

平成 30 年 5 月 22 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18817

研究課題名(和文) 海浜植生の生物多様性保全に向けた絶滅危惧植物数種における発芽・定着機構の解明

研究課題名(英文) Study of seed germination traits and seedling establishment process of some threatened dune plant species for biodiversity conservation of coastal dune vegetation

研究代表者

黒田 有寿茂 (Kuroda, Asumo)

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・講師

研究者番号：30433329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：海浜生の絶滅危惧植物数種における発芽・定着機構を明らかにし、その効果的な域内保全・域外保全の方法を提言することを目的に、環境省レッドリストに挙がっているイソスミレなどを主な対象に、種子発芽試験のほか、フェノロジーの観察やベルトトランセクト調査などの野外調査を行った。その結果、種子の休眠・発芽特性、埋土種子形成能力、海流散布能力、発芽・初期成長における堆砂耐性、種子保存の可能性、砂質海岸の汀線-内陸傾度における出現位置など、絶滅危惧海浜植物の域内保全・域外保全に係る具体的方法の立案ならびに留意事項の整理に役立つ有益な知見を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：To clarify the environmental requirements and propose effective conservation measures for the threatened dune plant species, a study was conducted on germination along with field observations, phenology, and belt-transect survey. The results of the study provided valuable knowledge useful for planning conservation measures of the threatened dune plant species, including seed dormancy and germination, capability to form persistent soil seed banks, thalassochory potential, tolerance for sand burial during germination and the early growth period, possibility of seed storage, and distribution patterns along the shoreline-inland gradients in the sandy coasts.

研究分野：植物生態学 保全生態学 植生学

キーワード：海浜植生 生物多様性保全 絶滅危惧植物 種子発芽特性 域内保全 域外保全

1. 研究開始当初の背景

日本列島は 6800 余の島からなり、海岸線の総延長は約 32800 km におよぶ(環境庁自然保護局 1994)。これらの海岸線は、亜熱帯から亜寒帯にかけての広い気候帯にまたがり、多様な海岸地形を形成している。また、海と陸との境界部にあたる海岸域には、砂浜、砂丘、礫浜、岩場、断崖、塩湿地などの様々な立地がみられ、その多様性に応じ、種組成や構造の異なる様々なタイプの植生が成立している。澤田ほか(2007)は、これら海岸域に特有の立地を主な生育地とし、それ以外の立地にはほとんど出現しない在来の維管束植物を海岸植物と定義し、その該当種として 64 科 280 種(亜種、変種、品種を含む)を抽出した。これは国内に分布する維管束植物種の約 4%に相当する。海岸域は大きなスケールでみれば線状であり、国土全体に占める面積も小さいが、特異で多様な種が集中的に分布する、国内の生物多様性保全上、重要な環境といえる。

このような重要性にも関わらず、自然性を保った海岸域は、特に 1960 年代の高度経済成長期以降、急激に減少してきている。その要因は、人工護岸化、埋め立てといった人為改変である。環境庁自然保護局(1994)によると、全国の海岸(汀線)の区分比率は、自然海岸が 55.2%、半自然海岸が 13.6%、人工海岸が 30.3%となっており(ほか河口部が 0.8%)、何らかの人為改変を加えられた海岸がほぼ半数に達している。自然海岸の減少と人工海岸の増加の傾向は、近年鈍化しつつあるものの、現在でも認められている。そして、海岸域の立地の中でも、特に改変されやすいのが砂浜・砂丘である。都市部やその近郊では、各種の開発により、砂浜・砂丘そのものがほとんど消失している。また、自然性をとどめた砂浜・砂丘であっても、実際にはその多くが海水浴場などレクリエーションの場として利用されており、商業施設の建設、観光客による踏みつけなど、多かれ少なかれ人為干渉を被っている。近年では、四輪駆動車の走行により植生が破壊されるなど(佐々木ほか 2002)、深刻な問題も見受けられる。このような状況を受け、国内では多くの海浜植物(ここでは砂浜・砂丘生の植物の意)が存続の危機にさらされており(澤田ほか 2006、2007)、その保全は、海岸域における生物多様性と生態系機能の維持にあたり、急務の課題となっている。

海浜植物の保全に向けては、まず第一に、砂浜・砂丘の自然条件(面積、海岸線延長、標高、奥行きなど)や人為条件(入り込み客数、周辺の改変程度など)と、海浜植物の種多様性や出現傾向の関係を明らかにし、それらの属性を左右する要因を抽出する必要があると考えられる。申請者はこのような視点から、山陰海岸国立公園とその周辺を調査地として研究を進め、海浜植物の種多様性は、砂浜・砂丘の面積、海岸線延長、標高などと正

