

砂丘地の土壌 - 植生系に及ぼす海岸林の効果に関する研究

アソシエーション分析による比較

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	三浦,貞親 丸山,幸平
発行元	日本林學會
巻/号	66巻9号
巻号補足	
掲載ページ	p. 380-385
発行年月	1984年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



短 報

砂丘地の土壌-植生系に及ぼす海岸林の効果に関する研究

—アソシエーション分析による比較—

三浦貞親*・丸山幸平**

MIURA, Sadachika & MARUYAMA, Koohi: **Effects of coastal forest upon the soil-vegetation system on sand dunes—Comparison by association-analysis** J. Jap. For. Soc. 66: 380~385, 1984 The vegetation of a coastal sand dune of the Kaetsu District, Niigata Prefecture was studied with the association-analysis of WILLIAMS and LAMBERT. Six types of associations were recognized, and their relationships with edaphic environments were analyzed. Association I, characterized by *Ischaemum antheplioroides* MIQ. and *Carex kobomugi* OHWI was situated on a semi-fixed dune, and its immature surface soil had high pH and bulk density and low carbon (C) and nitrogen (N) contents and cation exchange capacity (CEC). Association II, defined by the presence of *Imperata cylindrica* BEAUV. var. *koenigii* DUR. et SCHINZ and *Elymus mollis* TRIN., occurred on the inland dunes with comparatively high C and N contents. Among the coastal dune forests, the *Robinia* type (III), the *Pinus-Paederia* type (IV), the *Pinus*-moss type (V), and the *Pinus* type lacking in moss (VI) were classified. The surface soil habitats belonging to the *Robinia* type (III) were characterized by high organic matter and low bulk density and had the most excellent soil chemical and physical properties. The *Pinus-Paederia* type (IV) is second to Association III in soil characteristics. The soils of Associations V and VI, found in the inland closed-pine forest, are considerably inferior to those of Associations III and IV. The soil of the *Pinus*-moss type (V) had a remarkably low water-permeability and high soil-hardness.

I. ま え が き

筆者らは、さきに新潟県下越地方の海岸砂丘地の土壌-植生系に及ぼす海岸林の効果、汀線に直角に設けられたベルト・トランセクトに沿って検討した(6)。その結果、クロマツや一部ニセアカシアを主とした海岸林の存在が、いわゆる保安林としての効果のほかに、土壌-植生系にきわめて大きな影響を及ぼしていることが明らかにされた。

ここでは同じ資料について、一つには海岸砂丘植生の客観的分類をすすめるため、一つにはそれらと土壌との対応関係を明確にするために、植生の一元的分割法として知られるアソシエーション分析(10)で、比較検討した結果を報告する。

II. 調査地と資料の解析方法

調査地は前報(6)と同じ、新潟県下越地方の6か所の海岸砂丘地で、それぞれ汀線に直角に設けられた幅1 m、延長200~360 mのベルト・コードラートである。調査地の概況や、植生および土壌調査方法の詳細は前報

(6)を参照されたい。植生の客観的分類のための資料としては、各ベルトで代表的な植生ごとに設けられた土壌採取地点を中心に、1×5 m²の植生調査資料、計71か所のものを用いた。植生については、優占種、植被率、種類密度および遷移度を取りあげ、土壌については、表層(0~5 cm)と下層(45~50 cm)のpH(H₂O)、EC(μmho/cm)、C(%), N(%), CEC(me/100 g)、透水速度 Wp (ml/m)、含水率 Sm (%), 容積重 Sbd (d. w. g/100 ml)、孔隙量 Tp (%), および土壌硬度 Sh (kg/cm²)を取りあげ比較した。

上述の植生調査資料は、WILLIAMS & LAMBERTの方法(10)に基づいて、いわゆる presence-absence データで、一元的分割法による客観的分類を試みた。これは各段階ごとに一つの特徴ある種が存在するか否かで分類する方法である。なお、この方法では頻度の低い種の影響を強く受けるので、頻度10%以下の種はあらかじめとり除いた。頻度10%以上の29種について、すべての組合せ(合計406組)について、2×2四分表を作り、ある種と他の種との共存(またはすみわけ)関係が統計的に有意か否かを χ^2 検定で検討した。2×2四分表と、

