静岡県遠州灘海岸における堆砂が海浜植生に及ぼす影響

岡 浩平¹⁾・吉崎真司^{*1)}・小堀洋美¹⁾

1) 東京都市大学大学院環境情報学研科 Grad. Sch. of Envi. Info. Stud., Tokyo City University

摘要：静岡県遠州灘海岸において、堆砂が海浜植生の成立に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、植生と堆砂の経年変化を調査した。対象地の植生は TWINSpan によって 3 つの群落型に分類され、汀線から内陸に向かって、带状に植生が変化した。DCA の系列化を行ったところ、1 軸で各群落型は明瞭に分かれてプロットされた。また、1 軸のスコアと堆砂深の間には、強い相関関係が認められた。このことから、各群落型の分布には、堆砂が影響していると考えられた。一方、群落型の経年変化を考慮に入れて解析したところ、各群落型の分布は、堆砂だけではなく、波浪や種子の供給など他の要因の影響を受けていると考えられた。

キーワード：海浜植物、堆砂、波浪、保全、TWINSpan, DCA

OKA Kohei, YOSHIKAZI Shinji and KOBORI Hiromi : **The effect of sand deposition on coastal sand dune vegetation at the Enshu-nada Coast, Shizuoka Prefecture, Japan.**

Abstract: This study focused on changing trends of vegetation and sand deposition in order to investigate the effect of sand deposition on coastal sand dune vegetation at the Enshu-nada coast, Shizuoka Prefecture. The vegetation of study site was classified into three community types by TWINSpan and distributed into three zones in a direction from shoreline toward inland. The community types were divided on the basis of axis 1 using DCA ordination. There was a strong correlation between score of axis 1 and sand deposition. Therefore, it was found that the distribution of each community type was influenced by sand deposition. At the same time, it was considered that it was influenced by other environmental factors such as ocean waves and seed supply, when adding the changing trends of community types to the analysis.

Key words : coastal plants, sand deposition, ocean waves, conservation, TWINSpan, DCA

1. はじめに

砂浜・砂丘（以下、海浜）には海浜植生が成立し、汀線から内陸に向かっての環境勾配によって、植生が带状に変化する成帯構造が形成される¹⁰⁾。近年、海浜植生は、砂丘の開発や海岸侵食の影響によって、質・量ともに劣化傾向にある¹⁸⁾。また、人の踏み付けや盗掘、車の乗り入れなどが問題になっており、早急な保全対策が求められている⁵⁾。

今後、海浜植生の保全を進めるには、海浜植生の成立要因の理解が重要である。海浜植生の成立要因は、波浪¹³⁾や塩分³⁾、飛砂による sandblasting²¹⁾、堆砂¹⁹⁾などが挙げられる。このうち堆砂については、海浜植生の成帯構造の成立の主要因とする報告^{6,9)}がある一方で、日本の事例では定性的に堆砂と植生の関係を述べたもの¹⁰⁾、短期的な堆砂と植生の関係¹⁹⁾や堆砂と特定の種の間を報告¹²⁾したものはあるが、経年的な堆砂と植生の関係を対象にした研究は少ない。海浜は地形や植生の変動が激しいことから¹⁴⁾、植生と環境要因の関係を把握するためには経年的なデータが必要と考える。

堆砂以外の環境要因として、Na⁺などの土壌特性が海浜植生の成帯構造の成立に影響することが知られているが^{3,4)}、静

岡県遠州灘海岸の事例では、土壌の化学性が海浜植生の成立に大きな影響を及ぼしていないことが報告されている¹⁷⁾。打ち上げ帯を除いた海浜植生の生育地内では、土壌中の Na⁺や pH、N-NO₃⁻の値に大きな違いがないことが確認されている¹⁷⁾。従って、堆砂が海浜植生に及ぼす影響を把握しやすい海岸といえる。そこで、本研究では、堆砂が海浜植生に及ぼす影響を把握するために、静岡県遠州灘海岸を対象にして、経年的な堆砂と植生の関係性を明らかにすることを目的とした。

