

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24780027

研究課題名(和文) 海岸植生の生物多様性保全に向けた管理体系の構築 - 山陰海岸国立公園を事例に

研究課題名(英文) Conservation measures for biodiversity in sandy coasts: A case study in the San'in Kaigan National Park, western Japan

## 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) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：海岸域の生物多様性に及ぼす自然・人為的条件の影響を明らかにし、その保全に向けた管理手法について検討することを目的として、山陰海岸国立公園とその周辺の海岸域(砂浜・砂丘域)を対象に、植物相、面積等の物理的特性、周辺の土地利用区分、管理・利用状況等を調査した。解析結果から、海岸植物ならびに海岸植生の保全には、(1)空間的に規模の大きい砂浜・砂丘域の保護が第一に重要であり、その縮小や扁平化を避けること、(2)各砂浜・砂丘域において海水浴等に供するエリアを明確に区分し、多様な海岸植物の生育するエリアに立入等の人為攪乱が過度に及ばないように図ること、が重要であることを示した。

研究成果の概要(英文)：For planning effective conservation measures for coastal plants on a regional scale, knowledge on the major factors influencing species richness is essential. In the sandy coastal sites in and around the San'in Kaigan National Park, I recorded all plant species established on each of the 46 sandy coastal sites within the study area. Generalized linear model analysis was used to examine the effects of environmental variables on the species richness and the presence/absence of individual native coastal plants in the sandy coastal sites. The results suggested that larger sandy coasts with more developed sand dunes have greater species richness of coastal plants, and that the preservation of such sandy coastal sites is primarily important for promoting the conservation of coastal plants on a regional scale. The reduction and leveling of sandy coasts significantly decreased the species richness of coastal plants dependent on the coastal environment for their survival and establishment.

研究分野：植物生態学、植生学、保全生態学

キーワード：海岸植生 海岸植物 生物多様性 保全管理

## 1. 研究開始当初の背景

日本列島は 6800 以上もの島からなり、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、礫浜、岩場、断崖、塩湿地などの様々な立地がみられ、その多様性に応じて、種組成や構造の異なる様々なタイプの海岸植生が成立している。近年、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約 8000 種の約 4%に相当する(澤田ほか 2007)。海岸域は大スケールで見れば線状であり、国土全体に占める面積は小さいが、その狭小さの割に多様な植物種が依存し生育する貴重な立地といえる。

このように海岸域は日本の生物多様性を支える重要な立地であるが、自然状態を保った海岸域は、特に 1960 年代の高度経済成長期以降、高潮対策のための人工護岸化、工場用地の確保のための埋め立てといった人為的改変により、海岸植生を含めて急激に減少している。環境庁自然保護局(1994)によれば、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%)、何らかの人為的改変を加えられた海岸がほぼ半数に達している。自然海岸の減少および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。また、自然海岸であっても良好な自然状態が保たれているものは必ずしも多くない。実際には自然海岸の多くが海水浴場をはじめとしたレクリエーションの場として利用されており、その海岸植生は大なり小なり人為的影響を被っている。観光客による踏みつけ、駐車場の整備、商業施設の建設、そしてそれら的人為的インパクトに伴う外来植物の侵入・繁茂など、生物多様性・生態系の劣化が進行している自然海岸も多く見受けられる。さらに近年では、四輪駆動車の走行が海岸植生を広域に破壊するなど(佐々木ほか 2002)問題は深刻化している。

このような状況を受け、国内では多くの海岸植物が存続の危機にさらされている。前述の澤田ほか(2007)は、選定した海岸植物 280 種の絶滅危惧の現状をレッドデータブック(環境庁自然保護局野生生物課 2000)と照合し、約 30%にも相当する 83 種が絶滅危惧種に該当することを示した。海岸植物ならびに海岸植生の保全は、国内の生物多様性保全上、重要な課題といえる。この課題に対しては、多くの海岸域において海岸植物の生育状況や海岸植生の組成・構造を把握し、海岸域をとりまく自然・人為的条件との関係を解析す