* 福島県田島林業事務所 Tajima For. Off., Fukushima Pref., Fukushima 967

** 新潟大学農学部 Fac. of Agr., Niigata Univ., Niigata 950-21

サンプル数の少ないときの YATE's の補正を組みこんだ χ^2 計算式(7)を表-1 に示す。

ここで、統計的に有意なすべての他種との χ^2 の合計を求め、 $\sum \chi^2$ の最も大きな種を区分種に選び、その存否でスタンドを区分し、以下それを段階的に反覆した。なお、細分の終点は χ^2 の最高値が 3.84 ($p=0.05$ レベルで有意)を割ったときをめやすとした。

III. 結 果

1. アソシエーション分析

(一般に植生研究で、ヒエラルキー分類系をとる南欧の ZM 方式では、association (群集) という用語は、最も基本的な植生単位として標徴種、識別種、常在種で規定されている (8)。ここでは、網目分類系の英豪方式を取り入れ、種間の分布相関にもとづく一元的分割法で、群落の客観的分類を行った。この場合の association は、単に統計的な結びつきの意味で、植生単位の群集とは無関係である (10)。

アソシエーション分析の結果を図-1 に示した。すなわち、71 プロット中で $\sum \chi^2$ が最大のケカモノハンがあるか否かで二分した結果、存在するプロットは 13 個、存在しないプロットは 58 個となる。後者のなかで $\sum \chi^2$ が最大のクロマツ(一部アカマツを含む)で同様な区分をすすめた。さらにニセアカシア、ヘクソカズラ、またハイゴケを主とした藓類でそれぞれ細区分した結果、71 のスタンドが 5% の危険率で六つの植生タイプに分類された。六つの植生タイプに属するスタンドと、それぞれの種組成を表-2 に示した。

ケカモノハン、コウボウムギ、ウンランを主とした海岸砂丘地の 13 スタンドは、植生タイプ I として区分された。植生タイプ II は、ケカモノハン、クロマツ、ニセアカシアを含めぬ 8 スタンドで、チガヤ、ハマニシク等が多少優占し、海岸林の海側にある砂丘植生の一つである。このタイプはベルト 3, 4 ではみられなかった。植生タイプ I, II は、半安定帯から安定帯にかけての砂丘地にみられ、概してタイプ I が II よりも海側にみられた。植生タイプ III の 10 スタンドは、おもに海岸林の最も海側に認められた。このタイプは、ケカモノハン、クロマツはないが、ニセアカシアでタイプ II と区別されるニセアカシア林である。ほかにハマヒルガオ、ナワシロイチゴ、ギンギンなどがみられる。

海岸林の植生タイプは、ほかにクロマツ林の 40 スタンドがある。これをヘクソカズラの有無で分け、ヘクソカズラのみられる 15 スタンドを植生タイプ IV とした。これはアキノキリンソウなどを含むが、ベルト 4, 5 ではほとんどみられなかった。クロマツ林でヘクソカズラを含めぬ 25 スタンドは藓類の存否で二分された。藓類を

表-1. 2種の分布相関の 2×2 四分表
2×2 contingency table of a two-species correlation

	Species A		
	+ -		
	+	-	
Species B	a	b	a+b
	c	d	c+d
	a+c	b+d	n=a+b+c+d

a =number of stands containing both species.
 b =number of stands containing only species B.
 c =number of stands containing only species A.
 d =number of stands containing neither species.

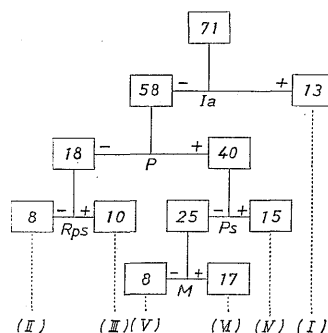
$$\chi^2 = \frac{(ad-bc-n/2)^2 \times n}{(a+b)(b+c)(c+d)(a+d)}$$


図-1. 最終レベル $\chi^2=3.84$ の場合のスタンド-種データ (71 スタンド, 29 種) のアソシエーション分析

Association analysis of stand/species data (71 stands and 29 species) with the termination level of $\chi^2=3.84$ ($p<0.05$)

枠内の数値はスタンド数を示す。得られたアソシエーションタイプはローマ数字で示されている。

The figures in the boxes refer to the number of stands. The resulting association types are referred to by Roman numerals.

