

常緑針葉樹林の葉量の年ごとの変動と気象の関係を解明

～地球環境予測モデルへの貢献に期待～

ポイント

- ・常緑針葉樹林の葉量の年ごとの変動が、過去数年の気象条件の影響を受けていることを初めて解明。
- ・個体間競争による個々の樹木の葉量の長期変化と森林の葉量の維持との関係について報告。
- ・気候変動による常緑針葉樹林への影響予測モデルの精度向上に期待。

概要

北海道大学低温科学研究所の隅田明洋准教授、渡辺 力教授及び龍谷大学理工学部の宮浦富保教授の研究グループは、葉量の年々変動^{*1}の程度や変動の要因となる気象要因について、常緑樹林として世界で初めて明らかにしました。

解析の結果、毎年の森林全体の葉面積を表す指標（葉面積指数^{*2}）は、当該年を含む過去6年間の夏の平均気温と強い正の相関^{*3}（相関係数 0.93）があることを見いだしました。常緑樹は毎年少しずつ古い葉を新しい葉に入れ替えており、この森林では葉が全て入れ替わるのに6年程度かかっています。この入れ替わりに要した過去6年間の夏の平均気温が、残存効果となって葉面積指数の年々変動を引き起こすことがわかりました。

解析の過程では、樹木の個体間競争と葉面積指数との関係も明らかになりました。少数の大型個体の葉面積は、多数の小型個体の葉面積を徐々に奪うように増加し、このことが葉面積指数が一定の範囲に維持される一因となっていました。個体間競争の結果として森林全体の葉面積指数が維持されることは、世界ではじめての報告です。

驚くべきことに、葉面積指数が年々変動しても、幹バイオマス^{*4}の年々成長には影響がなく、むしろ幹バイオマスの成長は夏の降水量と有意な相関がありました。一般に、葉面積指数が増えるほど光合成から得られるエネルギーも増えますが、光合成生産物が成長以外の重要な用途（乾燥に対する生理的恒常性の維持など）に使われたため、光合成生産の大きさが必ずしも幹バイオマスの増加に結びつかなかったと考えられます。

本成果は、気候変動の影響を予測するための、森林の葉面積指数やCO₂吸収に関する知見を組み込んだ影響予測モデルへの貢献が期待されます。

本研究の一部は、日本学術振興会の科学研究費補助金（24580209）の補助を受けました。

なお、本研究結果は、英国時間2018年9月11日（火）公開のScientific Reports誌に掲載されました。

【背景】

森林の葉の量やその年々変動を知ることは、光合成による CO₂ 吸収量を推定し、地球環境変動の将来を予測するために非常に重要です。森林の葉の量（葉面積指数）は、いったん森林が成立した後はほぼ一定を保つことが知られていましたが、葉の量がどれくらい年々変動するのか、変動があるとすればどのような要因が関係しているのかについて、常緑樹林ではほとんどわかっていませんでした。

落葉樹林であれば、毎年すべての葉が落ちるので、森林の落葉量を測定すれば葉の量がどのように年々変動するか把握することができます。一方、常緑樹林は、古い葉が落ちる前に新しい葉が生産されるので、毎年新しくつくられる葉の量を森林を破壊せずに測定することはほぼ不可能でした。このため、常緑樹林の葉面積指数の年々変動の有無や、変動の程度、要因についてはほとんどわかっていませんでした。

【研究手法】

常緑針葉樹であるヒノキ林において林齢 21 年から 40 年までの 20 年にわたり記録された詳細なデータ^{*5}を利用することによって、葉面積指数の長期変動を調べました。この長期データは共同研究者である龍谷大学の宮浦教授主導で記録されたもので、すべての樹木の葉面積の変化を 20 年にわたって推定できる貴重なデータです。

年ごとに個体の葉面積を合計すると、森林全体の葉面積指数の年々変動も計算できます。さらに、個体の葉面積を推定する際に誤差解析という統計的手法を用いることで、葉面積指数の信頼範囲も示すことができました。

さらに、測候所で記録された毎月の降水量や気温のデータも検討に用いました。通常は、ある年の樹木の成長データに対し、過去 12~17 ヶ月程度までの各月ごとの平均気温や月別降水量との相関を総当たりで調べる方法がとられます。しかし本研究では、単一の月の気象データだけでなく、複数の月にわたる平均気温や降水量合計との関係をしらみつぶしに調べる手法を取りました。

【研究成果】

解析の結果、毎年の葉面積指数は、当年の夏の平均気温との間に、統計的に有意であるものの弱い正の相関（相関係数 0.40）があることがわかりました（図(a), (b)）。このことは、葉が生産される夏の気温が暖かいと葉面積指数が増加することを示しています。しかし、常緑の葉の寿命は数年にわたるため、葉面積指数は、高齢の葉が生産された過去の年の気象の影響も受けているかもしれません。

そこで、当年の夏の気温だけでなく、当年を含む過去数年の夏の平均気温と当年の葉面積指数との相関をとり、何年分の平均気温との相関が最も高くなるかを調べてみました。その結果、当年を含む過去 6 年間の夏の平均気温との間に最も強い正の相関（相関係数 0.93）が現れることを見いだしました（図(c), (d)）。過去の研究により、この森林では葉が全て入れ替わるのに平均 6 年程度かかることがわかっていました。この入れ替わりに要した過去 6 年間の夏の平均気温が、残存効果となって葉面積指数の年変動を引き起こすことがわかったのです。