ることによって、海岸域の生物多様性に影響する要因を明らかにしていくこと、これらの結果にもとづき、海岸域の規模と特性に応じた目標像を設定し、順応的に管理を進めていくことが有効と考えられる。しかし、このような視点にもとづいた研究は、淡路島および大阪湾沿岸域の砂浜を対象とした押田・上甫木(2001、2003、2004)に限られており、情報は極めて少ない。また、砂浜以外の多様な立地を含め、海岸植生の生物多様性を総合的に調査・解析した研究はみられない。

生物多様性保全への配慮が必要とされる一方、海岸域はそのアメニティー機能の充実に求められている。海岸域は古来より人の生活の場として利用されてきたほか、景勝地・保養地といった憩いの場としても積極的に活用されてきた。海岸域の観光資源としての重要性は、地域活性化やレクリエーションの多様化といった面から近年さらに高まっている。このような中、松島ほか(2000)および松島(2009)は、海岸域の適正な利用に向けては、まず利用者の特性や問題意識を把握することが重要であることを指摘している。今後、海岸域のもつアメニティー機能を維持しつつ、海岸植生の生物多様性保全を進めていくためには、利用者の実態を踏まえ、さらに地域社会の中で情報共有・合意形成を図りながら、適切かつ実施可能な管理手法を検討していくことが必要である。

## 2. 研究の目的

(1) 海岸域の自然・人為的条件が海岸植生の種多様性に及ぼす影響

海岸域の物理的特性や利用管理状況といった、海岸域をとりまく自然・人為的条件が海岸植生の種多様性に及ぼす影響を明らかにする。

(2) 海岸植生の成帯構造と絶滅危惧植物の出現位置

種多様性の高い海岸植生に着目し、その成帯構造(汀線から内陸に向かって群落構造や優占種が変化し、帯状に配列する構造)を明らかにするとともに、汀線 - 内陸傾度における絶滅危惧植物の出現位置を明らかにする。

(3) 海岸域における生物多様性保全のための管理手法

夏期の入込客数、海岸域の活用計画等の情報を収集し、地域の現状やニーズを把握する。

(1)(2)(3)の結果から、海岸域の生物多様性を左右する要因を抽出するとともに、海岸域における生物多様性保全のための管理手法についてとりまとめる。なお研究開始当初は様々なタイプの海岸植生(海浜植生、海岸風衝地植生、海岸断崖地植生等)を対象に調査・解析を進めていく予定であったが、海岸風衝地植生、海岸断崖地植生については踏査および調査に想定以上の時間がかかり、

十分なデータ量を研究期間内に収集することが困難と見込まれたため、これらの植生タイプについては参考データの収集にとどめ、十分なデータ量が収集でき、成果が期待できる海浜植生（砂浜・砂丘域に成立する植生）を重点的な調査・解析対象とし、研究を推進した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 調査対象および調査地

山陰海岸国立公園とその周辺の砂浜・砂丘域および海浜植生を調査対象とした。予備調査によりアクセス等を確認し、合計 46 箇所の調査地を選定した。調査地は京都府京丹後市・兵庫県豊岡市・美方郡香美町・美方郡新温泉町、鳥取県岩美郡岩美町・鳥取市にまたがる。なお同国立公園を調査地とした理由は、同様の気候条件下に空間的規模や自然性の異なる海浜植生が適当数存在し、本研究課題の調査地として適し、結果の敷衍性も高いと判断されること、予備調査を通じ現場状況の把握や関係機関との調整が進んでおり、研究の推進体制が整っていること等を理由としている。

#### (2) 植物相調査

各調査地を隈なく踏査し、出現した維管束植物を記録した。調査は 2012 年の夏期（7 月および 8 月）に行った。

#### (3) 土地利用区分の調査

砂浜・砂丘域および海浜植生に隣接する土地利用区分を地形図上に記録した。土地利用区分は、海岸低木林、クロマツ植林、人工構造物（護岸、駐車場、建築物等）等とした。記録は植物相調査と並行して行った。