2. 研究対象地

遠州灘海岸は、太平洋に面した静岡県御前崎から愛知県伊良湖岬の区間（約 110 km）を指す。研究対象地は、遠州灘海岸の中の静岡県掛川市沖之須地先の弁財天川河口左岸に位置し（図・1）、汀線からクロマツ林脇の自転車道までの海浜幅が約 120 m、植生幅が約 70-80 m である。対象地は堆積海岸であり、1988 年と 2006 年に撮影された空中写真によると、この期間に海浜幅が約 10 m、植生幅が 30 m 伸張している。

対象地の気象条件は、最寄りの磐田気象観測所のデータ（1979-2000）によると、年平均気温 15.8 °C、年平均降水量 1,703.9 mm、年平均風速 2.2 m/s である。

* 連絡先著者 (Corresponding author) : E-mail : shin@tcu.ac.jp

図-1 対象地の位置図

Fig. 1 Location of study site

3. 研究方法

3.1 調査地点の設定

対象地の汀線側の植生最前線付近を基点にして、70 m×50 m の方形区を設け、さらに方形区内を 10 m のメッシュに区分し、メッシュの格子点に調査地点を設置した（汀線に対して水平方向に 8 列、垂直方向に 6 列）。調査地点は合計 48 箇所となった。

3.2 植生

対象地の植生の変化を把握するために、2006 年 6 月 7 日、2009 年 6 月 26 日の 2 時期に植生調査を実施した。植生調査は調査地点に 1.5 m×1.5 m の方形区を設置し、方形区内に出現したすべての種を対象に、Braun-Blanquet の全推定法による優占度階級を記録した。

出現した種は、海浜植物・外来植物・内陸植物の 3 つに分類した。このうち海浜植物については、澤田ほか²⁰⁾において生育地が砂浜・礫浜・砂丘と記載されているものと定義し、外来植物については、宮脇⁸⁾に帰化と記載のあるものと定義した。

また植生調査と同時期に、調査地点を設けた 6 列上において植生最前線の位置を記録し、2006 年から 2009 年にかけての植生の汀線側への伸張距離を算出した。

3.3 環境要因

3.3.1 堆砂深

対象地の堆砂深を測定するために、各調査地点に地上高 30 cm の目盛付きの杭を設置した。杭は 2006 年 9 月から 2009 年 6 月まで設置し、約 3 ヶ月に 1 回の頻度で目盛を測定した。

測定結果をもとに、設置期間中の積算値（2006-2009）と各年の積算値を算出した。各年の値については、年によって測定時期に多少のずれがあったため、各年の 8 ヶ月間の積算値を算出した。対象地の堆砂は冬季に集中していることから¹⁷⁾、秋季から春季までの 8 ヶ月間を各年の値として抽出した。具体的には、2006 年 9 月～2007 年 5 月（2006-2007）、2007 年 10 月～2008 年 6 月（2007-2008）、2008 年 10 月～2009

年 6 月（2008-2009）の 3 時期に分けて求めた。

3.3.2 波浪頻度

対象地の波浪の状況を把握するために、各調査地点の波浪の到達回数を求めた（以下、波浪頻度）。帯状の漂着物の位置を記録し、それよりも汀線側の調査地点は波浪が到達したものと推定した。調査は 2004 年 10 月～2009 年 6 月の期間に約 3 ヶ月に 1 回の頻度で行った。

3.3.3 微地形

堆砂深や波浪頻度は対象地の微地形の影響を受けることから^{9,13)}、2005 年 10 月に水準測量によって、基準となる各調査地点の汀線（T.P.0 基準）からの距離と比高を算出した。

3.4 解析方法

2 時期に実施した植生調査結果の中から、裸地の 2 方形区を除いた合計 94 方形区を対象にして、TWINSPAN による分類を行った。TWINSPAN では、類型化が細くなることを避けるために、第 2 分割で停止した。また、片方の第 2 分割では、サンプル数が少ないグループが得られたことから、第 1 分割までの分類結果を採用した。最終的に 3 つの群落型に分類した。