Ia: *Ischaemum antheophoroides*, P: *Pinus (densiflora, thunbergii)*, Rps: *Robinia pseudo-acacia*, Ps: *Paederia scandens*, M: moss

欠く 8 スタンドを植生タイプ V, 広く分布する 17 スタンドを VI とした。前者はベルト 2, 4 のクロマツ林に多く、後者は、3, 4, 5 の内陸よりのクロマツ林に認められた。両者の違いは藓類のほか、前者にヤマウルシやヒメヤブランの少なかったことから区別できる。

全体として、presence-absence データによるアソシエーション分析の結果は、相観による植生区分とかなり近く、親しみやすい。

2. 植生タイプと土壤環境との関係

上述の手法で区分された客観的分類の結果が、それぞれの土壌とどのように対応しているかを表-3 に整理した。表では植生タイプごとの土壤環境を、表層部と深さ 50 cm の 2 か所の土壌について平均値と 95% の信頼限

表-2. 6本の調査ベルト (71スタンド, 29種) のアソシエーション・タイプ別存否データ

Presence-absence data in the associations

Species	Association I													Association II											Association III										
	B	B	B		B		B	B			B			B	B		B	B		B	B		B	B	B	B		B	B	B	B				
	2	2	2	3	2	3	4	5	4	3	4	3	2	2	1	4	5	5	11	12	3	4	5	13	14	15	5	6	6	7	6				
Ia	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																						
Ck	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																						
Lj	+	+	+	+	+	+					+		+					+			+														
Em		+	+	+	+						+	+	+				+	+	+																
Cs		+	+	+	+	+	+			+	+	+	+				+	+	+			+	+	+	+	+	+								
Ic			+	+	+	+	+	+	+									+	+	+	+												+		
Ob									+	+	+	+									+	+				+									
Eu						+		+			+	+					+				+	+													
Ac	+				+						+	+	+	+								+	+												
Ap												+									+	+	+	+											
Rj										+	+	+										+	+	+	+										
Rpa																						+	+	+							+	+	+	+	
Cc																						+									+	+	+	+	
Rps								+															+								+	+	+	+	
Gv																							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Sv										+													+	+	+	+	+	+						+	
Csp																							+	+	+	+	+							+	
P									+														+	+	+	+	+								
Ps																																			
Rt																																			
M								+	+											+	+														
Ls																																		+	
Co																							+	+										+	
Jc																																			
Ms																																		+	
Lm																									+	+									
Lc													+				+		+	+	+							+							
Pp				+					+	+																		+		+					
Lec																						+	+		+	+									

Species	Association IV											Association V											Association VI																	
	B	B	B		B	B		B	B			B	B	B	B		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B							
	2	3	6		2	1	2		1	2		5	1	4	5	2	4		2	1	4	5	4	3	4	3	4	3	4	5	5	4								
Ia	5	9	8	7	8	14	7	12	13	15	9	8	7	8	11	7	6	11	9	11	10	4	8	6	10	9	12	10	16	14	10	11	13	10	6	12	9	8	7	15
Ck																																								
Lj																																								
Em																																								
Cs	+																																							
Ic	+			+							+	+					+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Ob	+															+						+																		
Eu																																								
Ac						+																+													+	+				
Ap																																								
Rj	+																																							
Rpa	+		+	+	+	+					+	+	+	+	+							+									+	+								
Cc		+	+	+	+	+																																		
Rps	+	+	+	+	+	+																																		
Gv						+	+	+	+	+						+	+																							
Sv				+		+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Csp						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
P	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Ps	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																									
Rt						+	+	+	+	+	+	+	+	+																										
M	+					+		+	+	+	+	+	+									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Ls				+	+	+					+											+													+					
Co					+	+	+		+	+	+		+			+	+							+											+					
Jc						+	+		+	+	+		+											+											+					
Ms						+		+	+	+	+		+			+									+											+				
Lm				+		+		+	+	+	+		+			+								+	+	+										+				
Lc	+			+							+					+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Pp		+														+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Lec								+																																