の相関関係をもち、これらの属性が大きいほど高いこと、海浜生の絶滅危惧植物の出現は、砂浜・砂丘の面積や海岸線延長と正の相関関係をもつほか、周辺の改変程度と負の相関関係をもち、開発により消失しやすいこと、海浜植物の保全には、空間的に大きく自然性の高い砂浜・砂丘の保護が第一に重要であり、そのような砂浜・砂丘の縮小、分断、平坦化は、ハビタットの減少・劣化を通じ、地域スケールでの種多様性の低下、植物相の単純化につながることを明らかにした(Kuroda & Sawada 2014)。

一方、海浜植物の保全を進めていくためには、空間的に大きく自然性の高い砂浜・砂丘を保護するだけでは不十分である。それは、海岸域では突発的かつ大規模な自然攪乱や人為攪乱(台風時の高潮、災害防除のための工事など)がしばしば発生し、そのような攪乱が生じた場合、個体群サイズの小さい海浜生の絶滅危惧植物は消失するリスクが高いからである。そのため、絶滅危惧植物の保全に向けては、セーフサイトの創出や種子保存といった域内保全・域外保全の具体策を積極的に講じていく必要がある。そして、そのような具体策を立案、実施していくためには、種子の休眠・発芽特性や実生の成長特性に関する情報を収集し、その発芽・定着機構を明らかにすることが必要である。しかし、海浜生の絶滅危惧植物に関し、そのような知見はほとんどないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、海浜生の絶滅危惧植物数種を主な対象に、その発芽・定着機構を明らかにすることを目的に、以下の項目について調査・解析を行う。

(1) 種子の休眠・発芽特性

特に温度条件に着目して種子の休眠・発芽反応を調べ、その季節性を明らかにする。また、絶滅危惧植物における種子保存の可能性とその効果的な保存方法について検討する。

(2) 埋土種子形成能力

種子が1年以上砂中に埋まった後でも発芽能力を保持するか検証する。

(3) 海流散布能力

種子が海水に長期間浮遊するかどうか、また、海水接触後も発芽能力を保持するか検証する。

(4) 発芽・初期成長における堆砂耐性

砂の堆積が種子の発芽や実生の成長に及ぼす影響を明らかにする。

(5) 自然条件における実生の発生・消長過程

砂浜・砂丘における実生の発生・消長過程をモニタリングし、セーフサイト特性について検討する。

以上の結果をもとに、絶滅危惧植物の効果的な域内保全・域外保全の方法を提言すると共に、海浜植生の生物多様性保全に配慮した再生・復元事業のあり方について考察する。

3. 研究の方法

(1) 種子の採集とフェノロジーの観察

全国的・地域的に減少傾向にある絶滅危惧の海浜植物数種の種子（果実も含む）を採集した。採集地は山陰地方東部（鳥取県、兵庫県、京都府の日本海側）を中心とした。採集と合わせ、京都府京丹後市の砂質海岸において普通種も含めた海浜植物各種のフェノロジー（開葉、開花、結実、種子散布など）を観察・記録した。

(2) 種子の休眠・発芽特性に関する試験

種子の休眠・発芽特性を明らかにするために、恒温器・変温器を使用して発芽試験を行った。休眠特性については、一次休眠の有無、休眠種子における休眠打破の要件などを調べた。発芽特性については、非休眠種子の発芽可能温度域、変温要求性、光要求性などを調べた。これらの結果から、休眠解除に必要な前処理の方法、最大の発芽率が得られる温度・光条件、発芽反応が収束するまでの期間などを明らかにし、後述の埋土種子形成能力に関する試験、海流散布能力に関する試験、種子保存の可能性に関する試験で適用した。この試験は環境省レッドリストで絶滅危惧種に指定されているイソスミレを対象に行った。

(3) 埋土種子形成能力に関する試験

埋土種子形成能力の有無を検証するために、一定期間埋土処理を行った後、種子を取り出し、発芽試験を行った。まず種子を入れたメッシュ袋を砂浜・砂丘の地表下約40cmに埋めた。埋土場所には杭を立て、異常がないか定期的に確認した。一定期間経過後、メッシュ袋を回収し、種子を取り出して生残・死亡状況を確認した後、休眠解除に必要な前処理を施し、発芽試験を行った。埋土処理の実施場所は京都府京丹後市の海岸域とした。この試験はイソスミレを対象に行った。

(4) 海流散布能力に関する試験

海流散布能力の有無を調べるために、まず浮遊能力試験を行った。この試験では、NaCl水溶液に種子を入れ攪拌し、数日おきに定期的に浮遊の有無を確認した。また、海水接触後も発芽能力を保持しているか調べるために、浮遊試験に使用した種子を対象に、発芽試験・播種試験を行った。発芽試験はイソスミレを対象に、播種試験は県版レッドリストの多くで絶滅危惧種に指定されているスナビキソウ、ナミキソウなど数種を対象とした。

