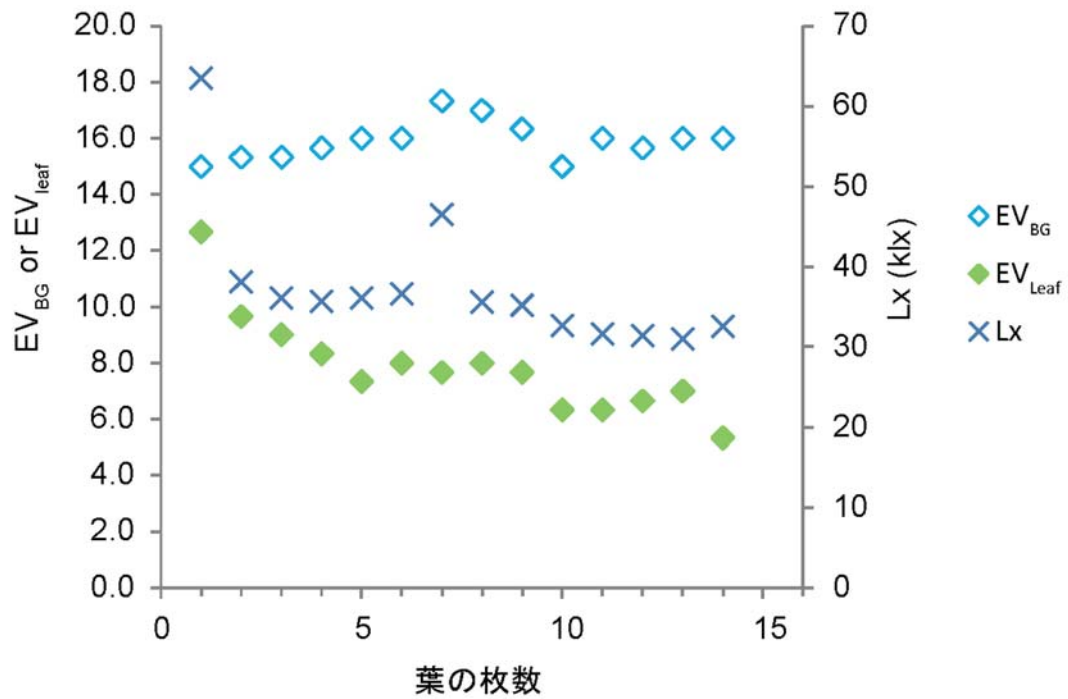


図-4. トキワガキの個葉の光透過特性の測定結果

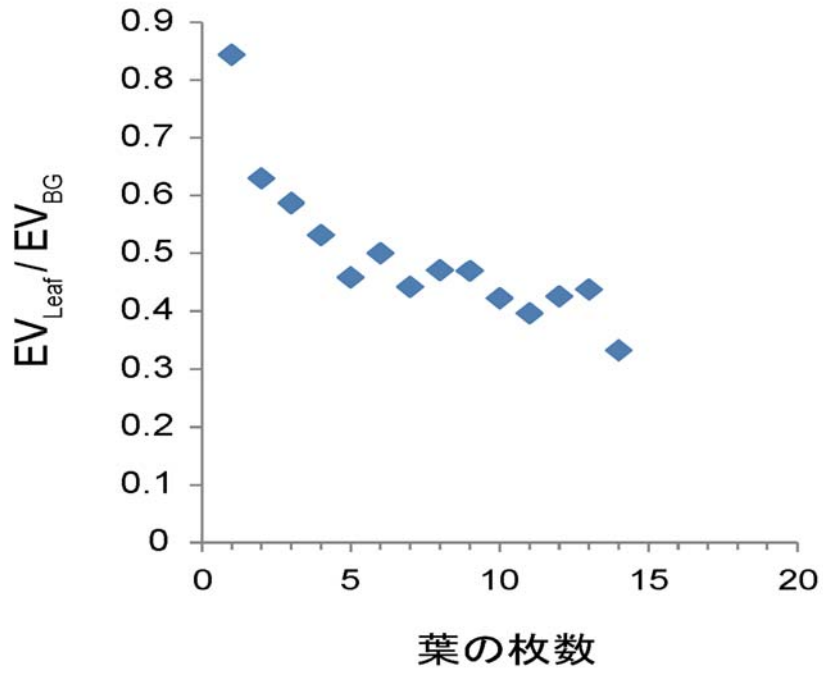


図-5. トキワガキの個葉の EV_{Leaf}/EV_{BG}

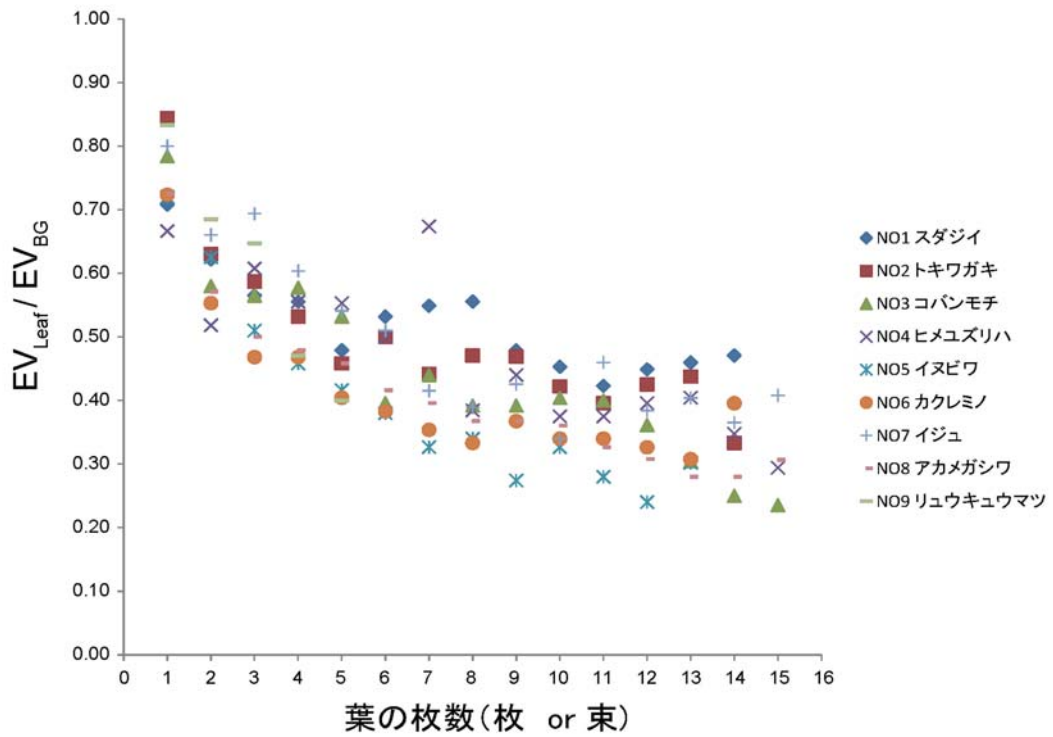


図-6. 樹種毎の供試葉の枚数と透過率 (EV_{leaf}/EV_{BG}) の関係