#### (4) 水準測量

調査地において水準測量を行い、砂浜・砂丘域の標高（最大標高）を求めた。測量は 2013 年 8 月および 9 月に行った。

#### (5) 砂の採取および粒径分析

各調査地の 5 箇所において表層土壌である砂を約 400-500 g ずつ採取した。採取後、砂を実験室に持ち帰り自然乾燥させた。自然乾燥後、砂をステンレス製の分析ふるい（直径：150 mm、目の開き：2、1、0.5、0.25、0.125、0.063 mm）でふるい、7 段階の粒径クラスに分け、それぞれの重量を測定した。これらのデータから粒径累積曲線を作成し、中央粒径を求めた。砂の採取は 2012 年 12 月に行った。

#### (6) ヒアリング調査

市町を対象に夏期の入込客数や管理状況に関するヒアリング調査を行った。46 調査地中 34 調査地についてデータを取得した。ヒアリング調査は 2013 年に行った。

#### (7) ベルトトランセクト調査

植物相調査の結果、特に高い種多様性を保持していることがわかった京都府京丹後市の調査地（琴引浜、箱石浜海水浴場、平海水浴場）を対象に、ベルトトランセクト調査を行った。汀線から内陸の海岸低木林または植林にかけ 2 m 幅のベルトを設置した後、ベルトを 2 m×2 m のコドラートに区分し、各コドラートで植生調査を行った。植生調査では植生の高さや植生率、出現種の被度を測定・記録した。また、10 m 間隔で水準測量を行い、汀線 - 内陸傾度における地形変化を把握した。調査・測量は 2014 年 9 月および 10 月に行った。

#### (8) データ解析

##### 出現種の分類

植物相調査で確認された種を在来種と外来種に分類した。外来種の抽出は村中（2002）に従って行った。次に在来種を海岸植物と内陸植物に分類した。海岸植物は海岸域特有の環境（砂浜、砂丘、海岸崖地、塩湿地等）に生育し、それ以外の環境にはほとんど出現しない植物であり、その基準は澤田ほか（2007）に従った。内陸植物は海岸植物以外の在来植物とした。次に在来植物から絶滅危惧植物を抽出した。絶滅危惧植物は環境省のレッドデータブック（環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室 2015）に掲載されている種および 3 府県のレッドデータブック（京都府企画環境部環境企画課 2002；兵庫県農政環境部環境創造局自然環境課 2010、鳥取県生活環境部公園自然課 2012）のうち 2 府県以上に掲載されている種とした。海岸植物についてはラウンケアの生活形およびハビタットタイプの分類も行った。前者は宮脇（1994）、後者は澤田ほか（2007）に従った。なお出現種のとりまとめと分類は、研究期間以前の 2011 年の秋季（9 月および 10 月）に収集した植物相調査の結果も加えて行った。

##### 相関係数の算出

環境要因間でスピアマンの順位相関係数を求めた。変数は砂浜・砂丘域の面積、汀線の長さ、幅、標高、中央粒径、分断化の程度、夏期の入込客数である。面積、訂正の長さ、幅は数値地図 25000（国土地理院 2007）を用い、その砂礫地を対象に算出した。分断化の程度は、海浜植生の内陸側が人工構造物により分断されている割合から次のように 4 段階で評価した：1、分断率 0-25%；2、分断率 25-50%；3、分断率 50-75%；4、分断率 75-100%。夏期の入込客数に関し、12 調査地については市町により集計されておらずデータを取得することができなかった。そこで取得した 34 調査地のデータを用い、入込客数を応答変数、環境要因を説明変数とする一般化線形モデルを作成し、AIC（赤池情報量基準）が最小となるモデルからデータ未取得の各調査地の入込客数を推定した。なお面積については汀線の長さや幅と強い相関が認められたた