Ia: <i>Ischaemum antheroides</i> MIQ.	Ap: <i>Artemisia princeps</i> PAMPAN.	Rt: <i>Rhus trichocarpa</i> MIQ.
Ck: <i>Carex kobomugi</i> OHWI	Rj: <i>Rumex japonicus</i> HOUTT.	M: moss
Lj: <i>Linaria japonica</i> MIQ.	Rpa: <i>Rubus parvifolius</i> L.	Ls: <i>Lonicera strophophora</i> FRANCH.
Em: <i>Elymus mollis</i> TRIN.	Cc: <i>Commelina communis</i> L.	Co: <i>Celastrus orbiculatus</i> THUNB.
Cs: <i>Calystegia soldanella</i> ROEM. et SCHULT.	Rps: <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Jc: <i>Juniperus conferta</i> PARL.
Ic: <i>Imperata cylindrica</i> BEAUV. var. <i>koenigii</i> DUR. et SCHINZ	Gv: <i>Galium verum</i> L. var. <i>asiaticum</i> NAKAI	Ms: <i>Miscanthus sinensis</i> ANDERS.
Ob: <i>Oenothera biennis</i> L.	Sv: <i>Solidago virga-aurea</i> L. var. <i>asiatica</i> NAKAI	Lm: <i>Liriope minor</i> MAKINO
Eu: <i>Elaeagnus umbellata</i> THUNB.	Csp: <i>Carex</i> sp.	Lc: <i>Luzula capitata</i> MIQ.
Ac: <i>Artemisia capillaris</i> THUNB.	P: <i>Pinus (densiflora</i> S. et Z., <i>thunbergii</i> PARL.)	Pp: <i>Poa pratensis</i> L.
	Ps: <i>Paederia scandens</i> MERR. var. <i>mairiei</i> HARA	Lec: <i>Lespedeza cuneata</i> G. DON

表-3. アソシエーション・タイプ別の植生属性と土壌環境
Vegetational attributes and edaphic factors of six association types
expressed as group means with 95% confidence limits

Association types		I	II	III	IV	V	VI
Number of plots		(13)	(8)	(10)	(15)	(8)	(17)
Cover (%)		66.5 (±12.2)	64.2 (±25.8)	89.5 (±5.2)	90.7 (±6.5)	85.4 (±20.8)	62.0 (±12.3)
Spp. (No./m ²)		1.7 (±0.3)	1.3 (±0.9)	2.2 (±0.7)	2.6 (±0.4)	1.8 (±0.7)	1.8 (±0.3)
DS		390.8 (±120.1)	411.5 (±204.0)	1,520.6 (±342.6)	1,722.6 (±395.1)	1,733.7 (±606.5)	1,225.5 (±350.6)
pH(H ₂ O)	0 cm	7.1 (±0.5)	7.2 (±1.1)	5.4 (±0.5)	5.5 (±0.3)	5.9 (±0.3)	5.7 (±0.2)
	50 cm	7.4 (±0.3)	7.3 (±0.8)	6.7 (±0.2)	6.8 (±0.2)	6.7 (±0.4)	6.8 (±0.2)
EC	0 cm	30.5 (±11.6)	35.1 (±24.8)	92.6 (±60.4)	47.5 (±25.0)	37.1 (±12.3)	34.5 (±18.0)
(μmho/cm)	50 cm	19.4 (±8.1)	128.6 (±267.4)	11.8 (±4.5)	11.5 (±4.5)	19.4 (±7.4)	11.9 (±3.4)
C (%)	0 cm	0.18 (±0.13)	0.58 (±0.55)	1.48 (±0.34)	1.46 (±0.30)	1.22 (±0.66)	1.11 (±0.23)
	50 cm	0.10 (±0.03)	0.09 (±0.03)	0.09 (±0.03)	0.10 (±0.02)	0.09 (±0.02)	0.08 (±0.01)
N (%)	0 cm	0.011 (±0.01)	0.029 (±0.03)	0.099 (±0.02)	0.077 (±0.02)	0.055 (±0.04)	0.062 (±0.03)
	50 cm	0.005 (±0.01)	0.003 (±0.01)	0.004 (±0.01)	0.004 (±0.00)	0.004 (±0.01)	0.001 (±0.00)
CEC	0 cm	2.02 (±0.49)	2.82 (±0.64)	5.42 (±1.51)	4.96 (±1.08)	4.15 (±1.19)	4.11 (±0.50)
(me/100g)	50 cm	1.88 (±0.37)	2.00 (±0.78)	1.95 (±0.58)	1.97 (±0.57)	2.16 (±0.56)	1.94 (±0.35)
Wp	0 cm	72.0 (±20.9)	91.1 (±22.2)	103.1 (±12.8)	66.2 (±20.3)	39.2 (±22.5)	22.0 (±5.6)
(ml/min)	50 cm	87.0 (±20.5)	97.7 (±45.2)	88.4 (±37.0)	76.6 (±17.3)	65.4 (±22.5)	60.1 (±10.6)
Sm (%)	0 cm	2.0 (±0.7)	4.5 (±3.8)	11.6 (±3.6)	11.3 (±1.8)	7.5 (±3.2)	10.1 (±2.1)
	50 cm	4.3 (±0.6)	5.4 (±0.6)	5.4 (±0.5)	5.9 (±0.4)	5.3 (±0.9)	5.5 (±0.5)
Sbd	0 cm	65.7 (±3.9)	60.6 (±7.7)	49.3 (±7.2)	51.2 (±3.3)	53.4 (±9.4)	55.4 (±3.6)
(d. w. g/100 ml)	50 cm	65.5 (±2.6)	66.7 (±4.1)	67.0 (±3.1)	66.8 (±2.0)	65.9 (±2.6)	66.0 (±1.8)
Tp (%)	0 cm	49.7 (±2.7)	53.4 (±5.3)	61.4 (±5.2)	60.4 (±2.4)	58.8 (±6.5)	57.2 (±2.5)
	50 cm	50.5 (±1.9)	49.5 (±2.9)	49.3 (±2.3)	49.5 (±1.5)	50.2 (±1.9)	50.1 (±1.3)
Sh	0 cm	0.49 (±0.39)	0.50 (±0.58)	0.68 (±0.34)	0.85 (±0.82)	0.75 (±0.85)	2.46 (±1.05)
(kg/cm ²)	50 cm	0.46 (±0.12)	0.63 (±0.32)	0.73 (±0.18)	0.80 (±0.15)	0.67 (±0.19)	0.92 (±0.24)