各群落型の特徴を把握するために、INSPAN による解析を行った。INSPAN は出現種の有無だけでなく、出現種の量的な側面を加味して、あるグループと相対的に結びつきが強い種を抽出することができる¹¹⁾。INSPAN では、2,000 回繰り返しのモンテカルロ検定の結果、ある群落型に有意 ($P<0.05$) に偏って出現した種をその群落型の指標種と定義した。

群落型間の関係性を把握するために、DCA の序列化を行った。DCA では、固有値の高かった 1 軸と 2 軸を解析に使用した。また、各群落型の成立に影響する環境要因を抽出するために、2009 年に植生調査を実施した 48 方形区の DCA のスコアと環境要因の相関分析を行った。

これらの解析は PC-ORD4.25 で行い、出現種の優占度を階級値に変換したデータ（+→1, 1→2, 2→3, 3→4, 4→5, 5→6）を使用した。また、偶然に出現した種の影響を排除するために、出現頻度が 5 % 以下の種は解析から除外した。

4. 研究結果

4.1 植生

4.1.1 TWINSPAN による類型化

表-1 に TWINSPAN の分類結果を示す。各群落型の特徴を示すと、群落型 A・B は指標種がすべて海浜植物で、群落型 A はコウボウムギ (*Carex kobomugi* Ohwi)、群落型 B はケカモノハシ (*Ischaemum antheophoroides* Miq.) とハマニガナ (*Ixeris repens* A. Gray) が抽出された。一方、群落型 C は外来植物であるコマツヨイグサ (*Oenothera lacinata* Hill) やオオフトバムグラ (*Diodia teres* Walt.)、内陸植物であるチガヤ (*Imperata cylindrica* Beauv. var. *koenigii* Durand et Schinz) が指標種として抽出された。また、すべての群落型に共通して、コウボウムギが優占していた。

表-1 TWINSPLAN による分類結果

Table 1 Classification result by TWINSPLAN

種名	分類	群落型		
		A	B	C
ハマヒルガオ	海浜植物	66.7	79.5	50.0
ハマエンドウ	海浜植物	8.3	9.1	3.8
コウボウムギ	海浜植物	<u>95.8</u>	95.5	100.0
ハマニガナ	海浜植物	16.7	<u>93.2</u>	65.4
ケカモノハシ	海浜植物	12.5	<u>97.7</u>	80.8
コマツヨイグサ	外来植物	8.3	2.3	<u>84.6</u>
ハマボウフウ	海浜植物	.	11.4	<u>34.6</u>
オオフタバムグラ	外来植物	.	.	<u>76.9</u>
ビロードテンツキ	海浜植物	.	.	<u>30.8</u>
チガヤ	内陸植物	.	.	<u>19.2</u>
方形区数		24	44	26

※1 表中の数字は出現頻度 (%) を示す。※2 数字の下線は各群落型の指標種であることを意味する。

表-2 各群落型の出現種数

Table 2 Number of present species at each community type

項目	群落型		
	A	B	C
総出現種数	2.2±0.2 a	3.9±0.1 b	5.7±0.3 c
海浜植物の種数	2.0±0.2 a	3.9±0.1 b	3.7±0.2 b
内陸植物の種数	0.1±0.1 ab	0.0±0.0 a	0.3±0.1 b
外来植物の種数	0.1±0.1 a	0.02±0.02 a	1.7±0.1 b

※1 表中の数字は平均±標準誤差。※2 表中の異なるアルファベットは列間で有意差が認められたことを意味する (Scheffe の多重比較検定, $P<0.01$)。

表-3 2006 年から 2009 年の群落型の変化

Table 3 Changing of community types from 2006 to 2009

2009年の群落型		裸地	A	B	C	合計
2006年の群落型	裸地	.	2	.	.	2
	A	.	6	7	3	16
	B	.	.	16	4	20
	C	.	.	1	9	10
	合計	.	8	24	16	48