(5) 種子保存の可能性に関する試験

種子保存の可能性を調べるために、種子をいくつかの保存条件（複数の温度条件および容器タイプ）で保管し、発芽試験を行った。温度条件については室温、低温（約4℃）容器タイプについては紙封筒、プラスチックボトル、アルミパック（抜気封入処理）とした。一定の保存期間後、種子を取り出し、休眠解除に必要な前処理を施した後、発芽試験を行った。この試験はイソスミレを対象に行った。

(6) 発芽・初期成長における堆砂耐性に関する試験

砂を入れた鉢に種子を様々な深さで播種し、発芽状況（地表への出芽状況）を記録した。また、ポットで育成した実生に様々な厚さで砂をかぶせ、その後の生存状況（地表への出芽状況）を記録した。この試験はイソスミレを対象に行った。

(7) 汀線 - 内陸傾度における絶滅危惧海浜植物の出現位置（ベルトトランセクト調査）

砂浜・砂丘における絶滅危惧植物の生育立地特性を明らかにするために、汀線 - 内陸方向に幅2mのベルトトランセクトを設置し、2m×2mのコードラートに区分した後、各コードラートで植生調査を行った。当初は各コードラートで実生の発生・消長過程をモニタリングする予定であったが（研究の目的(5)参照）、ラベル取り付けなどの作業が予想以上に難航し、一定の成果が得られない可能性が出てきたため、ベルトトランセクトの設置本数を増やした上での植生調査に変更した。ベルトトランセクトの実施場所は絶滅危惧植物が多く出現すると予想されたイソスミレの生育する比較的自然性の高い砂質海岸（近畿、北陸、東北、北海道の日本海側および東北、北海道の太平洋側）を対象とした。

4. 研究成果

(1) 種子の採集とフェノロジーの観察

イソスミレのほか、スナビキソウ、ウンラン、ハマベノギクなど絶滅危惧植物数種の種子を採集した。また、普通種も含めた海浜植物各種の生育状態を観察し、約20種の基本的なフェノロジーを把握した。

(2) 種子の休眠・発芽特性

イソスミレの種子を対象に、前処理（冷湿処理）の有無や複数の温度・光条件を設定して発芽試験を行い、条件間で最終発芽率を比較した結果、本種の種子は、散布直後は休眠状態にあり、その解除には冷湿処理を必要とすること、非休眠種子は高い温度条件下では発芽率がやや低く、若干の変温要求性をもつこと、同一の温度条件では明暗交代条件より暗条件でよく発芽することが示された。これらの結果から、野外の自然条件において春季から秋季にかけて散布されたイソスミレの種子は、冬季の低温湿潤により休眠解除され、春季の気温の上昇および変動に応じ発芽していることが示唆された。また、暗条件でよく発芽したことから、自然条件においてもやや浅く砂中に埋まった種子が良好に発芽すると考えられた。

(3) 埋土種子形成能力

埋土処理（埋土処理期間：583日間、789日間）したイソスミレの種子を取り出したところ、付属体（エライオソーム）が失われていた他は形態に大きな変化はなく、どの種子にも大きな損傷は確認されなかった。また、取り出した種子のほぼ全てが発芽した。これらの結果から、イソスミレは種子が砂中深く

に埋もれた場合には永続的な埋土種子集団（一年以上埋土された条件下で発芽能力を保持する種子集団）を形成する可能性のあることが示唆された。

(4) 海流散布能力

イソスミレの種子を NaCl 水溶液に入れ攪拌したところ、2 日目にほぼ全ての種子が沈下した。また、30 日間 NaCl 水溶液に接触させたものと無処理のものとの最終発芽率を比較したところ、接触させたものは無処理のものと比較して低かった。このような浮遊能力の低さならびに NaCl 水溶液接触後の発芽率の低さから、本種の種子が海流・潮流により長距離散布される可能性は低いことが示唆された。また、数日間 NaCl 水溶液に接触させたものと無処理のものとの最終発芽率を比較したところ差は認められなかった。この結果から、高潮の際に生じうる海水への短期間の接触は本種の種子の発芽に影響を及ぼさないと考えられた。

また、スナビキソウ、ナミキソウ、ウンラン、ハマベノギクなどを対象に浮遊能力試験と播種試験を行った結果、海流散布能力は種間で異なることがわかった（前3種の種子は海流・潮流により長距離散布される可能性があるが、ハマベノギクの種子はその浮遊能力の低さから海流散布される可能性は低いことがわかった）。

(5) 種子保存の可能性

イソスミレの種子を異なる保存条件で一定期間保管したのち（保管期間：580 日間、849 日間）最終発芽率を比較したところ、室温と低温のいずれの温度条件下においても紙封筒で保管したものは全く発芽が認められず、プラスチックボトル、アルミパックで保管したものは 75-90% 程度の発芽率を示した。これらの結果から、保管時の湿度変動が種子の発芽能力にマイナスに影響することが示唆されたほか、プラスチックボトルやアルミパックを用いた保管であれば少なくとも2年は種子保存が可能であることが明らかとなった。