め説明変数から除外した。

面積が種多様性（調査地あたりの種数）に及ぼす影響

調査地あたりの種数を応答変数、面積を説明変数とする一般化線形モデルを作成した。このモデルを切片のみの null モデルと比較し尤度比検定を行うことで、面積が種多様性に及ぼす影響について検討した。調査地あたりの種数は全種、外来種、海岸植物、内陸植物、絶滅危惧植物ごとに求めた。

環境要因が種多様性に及ぼす影響

調査地あたりの種数を応答変数、環境要因を説明変数とする一般化線形モデルを作成した。AIC の小さい 5 モデルにおけるパラメータ（係数）の正負等から各環境要因が種数に及ぼす影響について検討した。なお面積については汀線の長さや幅と強い相関が認められたため説明変数から除外した。

環境要因が海岸植物の出現に及ぼす影響

各海岸植物の出現の有無を応答変数、各環境要因を説明変数とするロジスティック回帰の統計モデルを作成した。AIC が最小のモデルにおけるパラメータ（係数）の正負や null モデルとの比較による尤度比検定の結果から、各環境要因が海岸植物の出現に及ぼす影響について検討した。

海浜植生の成帯構造と絶滅危惧植物の出現位置

ベルトトランセクト調査で収集した調査区の汀線からの距離、地形条件、優占種、種組成等のデータをもとに、汀線 - 内陸傾度における絶滅危惧植物の出現位置と生育環境についてとりまとめた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 結果

###### 出現種

46 調査地において計 222 種を確認した。うち在来植物は 156 種、外来植物は 66 種であった。在来植物のうち海岸植物は 37 種、内陸植物は 119 種であった。

海岸植物をラウンケアの生活形で分類すると、微少地上植物が 3 種、地表植物が 1 種、半地中植物が 11 種、地中植物が 13 種、一年生ないし二年生植物が 9 種であり、半地中植物、地中植物、一年生ないし二年生植物が多かった。同じく海岸植物をハビタットタイプで分類すると、砂浜・砂丘生が 30 種、崖地生が 4 種、草原生が 2 種、塩湿地生が 1 種であり、砂浜・砂丘生が大部分を占めていた。

海岸植物のうち出現頻度 50% 以上の高頻度出現種は 11 種あり、出現頻度の高い順に、ハマヒルガオ、コウボウシバ、ハマニガナ、コウボウムギ、オカヒジキ、ハマゴウ、ハマダイコン、ハマボウフウ、ケカモノハシ、ハマニンニク、ツルナであった。

絶滅危惧植物は 11 種認められ、いずれも海岸植物であった。該当種は出現頻度の高い順に、スナビキソウ、ハマベノギク、ナミキソウ、オニシバ、ウンラン、ハマアカザ、ビ

ロードテンツキ、ハマウツボ、イソスミレ、ハマナス、トウテイランであった（同頻度の種もあり）。

環境要因間の相関係数

面積、汀線の長さ、幅、標高の間にはそれぞれ強いまたはやや強い正の相関が認められた。面積、汀線の長さ、幅および標高と入込客数の間にもやや強い正の相関が認められた。一方、幅および標高と分断化の程度の間にはやや強い負の相関が認められた。中央粒径は他のいずれの環境要因とも有意な相関は認められなかった。

面積が種多様性に及ぼす影響

尤度比検定の結果、面積は全種、在来植物、外来植物、海岸植物、内陸植物、絶滅危惧植物のいずれの調査地あたりの種数に対しても正の関係を示した。

環境要因が種多様性に及ぼす影響

モデル選択の結果、全体の傾向として、調査区あたりの種数に対して汀線の長さ、幅、標高、中央粒径および入込客数は正の関係を示し、分断化の程度は負の関係を示した。海岸植物に着目すると、汀線の長さや標高は 5 モデル全てに含まれ、いずれも係数は正であった。同様に幅、中央粒径および入込客数は 1 モデルに含まれ係数は正、分断化の程度は 1 モデルに含まれ係数は負であった。