表-2 に各群落型の出現種数の構成を示す。総出現種数は、群落型 $A<B<C$ の順番で有意に差があった。海浜植物の種数も、群落型 A に比べて群落型 B・C が有意に多かった。内陸植物の種数はすべての群落型で少なく、外来植物は他の群落型に比べて群落型 C が有意に多かった。

4.1.2 2006 年から 2009 年の群落型の変化

表-3 に 2006 年から 2009 年の各群落型の変化を示す。裸地の 2 方形区はすべて群落型 A に変化した。群落型 A は 16 方形区中 6 方形区が変化せず、7 方形区が群落型 B、3 方形区が群落型 C に変化した。群落型 B は、20 方形区中 16 方形区が変化せず、残りの 4 方形区はすべて群落型 C に変化した。群落型 C は 10 方形区中 9 方形区が変化せず、残りの 1 方形区は群落型 B へと変化した。

図-2 に 2006 年と 2009 年の各群落型の空間分布を示す。一部に例外もあるが、両年ともに、汀線側から内陸側に向か

図-2 2006 年と 2009 年の各群落型の空間分布

Fig. 2 Spatial pattern of community types in 2006 and 2009

図-3 群落型別に表示した DCA の序列化

Fig. 3 DCA ordination diagram at each community type

って、群落型 $A \rightarrow B \rightarrow C$ の順番に分布していた。2006 年から 2009 年の群落型の変化に着目すると、各群落型は内陸側から汀線側に向かって分布を拡大していた。

2006 年から 2009 年の汀線側への植生の伸張距離は平均 9.1 m で、定着した植生はコウボウムギのほぼ純群落であった。

4.2 環境要因

4.2.1 DCA の序列化

DCA の軸の固有値は、1 軸 0.33、2 軸 0.25 であった。図-3 に群落型に分けて表示した DCA の序列化を示す。各群落型は 1 軸で明瞭に分かれてプロットされ、1 軸のスコアが高くなるにつれて、群落型 $A \rightarrow B \rightarrow C$ と変化した。群落型 C は 2 軸上で大きく分かれてプロットされた。このうち、2 軸のスコアが 150 より高かった 3 地点は、チガヤが特徴的に出現し、被度が 2・3 と高かった。

DCA の軸のスコアと環境要因の相関関係を表-4 に示す。1 軸はすべての環境要因と有意な相関関係が認められた。特に 1 軸と強い相関関係が認められた環境要因として、汀線からの距離 ($r_s=0.82$)、汀線からの比高 ($r_s=0.74$)、2006・2009 ($r_s=-0.76$) と 2006・2007 ($r_s=-0.77$) の堆砂深が挙げられ

表-4 DCA のスコアと環境要因の間のスピアマンの順位相関係数 (** $P<0.01$, * $P<0.05$)Table 4 Spearman rank correlation coefficient between DCA score and environmental factors (** $P<0.01$, * $P<0.05$)

項目	1軸	2軸
微地形		
汀線からの距離	0.82 **	-0.20
汀線からの比高	0.74 **	-0.02
堆砂深		
2006-2009	-0.76 **	0.38 *
2006-2007	-0.77 **	0.46 **
2007-2008	-0.57 **	-0.02
2008-2009	-0.64 **	0.06
波浪頻度	-0.65 **	-0.34

表-5 微地形と他の環境要因の間のスピアマンの順位相関係数 (** $P<0.01$)Table 5 Spearman rank correlation coefficient between microtopography and environmental factors (** $P<0.01$)

項目	汀線からの距離	汀線からの比高
堆砂深		
2006-2009	-0.87 **	-0.63 **
2006-2007	-0.82 **	-0.59 **
2007-2008	-0.63 **	-0.56 **
2008-2009	-0.73 **	-0.65 **
波浪頻度	-0.80 **	-0.85 **