解析の過程では、樹木の個体間の競争と葉面積指数維持との関係も明らかとなりました。森林内で最も大型の個体グループは、年とともに個体の葉面積を徐々に増加させました。一方、最も小型の個体グループは、年がたつにつれて個体の葉面積を徐々に減らし、調査期間の途中で枯死していきました。小数の大型個体の葉面積の合計は、多数の小型個体の葉面積の合計を徐々に奪うように増加しており、この二つのグループの葉面積の総和は時間がたってもほとんど変化していないことがわかりました。すなわち、樹木が大きくなっても葉面積指数が一定の範囲に維持される理由として、枯死に至

る以前に少しずつ葉量が減少する小型個体の存在が重要であるとわかりました。このような個体間競争のプロセスの結果として森林全体の葉面積指数が維持されるという研究例はこれまでになく、世界ではじめての報告です。

一般的には葉面積指数と森林全体の光合成生産量との間には正の相関がありますが、驚くべきことに、葉面積指数が年々変動しても、幹バイオマスの年々成長量はそれとは無関係でした。一方、幹バイオマスの成長は夏の降水量と有意な相関がありました。この結果は、最近明らかとなってきた樹木生理学的研究の知見から説明されます。すなわち、樹木が乾燥などの影響をうけると、乾燥が光合成生産の低下を引き起こす前に幹の太りの成長が止まること、光合成で生産された炭水化物のかなりの割合が、成長以外の重要な用途（乾燥に対する生理的恒常性の維持など）に使われていること、が指摘されています。これらの先行研究の知見は、光合成生産と正の関係をもつはずの葉面積指数と幹バイオマス成長量との間に相関がなかった結果をうまく説明します。

【今後への期待】

本研究では、これまで漠然としか把握できていなかった常緑樹林の葉面積指数の年変動や、その変動と気象要因の関係をより明瞭に把握することができました。この成果は、森林の葉面積指数やCO₂吸収に関する知見を組み込んで気候変動の影響を予測するモデルに反映することで、より正確な予測に繋がることが期待されます。

論文情報

論文名	Interannual variability of leaf area index of an evergreen conifer stand was affected by carry-over effects from recent climate conditions (常緑針葉樹林の葉面積指数の年々変動は近年の気象条件の残存効果に影響される)
著者名	隅田明洋 ¹ , 渡辺 力 ¹ , 宮浦富保 ² (¹ 北海道大学低温科学研究所, ² 龍谷大学理工学部)
雑誌名	Scientific Reports (英国の科学オンライン誌)
DOI	10.1038/s41598-018-31672-3
公表日	英国時間 2018 年 9 月 11 日 (火) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 准教授 隅田明洋 (すみだあきひろ)

T E L 011-706-5507 F A X 011-706-5507 メール asumida@lowtem.hokudai.ac.jp

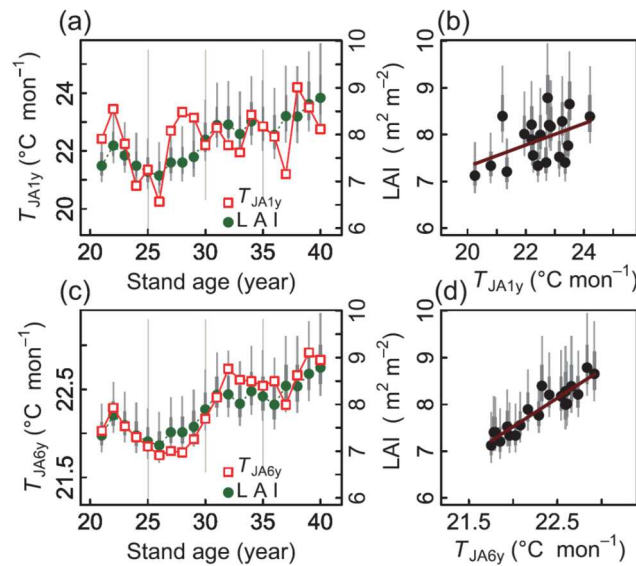
U R L <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/plantecol/akihiro/sumida-index.html>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimuhokudai.ac.jp

【参考図】



- (a) 当年の夏の平均気温 (□) とその年の葉面積指数 (●) の林齢 (Stand age) に伴う変化。
(b) (a)における□と●の関係 (相関係数 0.40)。
(c) 当年を含む過去6年の夏の平均気温 (□) と当年の葉面積指数 (●) の林齢に伴う変化。(a)よりも□と●が同じように上下している様子が見て取れる。
(d) (c)における□と●の関係 (相関係数 0.93)。

発表論文 Figure 3 (図3) より

【用語解説】

- *1 年々変動 … 森林がいったん成立すると、葉量は大きく変化しない。この用語は、そのような森林において、複数の年の間でどの程度変動するのかを意味する。
- *2 葉面積指数 … 森林の葉の面積の大きさを表す指標で、森林の全樹木の葉の片面の面積の総和を森林の土地面積で割った値。例えば、葉面積指数が4の森林では、土地の4倍の面積の葉がその土地上の空間に存在することを表す。葉面積指数は、森林の光合成生産量を知る上で重要な指標である。
- *3 (正の) 相関 … 二つの事柄の関係を示す係数で、 -1 から 1 の間の値をとる。一方が増える (減る) ときにもう一方も増える (減る) 傾向にあるほど、相関係数は 1 に近い正の値をとり、一方が増える (減る) ときにもう一方が減る (増える) 傾向にあるほど、相関係数は -1 に近い負の値をとる。
- *4 幹バイオマス … 単位土地面積あたりの、樹木を乾燥させた際の総重量。
- *5 20年にわたり記録された詳細なデータ … この長期データは、2013年に発表した論文 (<https://doi.org/10.1093/treephys/tps127>) で公開済み。