

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06136

研究課題名（和文）種子乾燥耐性の種内・種間比較から探る樹木種子の環境適応

研究課題名（英文）Intra- and inter-species diversity of desiccation tolerance in tree seeds

研究代表者

木村 恵（Kimura, Megumi）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所 林木育種センター・主任研究員 等

研究者番号：20436520

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：150種を超える樹種について種子の形質を計測した。これらの樹種について既報モデルで乾燥耐性の推定を行い、データベースや乾燥実験から得られた実際の乾燥耐性の情報と比較を行った。多くの樹種については推定が可能であったが、推定できなかった樹種もあったことから、生育地の気象要因を考慮し、一般化線形モデルを活用して推定精度の向上を検討した。また、国内に広く分布するウワミスザクラ等の樹種について、種子特性の地理的変異を明らかにした。種子の乾燥重量と年平均気温の間には相関がみられ、環境適応が示唆される結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果によって様々な樹種、集団の種子、発芽ステージの脆弱性が予想できることから、遺伝資源の保全や希少種の保全において、生息域内外での保全策策定において活用できる。例えば、種子が乾燥耐性を持つ樹種は種子を長期間保存できるため、生息域外での室内保存が可能である。一方、乾燥耐性を持たない樹種に関しては生息域内外での種子の長期保存は困難であるため、成体での保存や生息域内での保存が不可欠となる。こうした活用情報を普及するため、植物園スタッフや一般市民向けの講演や啓蒙記事の執筆を行った。

研究成果の概要（英文）：Seed characteristics were measured for over 150 tree species in Japan, and desiccation tolerance was estimated from dry weight and seed coat ratio (SCR). Because estimation errors were found in the SCR model, we improved this model by taking into account climatic factors in the growing sites. In addition, geographical variation in seed characteristics was identified for species such as *Padus grayana*, which is widely distributed in Japan. A correlation between seed dry weight and mean annual temperature was observed, suggesting possible environmental adaptation.

研究分野：森林生態学

キーワード：乾燥耐性 難貯蔵種子 リカルシトラント種子 種子形質 種内変異

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

種子の乾燥耐性は散布後の種子の寿命、発芽のタイミングに影響を及ぼすと考えられることから、降水量など生育地の環境要因に強く適応すると予測される。しかし、樹木の生活史研究では種子生産から散布までや発芽以降のステージに着目した報告が多く、散布から発芽・定着までの生存に関わる種子の乾燥耐性に関する知見は限られており、その環境適応の実体についてはほとんどわかっていない。長命で固着性の樹木において、こうした環境適応の実態を探ることは、温暖化に代表されるような広域で大規模な環境変動に樹木が適応し生育できるのかを知るためにも重要である。そこで本研究では、樹木種子における乾燥耐性の重要性に着目し、研究を行った。

2. 研究の目的

種子の乾燥耐性は散布から発芽・定着までの生存に関わる重要な形質であると考えられるが、その環境適応の実体については知見が限られている。本研究では長命で固着性の生活史を示す樹木種において種子における乾燥耐性の重要性を明らかにするために、(1) まず様々な分類群に属する樹木種子の乾燥耐性を種間で比較し、種子の形態的な特徴から乾燥耐性の程度を予測する高精度の推定モデルを作成することを目指した。次に、このモデルを活用し、(2) 様々な気候帯にまたがり広範囲で生育する樹種に着目し、種子の乾燥耐性と発芽タイミングを同種の集団間で比較し、生育地の環境要因(降水量、気温など)との関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 種子の形態的な特徴を用い種子の乾燥耐性の予測

国内に生育する様々な樹木種の種子の乾燥耐性について既報論文での報告と実際に乾燥耐性実験を行うことで調べた。具体的には種子を採取し、乾燥処理を施した種子と同期間乾燥させなかった種子で発芽率や生存率を比較した。また、先行研究に倣い種子の形質として種子の乾燥重量と種皮の厚さの指標である乾燥重量に対する種皮の重さの割合 (seed coat ratio; SCR) を計測し乾燥耐性との関係を調べた。さらに、母樹の生育地の気象条件を考慮し、モデルの改良を試みた。

(2) 種子の形質・発芽の種内変異と環境要因との関係

国内に広く分する樹種(ウワミズザクラ、アカマツなど)について複数集団から種子を採取し、種子の乾燥耐性に関わる乾燥重量や SCR を計測し、集団間で比較した。また、これらの形質と生育地の環境要因(気温や降水量)との関係を調べた。

4. 研究成果

(1) 種子の形態的な特徴を用い種子の乾燥耐性の予測

国内に生育する様々な樹木の種子を用いて種子形質から乾燥耐性を予測するモデルを作成し、このモデルを活用し種子特性の種内変異を調べた結果、気象要因との関係が明らかとなり環境適応の可能性が示唆された。150 種を超える樹種について種子の形質を計測した。これらの樹種について既報モデルで乾燥耐性の推定を行い、データベースや乾燥実験から得られた実際の乾燥耐性の情報と比較を行った。多くの樹種については推定が可能であったが、推定できなかった樹種もあったことから(図 1)、生育地の気象要因を考慮し、一般化線形モデルを活用して推定精度の向上を検討した(表 1)。なお、この研究で計測した 129 樹種の種子の収穫時期や膨大な個々の形質データは生態学的にも進化学的にも貴重なデータであることから、計画当初は予定していなかったがデータペーパーとしてまとめ、森林科学に関わる様々な研究で活用できるよう公開した。

(2) 種子の形質・発芽の種内変異と環境要因との関係

国内に広く分布するウワミズザクラ等の樹種について、種子特性の地理的変異を明らかにした(図 2)。また、種子の乾燥重量と年平均気温の間には相関がみられ、環境適応が示唆される結果を得た。