表-6 各群落型の環境要因

Table 6 Environmental factors at each community type

項目	2009年時の群落型		
	A	B	C
汀線からの距離(m)	46.3±2.6 a	67.9±3.3 b	100.0±2.0 c
汀線からの比高(m)	2.7±0.3 a	4.1±0.1 b	4.9±0.1 c
2006-2009の堆砂深(cm)	40.6±6.2 a	16.5±4.2 b	2.3±1.0 c
2006-2007の堆砂深(cm)	12.8±1.4 a	8.8±1.4 a	1.3±0.6 b
2007-2008の堆砂深(cm)	10.1±1.4 a	2.7±0.9 b	1.0±0.4 b
2008-2009の堆砂深(cm)	9.8±2.7 a	2.3±0.8 b	0.1±0.2 b
波浪頻度(回)	2.3±0.4 a	0.5±0.1 b	0.0±0.0 b

※1 表中の値は平均±標準誤差。※2 表中の異なるアルファベットは列間で有意差が認められたことを意味する (Scheffe の多重比較検定, $P<0.01$)。

た。2軸は2006-2009と2006-2007の堆砂深と有意な相関関係が認められた。

4.2.2 微地形と他の環境要因の関係

微地形と他の環境要因の間の相関関係を表-5に示す。汀線からの距離および比高は、すべての環境要因との間に負の相関関係が認められた。汀線からの距離と比高は正の相関関係 ($r_s=0.81$, $P<0.01$) にあることから、汀線側から内陸側に向かって、比高が上昇する一方で、堆砂深や波浪頻度の値は低下することがわかった。また、特に強い相関関係は、汀線からの距離と2006-2009の堆砂深 ($r_s=-0.87$)、汀線からの比高と波浪頻度 ($r_s=-0.85$) との間で認められた。

4.2.3 各群落型の環境要因の比較

表-6に各群落型の環境要因の値を示す。汀線からの距離および比高は、群落型 A<B<C の順番で有意に差があった。つまり、群落型 A ほど汀線側の低い立地、群落型 C ほど内陸

図-4 2006-2009年の群落変化型別の2006-2009の堆砂深。エラーバーは標準誤差。異なるアルファベットは群落変化型間に有意差があることを意味する (Scheffe の多重比較検定, $P<0.01$)Fig. 4 2006-2009's sand deposition at each community change type for 2006-2009. Different letters indicate significance at $P<0.01$ among community types.

図-5 2006-2009年の群落変化型別の堆砂深の経年変化

Fig. 5 Changing trends of sand deposition at each community change type for 2006-2009

側の高い立地に分布していた。

堆砂深はすべての時期において各群落間で有意な差があった。2006-2009の堆砂深の平均値を示すと、群落型 A が 40.6 cm, 群落型 B が 16.5 cm, 群落型 C が 2.3 cm で、群落型間で顕著な値の差があった。

波浪頻度は、群落型 A が他の群落型に比べて有意に多かった。

4.2.4 2006-2009年の群落変化型別の堆砂深

図-4に2006-2009年の群落変化型別の2006-2009の堆砂深を示す。群落変化型 A-A と A-B は他の群落変化型よりも有意に堆砂が多かった。また、群落変化型 A-A と A-B は2009年時の群落型が異なったが、堆砂深に有意な差はなかった。一方、群落変化型 A-B と B-B は、2009年時の群落型が同じであったが、堆砂深に有意な差があった。また、2009年時の群落型が C であった A-C・B-C・C-C の3つの群落変化型は、堆砂がほぼなかった。また、群落変化型 C-B は顕著な侵食を

示した。

次に、堆砂深の経年変化をみると(図-5)、群落変化型 A-A と A-B は経年的に 10 cm 前後の堆砂があった。一方、群落変化型 B-B は 2006-2007 に 9.1 cm の堆砂があった以降、堆砂はほとんど確認されなかった。また、群落変化型 A-C・B-C・C-C は経年的に堆砂がなく、群落変化型 C-B は経年的に侵食傾向を示した。