Cover: vegetation cover, Spp.: species density, DS: degree of succession, EC: electric conductivity, C: carbon content, N: nitrogen content, CEC: cation exchange capacity, Wp: water percolation rate, Sm: soil moisture, Sbd: bulk density, Tp: total porosity, Sh: soil hardness

界が要約されている。各植生タイプの土壌環境は、かなり変動が大きいが、おおまかには平均値から、各タイプごとの特性をよみとることが許されよう。植生タイプIでは、ケカモノハシ、コウボウムギなどの好砂性植物が優占し、1m²当りの種類密度は1.7種、平均植被率は66%と低い。以下、おおまかな土壌の特性を平均値からみると、表層土では高いpH、大きな容積重、低いC、N含有率、CEC、採取時含水率、少ない孔隙量と低い土壌硬度の特性をもち、六つの植生タイプのなかでは最も未熟な砂丘地土壌ということが出来る。ただし、こうした特性も50cm深の下層土壌ではほとんど認められなかった。植生タイプIIは、植生のうへでは特定の優占種はみられず、チガヤ、ハマニソク、ハマヒルガオ等が多少優位にある砂丘植生である。種類密度は多少Iより少なめだが植被率は大差ない。土壌はばらつきは大きい、表層土のpH(H₂O)はIと大差ないものの、C、N含有率、CEC等はIより高く、さらに容積重の低下と透水速度、採取時含水率、孔隙量、硬度の増加等で特徴づけられ、前者のタイプより多少土壌化がすすんでいるといえる。これら半安定帯から安定帯にかけてのおもに、単層社会からなる砂丘草本群落である植生タイプI、IIにくらべて、階層の発達した海岸林を伴った植生タイプIII～VIは、植生の違いとともに、生物経済学的過程の生成物である土壌環境に、以下のような大きな違いが認められた。まず、ニセアカシア林の植生タイプIIIは、植被率、種類密度ともに6タイプのなかではクロマツ-ヘクソカズラ