環境要因が海岸植物の出現に及ぼす影響

モデル選択および尤度比検定の結果、いずれかの環境要因がその出現に対し正あるいは負の関係を示した海岸植物は 29 種認められた。絶滅危惧植物については 11 種のうちスナビキソウを除く 10 種が含まれていた。面積は 23 種のモデルに含まれ、係数はいずれも正であった。同様に汀線の長さは 24 種、幅は 20 種、標高は 23 種、入込客数は 14 種のモデルに含まれ、係数はいずれも正であった。中央粒径は 7 種のモデルに含まれ、係数は 6 種で正（1 種で負）であった。分断化の程度は 14 種のモデルに含まれ、係数はいずれも負であった。残りの海岸植物 8 種の出現に対してはいずれの環境要因も有意な関係は認められなかった。

海浜植生の成帯構造と絶滅危惧植物の出現位置

汀線に近く砂の移動が頻繁な不安定帯ではコウボウムギ、ハマヒルガオ等の出現頻度が高かった。内陸の砂の移動がほとんど生じない安定帯ではチガヤ、ハイネズ等が多かった。不安定帯と安定帯の中間に位置する半安定帯では主として、ケカモノハシ、カワラヨモギ等が優占していた。ハマゴウは不安定帯から安定帯にかけ広くみられた。絶滅危惧植物はその多くが半安定帯や安定帯に出現し、汀線に近い不安定帯ではほとんどみられなかった。ハマアカザとスナビキソウについては調査区で確認されなかったが、汀線に近い後浜に偏在して生育する傾向が植物相調査時に観察された。

## (2) 考察

海岸植物の調査区あたりの種数に対し、砂浜・砂丘域の面積は正の関係を示した。また面積は多くの海岸植物の出現に対しても正の関係を示した。これらの結果は島嶼や孤立林を対象とした研究事例と同様であった。この要因としては、1) 面積が大きいほど種子・果実が散布・漂着する機会が増え、定着の可能性が高まる、2) 面積が大きいほど個体数や占有面積の増加・増大の余地があり、存続の可能性が高まる、3) 面積が大きいほど環境条件の多様性や不均一性が増加し、環境要求性の異なる種の共存可能性が高まる、等が考えられる。大面積の砂浜・砂丘域は海岸植物の保全において特に重要であり、その縮小は縮小された砂浜・砂丘域における種多様性の低下だけでなく、地域スケールでの植物相の単純化にもつながると予想される。

海岸植物の調査区あたりの種数に対し、砂浜・砂丘域の幅、標高はいずれも正の関係を示した。ただし、標高はAICの小さい5モデル全てに含まれていた一方、幅は1モデルのみであった。これらの結果は、標高が幅よりも海岸植物の種多様性を左右する環境要因としてより重要であることを示唆している。言い換えれば、内陸に奥行のある砂浜・砂丘であっても、標高の小さい扁平な砂浜・砂丘では海岸植物の種多様性が低くなることを示している。この要因としては、1) 扁平な砂浜・砂丘では、海域由来の自然攪乱(潮風、海水飛沫等)がより内陸に及びやすく、これらに耐性の低い海岸植物の定着・生育が制限される、2) 扁平な砂浜・砂丘では立入等の人為攪乱が全面に及びやすく、個体数の少ない海岸植物が失われやすい、等が考えられる。発達した砂浜・砂丘域の扁平化は、その縮小と同様に種多様性の低下や絶滅危惧植物の消失を引き起こすと考えられる。

面積や標高が海岸植物の調査区あたりの種数や出現に対し正の関係を示したのに対し、分断化の程度はその逆の傾向を示した。ベルトトランセクト調査の結果、絶滅危惧植物の多くは不安定帯より内陸側の半安定帯や安定帯に集中して分布していた。半安定帯や安定帯は不安定帯と比較して居住地や耕作地により近く、開発や植林の対象となりやすいが、これらの人為的インパクトは多くの海岸植物の存続に負の影響を及ぼすといえる。矮小低木林を構成するハイネズやハイネズと混生して生育していたトウテイラン等、安定帯に偏在する海岸植物は、開発による消失の可能性が特に高い種といえる。