5. 考察

5.1 堆砂が海浜植生の成立に及ぼす影響

対象地の植生は、3 つの群落型に分類され、2006 年と 2009 年ともに、汀線側から内陸側に向かって、群落型 A→B→C と分布していた。遠州灘海岸の広域で植生調査した事例¹⁶⁾と比較すると、コウボウムギ帯→ケカモノハシ帯→ビロードテンツキ帯に相当すると考えられ、遠州灘海岸において一般的な成帯構造が成立していた。

各群落型は DCA の 1 軸で明瞭に分かれてプロットされ、その 1 軸は汀線からの距離と堆砂深との間に強い相関関係が認められた。汀線からの距離と堆砂深との間にも強い負の相関関係が認められ、一般にも汀線から離れるにつれて堆砂は減少することが知られている¹¹⁾。このことから、DCA の 1 軸は、汀線から内陸に向かって変化する環境要因を表しており、特に堆砂の増減を反映していると考えられる。つまり、対象地の各群落型の分布には、汀線から内陸に向かって変化する堆砂が影響していると考えられた。実際に各群落型の堆砂深を比較してみると、群落型間で有意差が認められ、群落型 A>B>C の順番で、堆砂が顕著に減少した。鳥取砂丘の事例¹⁹⁾では、堆砂の減少に対応して、コウボウムギ群落→ケカモノハシ群落→外来植物のオオマツヨイグサ群落と植生が変化している。対象地においても、堆砂の多い立地ではコウボウムギが優占する群落型 A、堆砂の少ない立地ではコマツヨイグサなど外来植物が有意に多かったことから、同様の傾向が確認されたといえる。また、出現種数についても、堆砂が減少するほど増加することが報告⁶⁾されており、対象地においても同様の傾向が確認された。

5.2 人為的影響が海浜植生の成立に及ぼす影響

対象地の一部の植生は、人為的影響を受けていると考えられた。群落型 C は DCA の 2 軸上で大きく分かれてプロットされ、このうちスコアの高かった 3 地点はチガヤの出現に特徴付けられた。2 軸は堆砂深との間に相関関係が認められたが、堆砂深とチガヤの出現には明瞭な関係性はなかった。一方、チガヤは人為的影響を受けた立地に侵入することが報告されており¹⁰⁾、対象地では隣接する自転車道の法面において高被度で生育していた。チガヤが特徴的に出現した地点は、法面からの距離が約 5 m と調査地点の中で最も近かったことから、法面からのチガヤの侵入を受けやすかったと考えられる。また、チガヤは、飛砂による sandblasting によって葉などが損傷しやすい立地には侵入できないことが報告されてい

る²¹⁾。これらのことから、DCA の 2 軸は法面からの影響を表しており、チガヤの侵入は、法面に隣接した sandblasting の影響の弱い立地で起きていた可能性がある。

5.3 群落型 A と B の分布の規定要因

群落型の経年変化を考慮に入れると、堆砂以外の要因も各群落型の分布に影響していると考えられた。2006 年から 2009 年にかけて各群落型は内陸側から汀線側に分布が拡大する傾向にあった。この期間の群落型の変化と堆砂深の関係に着目すると、群落変化型 A-A と A-B は他の群落変化型よりも有意に堆砂が多かった。このことから、2009 年時に群落型 A・B が分布した立地は、群落型 C に比べて堆砂が多いといえる。一方、群落変化型 A-A と A-B は、2009 年時の群落型は同じであったが、堆砂深に有意差はなかった。両群落変化型は経年的に 10 cm 前後の堆砂を受けており、堆砂以外の要因が 2009 年時の群落型 A と B の成立を規定していたと考えられる。実際に群落型 B の指標種であるケカモノハシは、10 cm 前後の堆砂がある立地にも定着は可能と考えられる。ケカモノハシは、分布の拡大を種子繁殖に依存しており¹⁷⁾、他の立地に侵入するには実生の定着が必要である。ケカモノハシは、10 cm 程度の深さに種子が埋没しても発芽および出芽が可能であり¹⁵⁾、実生の定着も確認されている¹⁷⁾。これらのことから、堆砂の観点から考えると、群落型 A が分布する立地へのケカモノハシの侵入は可能であり、2006 年から 2009 年の期間に、一部の地点では群落型 A から B への変化が実際に起きたと考えられる。

