

報道機関 各位

資料提供 令和3年8月10日
秋田県立大学
生物資源科学部 生物環境科学科
担当者 教授 星崎 和彦
TEL 018-872-1608

EMBARGOED FOR RELEASE AT 3 P.M. (ET) MONDAY, AUG. 16, 2021

■■ 米国東部標準時 2021 年 8 月 24 日公表 ■■

老木の種子生産は減少するという世界的な証拠

生物資源科学部の星崎 和彦 教授、米国デューク大学のクラーク教授らの国際共同研究グループの成果が米国科学アカデミー紀要 (PNAS) に掲載されました。

【発表のポイント】

- 樹木は歳を重ねても幹は成長を続けますが、果実や種子を生産する能力も維持され続けるのか、それとも動物全般のように老化に伴って繁殖力は低下するのか、これまで統一した見解はありませんでした。
- 日本を含む世界 13 か国の国際共同研究チームは北米、南米、アジア、ヨーロッパ、アフリカで観測されてきた種子生産に関する長期データをデータベースに統合し、これまで正確な推定が難しかった樹木個体の種子生産量 597 種 59 万本を対象として統一的に解析することに成功しました。その結果、80%近い樹種で、大径木になると種子生産量が減退または停滞することがわかりました。この結果は、老化説に関するより普遍的な、強い証拠を提示したものと言えます。
- 樹木の果実や種子は森林再生に欠かせないだけでなく、私たちの食生活や野生動物にとっても重要で、本研究はこれら資源の管理・保全をより効果的に行う上で重要な成果です。

【研究の背景】

樹木は歳を重ねても幹は成長を続けますが、果実や種子を生産する能力も維持され続けるのか、それとも老化に伴って繁殖力は低下するのか。樹木の繁殖に動物全般のような老化が見られるのかどうか、これまで統一した見解はありませんでした。そもそも、大径木にまで成長した樹木では、動物と違って、種子生産量の推定自体にいくつものプロセスを考慮する必要があり、とても困難なテーマでした。例えば、繁殖量が直接測定可能な果樹は 20~30 年ごとに植え替えが行われるため若齢個体のデータに偏っているほか、野生の樹木の種子生産量は松かさの数や種子トラップへの落下量などごく限られた情報に基づいて種子の散布距離や気象など環境要因も考慮しなくてはなりません。さらに、樹木の種子

生産は年によって大きく異なることが知られています。今回、米国デューク大学の James Clark 教授が主導する国際共同研究チーム 61 名は独自に開発した統計モデルを用いて、上記の老化説の決着に挑みました。

【研究の成果】

国際共同研究チームには 13 か国の研究者が参加し、日本からは秋田県立大学生物資源科学部の星崎 和彦 教授（生物環境科学科、専門分野：森林科学、生態学）が参加しました。研究チームは米国、フランス、日本、パナマ、チリなどでそれぞれが蓄積してきた、森林樹木の種子生産データと幹の成長データを統合し、597 種 585,670 本を対象に統一的な解析を行い、樹木 1 本あたりの種子生産量とその樹体サイズとの関係を推定・比較することに成功しました。こうした大規模な解析の結果、老化説が裏付けられた論文が、8 月 24 日付（米国東部時間）で米国科学アカデミー紀要（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America）に発表されました。

今回、研究チームは「MASTIF (Masting Inference and Forecasting)」と呼ばれる長期研究拠点のネットワークを通じてモニタリングされた 597 種の種子生産と成熟状況に関する長期観測データをデータベースに統合しました。北米、南米、アジア、ヨーロッパ、アフリカの 500 以上の研究サイトの 585,670 本の詳細な記録をもとに、先に独自に開発した統計モデルで幹の太さごとの樹冠面積や成長量、種子散布距離、気象条件などを考慮したうえで、木の長期的な繁殖力をより多くの樹種で正確に推定することに成功しました。その結果、60%強の樹種で加齢とともに種子生産が減少し、15%程度の樹種では最大サイズに近づくにつれて種子生産の増加が鈍化していました。

なお本研究は JSPS 科研費（23380087、15H04517、19H02999）の支援を受けました。

【研究の意義、研究者のコメント】

本研究を主導したデューク大学の Tong Qiu 研究員と Clark 教授は「樹木の果実やナッツは人間の食生活の 3%を占め、多くの鳥類や小型哺乳類にとっても重要で、もちろん種子は森林の再生に欠かせない。これらの資源を効果的に管理・保全するためには、繁殖力の低下が起こる可能性があるのかどうか、またどの程度の大きさや年齢で低下が起こるのかを知る必要がある」と述べています。さらに Clark 教授はこの研究の意義について、「多細胞生物全般で老化についてわかっていることを踏まえると、樹木の繁殖力が無限に増加するというのは考えにくいのですが、厳密にそれを否定できる決定的な証拠はありませんでした。生物学では最も基本的な変数の 1 つとして出生率が測定されますが、動物と違って樹木の出生率の推定はとても困難な作業であり、今回のモデルはそのようなニーズにも応えることができます。」と述べています。

今後、気候変動にともなって樹木の成長や開花結実、ひいては生態系にどのような影響が現れるかを調べていく上でも、今回の研究や使用した統計モデルは非常に有用です。日本でも、種子生産の長期的な傾向が以前と変化しつつあるという研究がありますが、こうした長期変化が世界的な傾向なのかどうかを検証することも可能です。

