

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 18 日現在

機関番号：27401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24780155

研究課題名(和文)「生活細胞一定の法則」に基づく自己間引きの法則の再検討

研究課題名(英文) Re-evaluation of the self-thinning rule based on the law of the constancy of living cells

研究代表者

井上 昭夫 (INOUE, Akio)

熊本県立大学・環境共生学部・准教授

研究者番号：80304202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：スギとヒノキの人工林を対象として、過密林分における樹幹表面積と林分密度との関係について解析した。地域や樹種の違いに関係なく、過密林分における平均樹幹表面積は林分密度の逆数に比例することがわかった。このことは、単位面積あたり樹幹表面積合計が林分密度によらず一定となることを意味する。このような面積保存則を「樹幹表面積一定の法則」と名付けた。

樹木の場合、樹幹の内部は死細胞によって構成されており、生活細胞は樹幹表面付近にのみ存在するため、樹幹表面積と生活細胞の間には比例関係が予想される。このことより、上述した樹幹表面積一定の法則は「生活細胞一定の法則」の成立を示唆している。

研究成果の概要(英文)：The relationship between stem surface area and stand density was analyzed for over-crowded Japanese cedar and Japanese cypress stands. The result indicated that the mean stem surface area was proportional to the reciprocal of the stand density independent of district and species. This means that the total stem surface area per unit stand area became a constant independent of the stand density.

The area preservation rule was named the law of the constancy of stem surface area. For tree species, the inner portion of stem is composed of dead cells, whereas the living cells are distributed just below the stem surface. For this reason, the stem surface area is considered to be proportional to the amount of living cells. This suggested that the law of the constancy of living cells hold.

研究分野：森林学

科研費の分科・細目：森林科学

 キーワード：森林科学 自己間引き 樹幹表面積 3/2乗則 生活細胞一定の法則 樹幹表面積一定の法則 人工林
林分密度

1. 研究開始当初の背景

木本植物の樹幹は、種々の生理機能を営んでいる生活細胞と営んでいない死細胞とによって構成されている。しかし、植物生態学唯一の法則と言われる「自己間引きの法則」では、この事実を無視して過密林分における平均個体重（あるいは幹材積）と林分密度との関係を記述している。生活細胞と死細胞とを区分して議論することは、樹木個体群における自己間引きの法則のメカニズムを生理生態学的に解釈する糸口になるのかも知れない。

2. 研究の目的

わが国のスギ・ヒノキ人工林のデータを用いて、過密林分における樹幹表面積と林分密度との関係を明らかにすることを目的とする。そして、その結果をもとに、自己間引きの法則について再検討する。

3. 研究の方法

森林総合研究所のホームページにおいて公開されている収穫表調製業務資料から、スギ14地域、ヒノキ10地域のデータを解析に供した。それぞれの地域と樹種ごとに、以下の手順にしたがって樹幹表面積と林分密度との関係を解析した。まず、各林分の平均樹高と平均胸高直径をもとに、Inoue (2004) の回帰モデルを用いて、平均樹幹表面積を求めた。次いで、横軸に林分密度、縦軸に平均樹幹表面積をそれぞれとった直交座標系において、右上方に点の落ちる林分を過密林分として視覚的に選定した。そして、選択された過密林分における林分密度と平均樹幹表面積との関係を RMA 回帰によって解析した。さらに、地域と樹種ごとに、過密林分における単位面積あたり樹幹表面積合計の平均値を算出した。

4. 研究成果

スギとヒノキのいずれにおいても、また、いずれの地域においても、過密林分における平均樹幹表面積 s は林分密度 N の逆数に比例することがわかった (図1~3)。

$$[1] \quad s \propto 1/N$$

[1]式の両辺に林分密度を乗じると、

$$[2] \quad S = \sum s = \text{const.}$$

を得る。ここで、 S は単位面積あたり樹幹表面積合計である。すなわち、過密林分における単位面積あたり樹幹表面積合計は、林分密度によらず一定となることがわかった。このことを「樹幹表面積一定の法則」と名付けた。