群落型 A と B の分布を規定している堆砂以外の要因として、波浪の影響が考えられる。汀線からの距離と比高との間には強い正の相関関係が認められたことから、対象地では汀線側ほど波が侵入しやすく、波浪の影響を受けやすいと考えられる。群落型 A は汀線側に分布していたことから、他の群落型よりも波浪の影響を受けやすい立地と考えられる。実際に各群落型の波浪頻度を比較すると、群落型 A は他の群落型よりも有意に多かった。群落変化型 A-A と A-B を比較しても、前者の方が多かった。一方、群落型の構成種に着目しても、群落型 A の指標種であるコウボウムギは波浪の影響に強い¹⁾のに対して、群落型 B の指標種であるケカモノハシは弱いことが指摘されている¹³⁾。群落型 A・B の構成種¹⁾の特性および環境要因の 2 つの観点から判断すると、低頻度に発生する高波浪が汀線側への群落型 B の拡大を制限していたと考えられる。

群落型 A と B の分布が明瞭に分かれていた他の理由として、汀線側の裸地への植生の拡大が考えられる。2006 年から 2009 年にかけて約 9 m の汀線側への植生の伸張が確認された。新たに定着した植生はコウボウムギの純群落に近かったことから、群落型 A に相当すると考えられる。このことから、群落型 A は 2006 年から 2009 年にかけて、汀線側の裸地に向かって分布を拡大していたといえる。汀線側の裸地は、今回は環境要因を測定していないが、波浪などの影響を強く受

ける立地と予想される。このことから、環境条件の厳しい裸地にもコウボウムギは侵入が可能なため、群落型 B が汀線側に分布を拡大しても、群落型 A も同じように汀線側に分布を拡大するために、結果として群落型 A と B の分布が明瞭に異なっていた可能性がある。

5.4 群落型 B と C の分布の規定要因

群落変化型 B-B と B-C を比較すると、両群落変化型ともに 2007-2008 以降は堆砂がほとんど発生していなかった。つまり、両群落変化型の堆砂条件は類似しており、群落変化型 B-B では堆砂以外の要因が群落型 C への変化を制限していたと考えられる。堆砂以外の要因として、群落型 C の構成種の種子の供給が影響していた可能性がある。一般に、ある種にとって適した環境条件が広い範囲にあっても、既存の生育地から離れた場所では種子などの散布体が届きにくいために、空間的に集中した分布になることが知られている²⁾。海浜の事例⁷⁾においても、種によって異なるが、親個体から数 m のところに散布される種子が多い。2006 年と 2009 年の各群落型の空間分布に着目すると、群落型 B から C への変化は、群落型 C と隣接した地点で起きていた。つまり、群落型 C の構成種の種子の供給源が近い地点で起きていたといえる。これらのことから、堆砂が減少してすぐに群落型 B から C に植生が変化するのではなく、種子が供給されやすい群落型 C と隣接する地点から徐々に植生の変化が起きている可能性がある。

以上のことから、堆砂深と各群落型の関係は、大きくみると汀線側から内陸側への堆砂深の勾配に対応して、群落型 A → B → C の順番に分布していた。一方、各群落型の経年変化を考慮に入れると、堆砂が各群落型の分布に強く影響していることには変わりはないが、波浪や種子の供給など堆砂以外の要因も各群落型の分布に影響していると考えられた。

6. おわりに

対象地の植生は、堆砂やその他の環境要因の空間・時間的な変化の影響を受けて、各群落型が内陸側から汀線側に向かって前進していると考えられた。つまり、成帯構造を構成する各群落型の配列は大きく変化することはないが、各群落型の位置は常に変動しているといえる。従って、海浜植生を保全するには、現状の生育地だけを対象にするのではなく、分布が大きく変化することを前提にして、海浜の全体を面的に保全してることが重要と考える。