【掲載論文】

著者： T. Qiu, M.C. Aavena Acuna, R. Andrus, D. Ascoli, Y. Bergeron, R. Berretti, M. Bogdziewicz, T. Boivin, R. Bonal, T. Caignard, R. Calama, J.J. Camarero, C. Clark, B. Courbaud, S. Delzon, S. Donoso Calderon, W. Farfan-Rios, C.A. Gehring, G.S. Gilbert, C.H. Greenberg, Q. Guo, J. Hille Ris Lambers, K. Hoshizaki, I. Ibanez, V. Journé, C.L. Kilner, R. Kobe, W.D. Koenig, G. Kunstler, J.M. LaMontagne, M. Ledwon, J.A. Lutz, R. Motta, J.A. Myers, T.A. Nagel, C.L. Nuñez, I.S. Pearse, Ł. Piechnik, J. Poulson, R. Poulton-Kamakura, M.D. Redmond, C.D. Reid, K.C. Rodman, C.L. Scher, H. Schmidt Van Marle, B. Seget, S. Sharma, M. Silman, J.J. Swenson, M. Swift, M. Uriarte, G. Vacchiano, T.T. Veblen, A.V. Whipple, T.G. Whitham, A.P. Wion, J. Wright, K. Zhu, J.K. Zimmerman, M. Zywiec, and J.S. Clark

表題： Is There Tree Senescence? The Fecundity Evidence

雑誌： Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.

DOI: 10.1073/pnas.2106130118 <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2106130118>

論文出版日時: 15:00, 24 August 2021 (EST) 日本時間 8月24日

※報道関係者は EurekAlert! 経由で論文にアクセス可能: 以下 PNAS 事務局より原文のまま。PNAS provides journalists with access to embargoed content through EurekAlert!. Journalists should register with EurekAlert! at <https://www.eurekalert.org/register.php> and request access to PNAS materials. If they are already registered with EurekAlert!, they can request access to PNAS at <https://www.eurekalert.org/account.php>.

【参考となる図表】

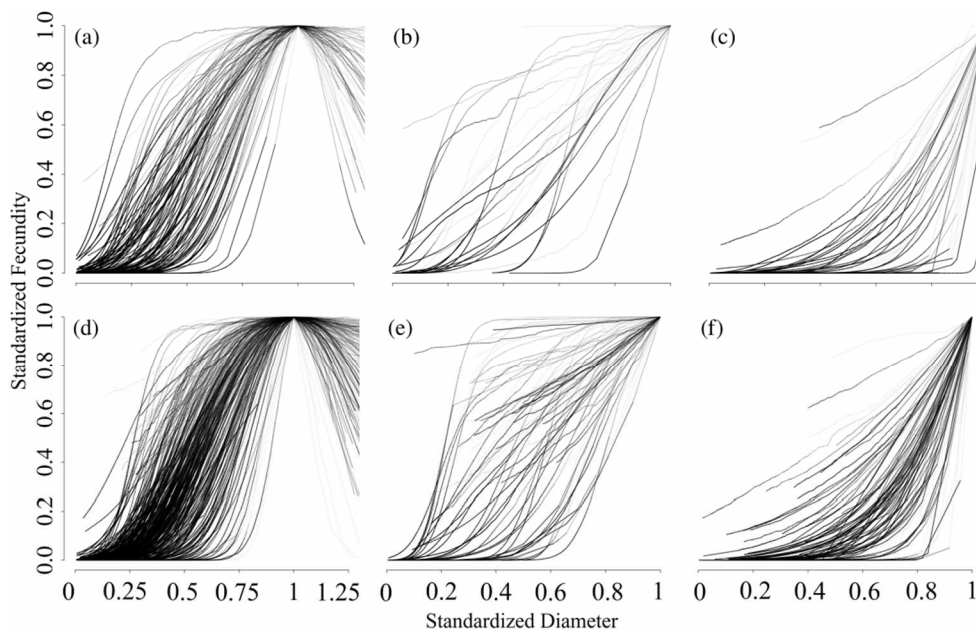


Fig. 1. The relationship between fecundity and diameter for species in temperate (a-c) and tropical regions (d-f), where diameter and fecundity are scaled as D/D_{opt} and $f(D)/f(D_{opt})$. (a) and (d) exhibit type A species (fecundity eventually declines); (b) and (e) show type B species (sigmoid increase in fecundity); (c) and (f) represent type C species (continuous increase in fecundity). Line transparency is proportional to the 90% credible interval width across the diameter ranges, such that confident predictions are opaque, and vice versa. The percentages of species for each type of fecundity-diameter relationship are summarized in Table 1.

図：解析で明らかになった種子生産量と幹直径の関係。縦軸は各サイズでの繁殖量を最大値に対する相対値で、横軸は最大繁殖量を与える幹サイズ (Dopt) に対する相対値で表されている。上の3つのパネル (a~c) は温帯の樹種、下の3つ (d~f) は熱帯の樹種についての結果で、1本の線が1樹種。aとdが大径木における種子生産量の減衰を示す種群 (表1のタイプA)、bとeは成長とともに種子生産量が高止まりする種群 (タイプB)。

表：解析で明らかになった種子生産量と幹直径の関係のタイプ分け。タイプA) 大径木で種子生産量が減衰する種群、タイプB) 大径木で種子生産量の増加が鈍化して高止まりする種群、タイプC) 成長とともに種子生産量も増加し続ける種群。

Table 1. Percent of species in three fecundity-diameter response classes (materials and methods) by temperate and tropical regions.

Region (No. Species)	Sample Size (tree- years)	% of species		
		A) Eventual decline	B) Sigmoid increase	C) Con- tinuous increase
Temperate (169)	2,483,125	61.5	15.4	23.1
Tropical (428)	8,059,114	64.0	17.1	18.9