型(IV)に次いで高い。この表層土のpH(H₂O)は5.4と6タイプ中最低で、I、IIの7.0以上とくらべてかなり低い。この傾向は植生タイプIV～VIでもみられた。これは海水飛沫の影響が少なく、雨水による洗脱がおもな原因と考えられるがそれに加えて、海岸林の存在でもたらされた植被率の増加が、リターを増す一方、砂丘地の乾燥、貧栄養等の立地条件の貧困さが分解を遅らせ、分解の中間産物としての有機酸を生成し、pHの低下をもたらしたものとみられる。タイプIIIの表層土壌のこのほかの特性をみると、C、N含有率、CECとも6タイプ中最も量が多い。C含有率は平均1.48%でIの約8倍、IIの約2.5倍、N含有率は0.099%で、Iの約9倍、IIの約3.5倍、CECは5.42me/100gで、Iの2.7倍、IIの1.9倍にそれぞれ達していた。ここでクロマツ-ヘクソカズラ型(IV)とニセアカシア林(III)の土壌をくらべると、表層土のC含有率は大差ないが、N含有率は明らかにIIIの土壌に多くC/N率は低い。これはニセアカシアの根瘤によるN固定の効果と、無機化の速さの違いによるものとみられる。さらに表層土の電気伝導度、透水速度、採取時含水率、孔隙量等は、いずれも6タイプ中最大で、容積重は逆に最低である。これら一連の特性から、この植生タイプは土壌化が最もすすんでいるといえるが、その効果も下層土までは及んでいない。これらの変化のうち、有機物量はとくに土壌の性質を左右する有力な要因とみてよい。同じ気候条件下では、有機物の増加は土壌動物や微生物活動を促進し、結果として分

解や無機化がすすみ、無機養分や N, CEC 等も増加する。同時に、容積量の低下をもたらす、保水力、孔隙量を増し、土壌の理化学性を大幅に改善してくれる。

植生タイプⅣはクロマツとヘクソカズラで区分され、ヤマウルシ、アラゲヒョウタンボクを含むスタンドである。植被率は 90% を越し、種類密度も 2.6 種と最高で遷移度もタイプⅤとともに高い。これらの表層土の土壌環境をみると、pH (H_2O)、C 含有率、採取時含水率、容積重、孔隙量等はタイプⅢと大差ないが、N 含有率、CEC、透水速度等はすべて低く、植生タイプⅢとは異質であることがわかる。これは主体としての高木性樹種の違いがもたらした環境形成作用の結果とみることができよう。植生タイプⅤ、Ⅵはともにヘクソカズラを欠くクロマツ林で、このうち、藪類を欠くスタンドがⅤ、それがみられるスタンドがⅥである。これらはⅢ、Ⅳのタイプよりも植被率、種類密度ともに若干低い。土壌環境のうえでは、植生タイプⅢ、Ⅳよりも表層土の pH と容積重は多少増し、電気伝導度、C、N 含有率、CEC、採取時含水率および孔隙量等はすべて低い。とくに顕著な違いは透水速度と硬度でみられ、前者はタイプⅤの平均が 39.2 ml/m、Ⅵは 22.0 ml/m で、タイプⅢのニセアカシア林の 1/2.6、1/4.7 にすぎず、ハイゴケを伴ったクロマツ林(Ⅵ)の透水性の悪さが印象づけられた。こうした透水性不良の原因の一つに、菌根菌のシロの存在が考えられる。しかし、透水性の低い植生タイプⅤの B4-9、11 や、植生タイプⅥの B3-11、12、B4-13、14、15 などの土壌の容積重は、いずれも 50 g/100 ml 以上あり、その可能性は少ないとみてよい。さらにまた、こうした傾向は、後者の土壌硬度でも端的に現われており、タイプⅥの硬度はⅢの 3.6 倍の 2.46 kg/cm² の堅さにも達していた。すなわち、地表にハイゴケのみられるクロマツ林の表層土壌は、きわめて堅くて、水を通しにくい、理化学性不良の特性をもっているといえる。これらは最も内陸寄りのほぼ閉鎖したクロマツ林内に多かった。

IV. 考 察

植生の客観的分類方法について、伊藤は分類アプローチと序列アプローチに分け、解説を加えた(2)。ここでとりあげた分類アプローチには一元的分割法、多元的統合法および ZM 方式の表操作が知られているが、統計的分類法は前 2 者に限られる。一般に一元的分割法ではアソシエーション分析が、多元的統合法ではクラスター分析が知られている。ここで用いたアソシエーション分析は単一種の有無で分類するだけに、方法論自体の欠陥も指摘され、組成の単純な植生に適用を限定すべきだと