(6) 発芽・初期成長における堆砂耐性に関する試験

播種したイソスミレの種子の発芽状況（地表への出芽状況）を比較したところ、1 cm の深さの堆砂で約 45%、5 cm の深さの堆砂で約 60% の種子が発芽した。一方、15 cm の深さの堆砂では発芽が全く認められなかった。これらの結果から、数 cm の浅い堆砂はあまり影響しないが、10 cm を超えるような堆砂は発芽を妨げることが示唆された。また、育成した実生に砂をかぶせ、その後の生存状況（地表への出芽状況）を比較したところ、1 cm の厚さの堆砂で 100%、5 cm の厚さの堆砂で 80% の個体が生存した。一方、15 cm の厚さの堆砂ではいずれの個体も死亡した（地表への出芽が認められなかった）。これらの結果から、数 cm の浅い堆砂はあまり影響しないが、10 cm を超えるような堆砂は実生の初期成長

を妨げることが示唆された。

(7) 汀線 - 内陸傾度における絶滅危惧海浜植物の出現位置

ベルトトランセクト調査の結果、海浜植生の植物群落はおおよそ打ち上げ帯、草本帯、矮低木帯、低木帯に区分され、絶滅危惧植物の出現位置は種間で異なることがわかった。例えば、スナビキソウは打ち上げ帯の後部から草本帯の前部、ナミキソウは矮低木帯の前部を中心に出現する傾向が認められた。また、イソスミレは草本帯の後部から矮低木帯の前部を中心に出現する傾向が認められた。

(8) まとめ

研究期間全体を通じて得られた一連の結果から、特に環境省レッドリストで絶滅危惧種に指定されているイソスミレについて、域内保全・域外保全方法の提言につながる知見を得ることができた。例えば、埋土種子形成能力に関する試験の結果から、本種が絶滅した砂質海岸でも埋土種子集団から地上の個体群が再生する可能性があること、海流散布能力に関する試験の結果から、陸域を挟んだ砂質海岸間で海流散布を介した種子分散が生じる可能性は低く、それゆえ本種の保全には各地域個体群の保全が不可欠であること、種子保存の可能性に関する試験の結果から、種子は湿度変動を避けることで少なくとも数年は保存可能であり、保存種子を用いた個体群の再生・創出が実施可能であること、堆砂耐性に関する試験やベルトトランセクト調査の結果から、本種は砂の移動が中程度に生ずる半安定帯的なエリアの立地環境に適応的であり、その保全には、砂がある程度移動する動的な立地環境や汀線 - 内陸傾度における植生および成帯構造の連続性を保つことが重要であること、などが示唆された。また、イソスミレ以外の絶滅危惧海浜植物についても、海流散布能力や汀線 - 内陸傾度における出現位置などを明らかにすることができ、域内保全・域外保全方法の立案に役立つ有用なデータを得ることができた。これらの知見・データが絶滅危惧海浜植物の保全ならびに海浜植生の生物多様性保全につながるよう、今後は学術論文の発表と共に、行政や事業者への助言、学校や市民団体向けの講座の実施などを進めていきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Kuroda, A., Tetsu, S., Vegetation zonation and distribution of threatened dune plant species along shoreline-inland gradients on sandy coasts in the eastern part of the San'in region, western Japan, *Vegetation Science*, 査読有、34 巻、2017、23 - 37
DOI :
<https://doi.org/10.15031/vegsci.34.23>

鐵慎太郎、黒田有寿茂、石田弘明、絶滅危
惧種トウテイラン（オオバコ科）の分布・
生育立地と現存個体数、植物地理・分類研
究、査読有、65 巻、2017、69 - 75

〔学会発表〕(計 3 件)

黒田有寿茂、藤原道郎、澤田佳宏、服部 保、
瀬戸内地方における海浜植物ウンランの
保全・再生の可能性 - 植生調査、植栽試験、
種子発芽試験による評価、植生学会第 21
回大会、2016 年 10 月

Tetsu, S., Kuroda, A., Ishida, H., Habitat
conditions of the endangered species
Veronica ornata (Plantaginaceae) in the
Tango Sand Dune, Kyoto, Japan、59th
Annual Symposium of the International
Association for Vegetation Science、2016
年 6 月

黒田有寿茂・鐵慎太郎、山陰海岸東部にお
ける砂浜・砂丘植生の成帯構造と希少海浜
植物の出現位置、第 63 回日本生態学会大
会、2016 年 3 月

6 . 研究組織

(1)研究代表者

黒田有寿茂 (KURODA, Asumo)

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・

講師

研究者番号：3 0 4 3 3 3 2 9