引用文献

- 1) Dufrêne, M. and Legendre, P. (1997) Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3): 345-366.
- 2) 深澤圭太・石濱史子・小熊宏之・武田知己・田中信行・竹中明夫 (2009) 条件付自己回帰モデルによる空間自己相関を考慮した生物の分布データ解析, *日本生態学会誌*, 59: 171-186.
- 3) Ishikawa, S., Furukawa, A. and Oikawa, T. (1995) Zonal plant distribution and edaphic and micrometeorological conditions on a coastal sand dune. *Ecological Research*, 10: 259-266.
- 4) Kachi, N. and Hirose, T. (1979) Multivariate approaches to the plant communities related with edaphic factors in the dune system at Azigaura, Ibaraki Pref. II. Ordination. *Japanese Journal of Ecology*, 29: 359-368.
- 5) 開発法子 (2002) 海岸植物群落レッドデータの解析とその保護, *海岸*, 42(2): 50-54.
- 6) Maun, M. A. and Perumal, J. (1999) Zonation of vegetation on lacustrine coastal dunes: effects of burial by sand. *Ecology Letter*, 2: 14-18.
- 7) Maun, M. A. (2009) *The biology of coastal sand dunes*. Oxford University Press, 265pp.
- 8) 宮脇昭 編 (1994) 改訂新版日本植生便覧, 至文堂, 641pp.
- 9) Moreno-Casasola, P. (1986) Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. *Vegetatio*, 65: 67-76.
- 10) 中西弘樹・福本紘 (1987) 南日本における海浜植生の成帯構造と地形, *日本生態学会誌*, 37: 197-207.
- 11) 中島勇喜・金内英司・佐藤秀樹 (1985) 庄内砂丘の防浪砂堤周辺部における砂面変動と植生等について, *日本林学会東北支部会誌*, 37: 332-336.
- 12) 延原肇 (1960) 海浜におけるコウボウムギの生育 (海浜・砂丘植物の生育型 1), *砂丘研究*, 6(2): 9-19.
- 13) Nobuhara, H. and Toyohara, M. (1964) Observations on the damages of the coastal vegetation II. *Japanese Journal of Ecology*, 14(5): 195-200.
- 14) 岡浩平・吉崎真司・小堀洋美 (2007a) 神奈川県大磯町の湘南海岸における地形変化に伴う海浜植生の定着過程について, *日本緑化工学会誌*, 33(1): 27-32.
- 15) 岡浩平・吉崎真司・小堀洋美 (2007b) 静岡県遠州灘海岸におけるケカモノハシとピロードテンツキの分布に及ぼす堆砂の影響, *植生学会第 12 回大会講演要旨集*: 47.
- 16) 岡浩平・吉崎真司・小堀洋美 (2008) 静岡県遠州灘海岸における海浜植生の成帯構造の成立要因, *日本緑化工学会誌*, 34(1): 57-62.
- 17) 岡浩平・吉崎真司・小堀洋美 (2009a) 静岡県遠州灘海岸における海浜植物 5 種の実生の発生と定着, *植生学会誌*, 26(1): 9-20.
- 18) 岡浩平・吉崎真司・小堀洋美 (2009b) 湘南海岸沿岸域における砂丘の開発が海浜植生に及ぼす影響, *景観生態学*, 14(2): 119-128.
- 19) 笹木義雄・根平邦人 (1992) 海岸砂丘地における飛砂が植生におよぼす影響, *広島大学総合科学部紀要Ⅳ*, 17: 59-71.
- 20) 澤田佳宏・中西弘樹・押田佳子・服部保 (2007) 日本の海岸植物チェックリスト, *人と自然*, 17, 85-101.
- 21) Yura, H. and Ogura, A. (2006) Sandblasting as a possible factor controlling the distribution of plants on a coastal dune system. *Plant Ecology*, 185: 199-208.

(2010.7.23 受理)