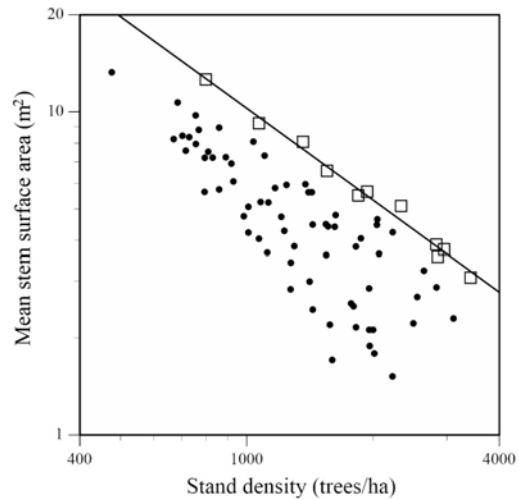


図1 平均樹幹表面積と林分密度との関係 (鹿児島地方のスギの例)

* □は視覚的に選択された過密林分を、●はその他の林分を示している。また、図中の実線は RMA 回帰による回帰式を示す。

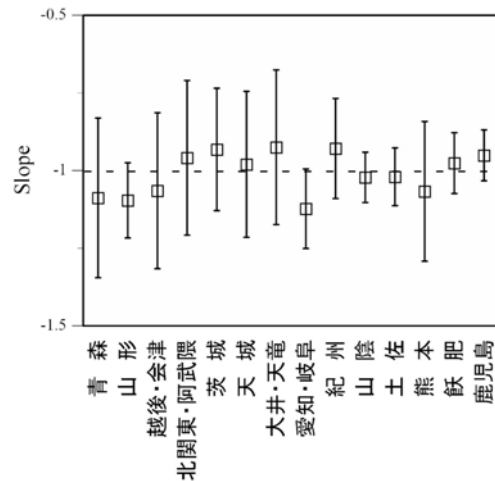


図2 平均樹幹表面積と林分密度との関係における両対数軸上での傾き (スギの例)

* □は RMA 回帰によって得られた傾きを、誤差線は 95%信頼区間をそれぞれ示す。

単位面積あたり樹幹表面積合計の平均値をスギとヒノキとで比較した結果、スギではいずれの地域においても 1 ha ha⁻¹ を上回ったのに対し、ヒノキではいずれの地域においても下回っていた。また、樹幹表面積合計の値を地域間で比較したところ、同じ樹種であってもその値は異なることがわかった。特に、スギにおいては、北の方へ行くほど樹幹表面積合計の値が大きくなる傾向が認められた。