入込客数は海岸植物の調査区あたりの種数や出現に対し正の関係を示したが、これは入込客数の増加が海岸植物の定着や生育を促すというわけではなく、海岸植物の種多様性が高く、絶滅危惧植物が多く生育する大規模な砂浜・砂丘に観光客が多く集まるといふ事実を反映していると解釈するのが妥当である。実際、面積や汀線の長さを入込客数に

は正の相関が認められた。大規模な砂浜・砂丘域は人員収容力が大きいほか、景観的な魅力や駐車等における利便性が高いため入込客数が増えると推察される。このような状況下で海岸植物の保全を図っていくためには、砂浜・砂丘域において海水浴やレジャーに供するエリアを明確に区分し、多様な海岸植物の生育するエリアに立入等の人為攪乱が過度に及ばないように何らかの処置・規制を設けることが必要である。またこのようなゾーニングに向けては、保全を図るべき種多様性の高い海浜植生や絶滅危惧植物の分布域を海岸域ごとに調査・抽出していくことが必要である。

## <引用文献>

環境庁自然保護局、第4回自然環境保全基礎調査 海岸調査報告書 全国版、1994

澤田佳宏、中西弘樹、押田佳子、服部 保、日本の海岸植物チェックリスト、人と自然、17、2007、85-101

佐々木真二郎、近藤哲也、松島 肇、北海道石狩海岸における車両の走行が植生と土壌に及びず影響、日本緑化学会誌、28、2002、342-352

環境庁自然保護局野生生物課、改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 - レッドデータブック - 8 植物 (維管束植物)、2000

押田佳子、上甫木昭春、淡路島の海水浴場における海浜植物の種組成と砂浜面積、海浜の由来との関係、環境情報科学論文集、15、2001、227-232

押田佳子、上甫木昭春、大阪湾沿岸域における海浜植物の現状への影響要因の検討、ランドスケープ研究、66、2003、559-564

押田佳子、上甫木昭春、成帯構造からみた海浜植物の分布特性と海浜の利用に関わる要素との関係性に関する研究、ランドスケープ研究、67、2004、531-536

松島 肇、浅川昭一郎、愛甲哲也、北海道石狩浜における海岸利用者の景観に対する評価について、ランドスケープ研究、63、2000、789-794

松島 肇、北海道石狩海岸における管理形態の異なる砂浜海岸利用者の問題認識と利用管理について、ランドスケープ研究、72、2009、825-828

村中孝司、外来種リスト(維管束植物) 外来種ハンドブック(日本生態学会編)、2002、320-353

環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室、レッドデータブック 2014 - 日本の絶滅のおそれのある野生生物 - 8 植物 (維管束植物)、2015

京都府企画環境部環境企画課、京都府レッドデータブック 上巻 野生生物編、2002

兵庫県農政環境部環境創造局自然環境課、兵庫の貴重な自然 兵庫県版レッドデータブック 2010 (植物・植物群落)、2010

鳥取県生活環境部公園自然課、レッドデータブックとっとり 改訂版 - 鳥取県の絶滅のおそれのある野生動植物 -、2012

宮脇 昭、日本植生便覧 改訂新版、1994  
国土地理院、数値地図 25000 (地図画像)  
2007

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表](計 2件)

鐵慎太郎・黒田有寿茂・石田弘明．絶滅危惧植物トウテイランの分布と生態．第 11 回環境人間学フォーラム．2014 年 11 月 13 日．兵庫県立大学大学院環境人間学研究科，兵庫県姫路市．

Kuroda, A. & Sawada, Y. Factors influencing plant species richness in sandy coasts: A case study in the Sanin Kaigan National Park, western Japan. 57th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science. September/1/2014. The University of Western Australia, Perth (Australia).

#### 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

##### (2) 研究協力者

澤田 佳宏 (SAWADA, Yoshihiro)

兵庫県立大学・緑環境景観マネジメント研究科・准教授

研究者番号：4 0 4 3 5 8 9 7