の意見も出されている。わが国でも古く、細川(1)が英彦山のブナ林の植生分類に四分表法を導入し、比較検討した。最近になって、WILLIAMS & LAMBERT(10)の方法をとり入れ、茨城の海岸砂丘植生を検討した KACHI & HIROSE(3)の研究も成功例の一つといえる。ごく最近、野本ら(8)は、冷温帯と暖温帯の森林植生を対象に、分類アプローチと序列アプローチを平行して検討した結果、presence-absence データに基づいたアソシエーション分析の結果と、主成分分析の座標づけの結果が、また、相対優占値に基づいたクラスター分析と、BRAY & CURTIS 法の結果とが、それぞれほぼ対応していることを明らかにした。

上述の茨城海岸の例では、海岸林は対象外で砂丘植生のみの資料ではあるが、32 の調査個所から四つの植生タイプが区分された。すなわち、砂移動の著しい地帯のコウボウムギの優占するタイプ(Ⅰ)、半安定帯のケカモノハンシ、ハマボウフウ等の優占するタイプ(Ⅱ)、Ⅱよりさらに内陸側のヒメムカシヨモギ、オオアレチノギクの優占するタイプ(Ⅲ)と、チガヤの優占するタイプ(Ⅳ)である。太平洋側の茨城海岸と、日本海側の今回の例の直接の比較はむずかしいが、ここではケカモノハンシ、コウボウムギはともに植生タイプⅠに組み入れられた。タイプⅡはそれより内陸側で、チガヤ、ハマニンニク等の多少優位にある植生で KACHI らのⅢ、Ⅳのタイプを包含するものとみられる。これらも砂丘植生だけに限定すれば、対応関係はより明確にできよう。一方、植生タイプと土壌環境の対応関係をみると、茨城海岸の例ではきわめて明瞭で、汀線に近いコウボウムギ等のタイプⅠは交換態陽イオン濃度が高く、ケカモノハンシ等のタイプⅡは乾燥しやすい表層土、ヒメムカシヨモギ、オオマツヨイグサ等のタイプⅢは高い有機物含量と N 等の栄養塩類量、さらにチガヤの優占するタイプⅣは地下水位が高く、含水量の多いことでそれぞれ特徴づけられた。

ここでの結果でも表層土の土壌環境との対応関係はかなり明確に認められた。ただし、これらの結果のなかには、汀線からの距離による砂丘の形成年代の差の影響も考えられないことではない。しかし、汀線からの距離に大差なくとも、かなり顕著な土壌環境に差のみられたこと(5, 6)から、それ以上に主体の効果が著しいものといえる。すなわち、海岸砂丘地のケカモノハンシ、コウボウムギ等のタイプⅠでは、表層土壌の高い pH と容積重、低い C、N 含有率、CEC と孔隙量等で代表されるきわめて未熟な土壌である。同じ砂丘地のチガヤ、ハマヒルガオ等の優占するタイプⅡは、より内陸側に分布し、前者より容積重は低下し、C、N 含有率、CEC 等は多少高

く、明らかに土壤環境を異にしていた。また、海岸林のみられるⅢ～Ⅵのタイプは、Ⅰ、Ⅱのタイプよりも土壌化がすすみ、両者に顕著な差がみられた。具体的には、タイプⅢのニセアカシア林は、pH、容積重が6タイプ中で最低、採取時含水率、透水速度、孔隙量、電気伝導度、C、N含有率、CEC等は逆に最高であった。タイプⅣのクロマツ-ヘクソカズラ型は透水速度、N含有率、CEC等で多少タイプⅢよりも低下していたが、Ⅲに次いで恵まれた土壤環境を示した。ヘクソカズラと藨類とともに欠くクロマツ林(Ⅴ)は、ナワシロイチゴや、スズメノヤリ等が分布し、ハイゴケを主とした藨類のみられるⅥ型とともにⅢ、Ⅳのタイプより土壌は明らかに劣る。ⅤとⅥでは、藨類の分布するⅥ型は透水性が極端に劣り、硬度の大きいことで分けられた。すなわち、同じ海岸林とはいっても、主体の違いに応じて生物経済学的過程の生成物としての土壌にみられる環境形成作用には顕著な差がみられた。とくに根瘤によるN固定で知られるマメ科のニセアカシアのタイプⅢの土壌は、理・化学性ともに最も秀れた土壌である。クロマツ林とニセアカシア林の間では、リター供給量にはそれほど大きな差はない(河田・小西、未発表)ものの、前者のリターは樹脂分に富むだけに分解速度は大きく異なり、さらに養分含有率も大差ある(河田・小西、未発表)ためとみられる。これと対照的なタイプがクロマツ-藨類型(Ⅵ)で、ここでは表層土が堅く、透水性不良の状態を示した。同じ海岸クロマツ林でも針・広混交林のクロマツ-ヘクソカズラ型(Ⅳ)はニセアカシア林に次いで土壌化がすすんでいたといえる。