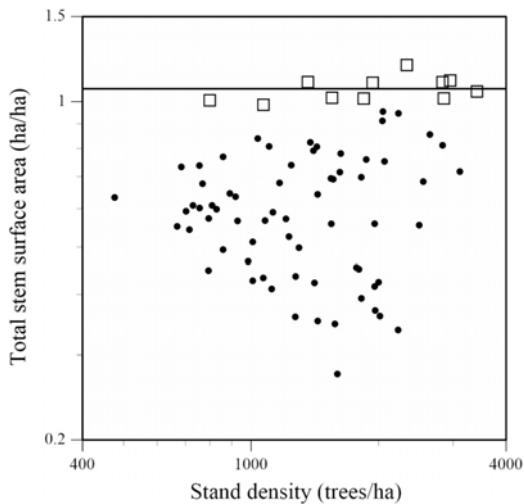


図3 単位面積あたり樹幹表面積合計と林分密度との関係（鹿児島地方のスギ林の例）

* □は視覚的に選択された過密林分を，●はその他の林分を示している。また，図中の実線は，過密林分における樹幹表面積合計の平均値を示す。

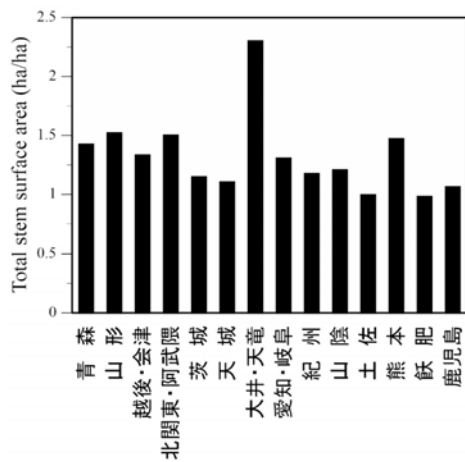


図4 スギの過密林分における樹幹表面積合計の地域間での比較

木本植物の場合，樹幹の内部は死細胞によって構成されており，生活細胞は樹幹の表面近くのみ存在する。したがって，生活細胞の量と樹幹表面積との間には比例関係が予想される。このように考えると，先に述べた樹幹表面積一定の法則は，「生活細胞一定の法則」の成立を示唆している。すなわち，単位面積あたりに生存できる生活細胞の量は，地域と樹種によって林分密度とは無関係に上限が決まっているのかも知れない。

スギにおいて，過密林分における樹幹表面積合計の値が北へ行くほど大きい傾向が認められたことについては，木本植物の生理生態学的な結果としてみられるべきなのかも知れない。すなわち，温暖な南の地域においては，樹幹における呼吸活性が高くなるため，樹幹でガス交換の行われる表面積を小さく抑えることが生物学的に有利であることを反映しているのかも知れない。詳細なメカニズムについては，今後の課題である。

生活細胞一定の法則を出発点とすると，樹幹表面積と生活細胞の量との比例関係から，樹幹表面積一定の法則が成り立つ。[1]式と[2]式から明らかなように，樹幹表面積一定の法則は，平均樹幹表面積が林分密度の逆数に比例することと同義である。また，平均樹幹表面積は，次元解析的に平均幹材積の $2/3$ 乗に比例する。これらのことより，自己間引きの $3/2$ 乗則を容易に誘導できる。加えて，平均樹幹表面積が林分密度の $3/4$ 乗に比例すると仮定すると，West, Brown, Enquistによる自己間引き曲線（WBEモデル）を得る。さらに， $3/2$ 乗則におけるべき指数の種間変異は，平均樹幹表面積と平均幹材積とのアロメトリ関係から説明できる。すなわち，光合成産物の樹幹におけるアロケーションの違いによって， $3/2$ 乗則におけるべき指数の変動が生じていることが予想される。

このように考えると，樹木個体群における自己間引きの法則（ $3/2$ 乗則）の出発点は「生活細胞一定の法則」にあるのかも知れないと考えられる。この知見は，植物生態学唯一の法則と言われる自己間引きの法則について新しい解釈を可能にすることが期待できる。以上より，樹木個体群における密度と成長の基本則として「生活細胞一定の法則（樹幹表面積一定の法則）」を提案する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

- ① 井上昭夫，自己間引きと樹幹表面積—「自己間引きの法則」から「生活細胞一定の法則」へ—。北方林業，査読有，758巻，2012，pp.137-140

〔学会発表〕（計2件）

- ① 井上昭夫・西園朋広，樹幹表面積一定の法則。第125回日本森林学会大会，大宮ソニックシティ，2014
- ② 井上昭夫，Allometric model of the maximum size-density relationship between stem surface area and stand density. 森林計画学賞受賞記念講演（招待講演），大宮ソニックシティ，2014

〔その他〕
受賞（計1件）

- ① 井上昭夫, Allometric model of the maximum size-density relationship between stem surface area and stand density. 2013年度森林計画学賞, 2014

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 昭夫 (INOUE, Akio)

熊本県立大学・環境共生学部・准教授

研究者番号：80304202