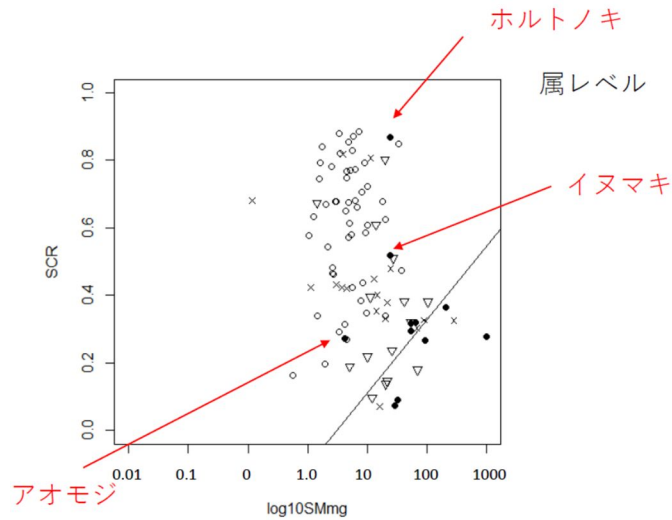


図1. 種子の乾燥重量 (log スケール) と SCR (乾燥重量に対する種皮の重さの割合) の関係を用いた乾燥耐性の推定式 (Daws et al. 2006 を参照). 実践の左上が乾燥耐性あり、右下がなしと推定される領域を示す. 判例は○, 乾燥耐性有り; ●, 乾燥耐性無し; ◻, 中間形質; ×, 乾燥耐性不明. 乾燥耐性の無い種子でありながら左上の乾燥耐性が有ると推定された領域に推定された樹種が存在した (アオモジ、ホルトノキ、ホルトノキ).

	飽和モデル	最良モデル
年平均気温	-216.8	-1.4
年降水量	0.6	
最深積雪量	-9.1	
種子の扁平率	-741.6	
SCR	846.8	16.4
種子重	-148.2	

表1. 乾燥耐性を目的変数、採取地の気象条件と種子の形質を説明変数とした一般化線形モデルの回帰変数.

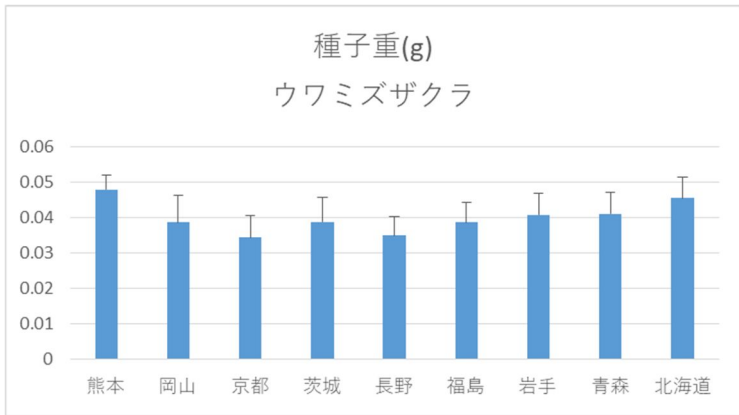


図2. ウワミズザクラ 9 集団の種子形質 (乾燥種子重). 乾燥重量は集団間で異なっていた.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kimura Megumi K., Mizuki Inoue, Kawamura Ryoma, Koike Misato, Furumoto Ryo, Kusumoto Buntarou, Fuji Akinori, Kubota Yasuhiro, Enoki Tsutomu	4. 巻 35
2. 論文標題 Seed size and weight of 129 tree species in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Research	6. 最初と最後の頁 787 ~ 791
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/1440-1703.12139	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 木村恵
2. 発表標題 小笠原諸島に生育する樹木種子の乾燥耐性
3. 学会等名 森林遺伝育種学会木第11回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村恵
2. 発表標題 小笠原諸島に生育する樹木の種子は長期保存が可能か
3. 学会等名 第70回日本生態学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 KIMURA Megumi
2. 発表標題 Desiccation tolerance of seeds and germination characteristics of tree species growing in the Ryukyu Islands, Japan.
3. 学会等名 Australasian Seed Science Conference（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村恵, 小池みさと, 井上みずき, 川村遼馬, 古本良, 楠本聞太郎, 藤彰矩, 久保田康裕, 榎木勉
2. 発表標題 国内樹木種74属114種の種子形質とそれを用いた種子の乾燥耐性予測
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<ul style="list-style-type: none"> ・木村恵: 林木ジーンバンクに保存された種子の形質データの公開, 林木育種情報, 35:6, 2020.11 https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/issue/documents/35-5.pdf ・木村恵: 国際会議AUSTRALASIAN Seed Science Conference 2021 への参加報告, 森林遺伝育種, 11(2):104-106, 2022.04 https://doi.org/10.32135/fgtb.11.2_104 ・シンポジウム「種子・孢子・組織培養を使った保全フォーラム: 小笠原の絶滅危惧種に注目して」(2022年12月19日、オンライン、植物園協会会員および小笠原の希少種保存に関わる一般市民など) http://www.syokubutsuen-kyokai.jp/introduction/uploaded/officeinfo/00131_01.pdf ・木村恵、玉城聡: 「種子・孢子・組織培養を使った保全フォーラム: 小笠原の絶滅危惧種に注目して」を開催しました, 林木育種の現場から, 2023.1 https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/gyoumusyoukai/genba/r4nendo/documents/r5_0131.pdf
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	井上 みずき (Inoue Mizuki) (80432342)	日本大学・文理学部・准教授 (32665)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------