河崎ら(4)は、海岸林でも低木層や林床の発達した林分で、土壌の発達も顕著で、生態系の安定のためには針・広混交の複層林が望ましいと指摘している。その意味からは植生タイプⅣが最も生態的安定度が高いともいえる。この点を時間軸上での群落の相対的な位置関係を示すとされる遷移度(9)からみると、小さいものからⅠ、Ⅱ、Ⅵ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴの順となる(表-3)。Ⅰ、Ⅱが未熟な群落であり、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴは値に大差なく、相対的に成熟した群落とみてよい。一方の土壤環境要因の系列をみると、土壌化の発達のめやすとされる容積重をはじめ、孔隙量、C含有率およびCECはいずれもⅠ、Ⅱ、Ⅵ、Ⅴ、Ⅳ、Ⅲの順で、ⅢとⅤが逆のほかはまったく一致する。採取時含水率、pH(H₂O)およびN含有率は多少異なり、Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅳ、Ⅲの順となる。いずれも砂丘

地のⅠ、Ⅱが最も未熟で、Ⅲのニセアカシア林が最も土壌化がすすみ、Ⅳのクロマツ-ヘクソカズラ型がこれに次いでいた。すなわち、主体の違いに応じて環境形成作用も大きく異なり、群落の発達に対応した土壌の変化がみられた。最後に海岸林として望ましい植生タイプを、保安林としての機能と土壌の発達や生態的安定度からみると、土壌化の最も進んでいる広葉樹単純林のニセアカシア林は、残念ながら冬季間の防風、防潮、飛砂防止効果は落葉のため大幅に低下し、機能面から失格といえる。保安機能も低下せず、しかも土壌化もすすみ、相対的に生態的安定性の高いタイプとしてはクロマツ-ヘクソカズラ型があげられる。ただし、さきの調査例(5)から明らかなように、海岸林の飛砂等のスクリーニング効果は低位置の植被の発達が大きく関与している。その意味では必ずしも土壌の成熟度と対応しない場合も起こりうる。

引用文献

- (1) 細川隆英：群落構造論への四分表法の導入—英彦山ブナ林の構造について—。日生態誌 5: 58~62, 1955
- (2) 伊藤秀三：群落の組成と構造(伊藤秀三編：植物生態学講座2)。332 pp, 朝倉書店, 東京, 1977
- (3) KACHI, N. & HIROSE, T.: Multivariate approaches to the plant communities related with edaphic factors in the dune system at Azigaura, Ibaraki Prefecture (I) Association-analysis. Jap. J. Ecol. 29: 17~27, 1979
- (4) 河崎弥生・田中一夫：老齢海岸砂防林におけるクロマツの生長と土壌の肥沃化について。砂丘研究 28(2): 26~33, 1981
- (5) 丸山幸平・三浦貞親：海岸林の土壌-植生系への効果に関する研究—新潟海岸砂丘の飛砂地と対照地の比較—。新潟大演報 14: 43~78, 1981
- (6) 三浦貞親・丸山幸平：砂丘地の土壌-植生系に及ぼす海岸林の効果に関する研究—新潟県下越地方の海岸砂丘地の調査例—。新潟大演報 16: 9~36, 1983
- (7) MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H.: Aims and methods of vegetation ecology. 547 pp, John Wiley & Sons, New York, 1974
- (8) 野本宣夫・田柳勝男：暖温带・冷温带両域にわたる森林の植生連続的考察(現代生態学の断面編集委員会編：現代生態学の断面。325 pp)。221~228, 共立出版, 東京, 1983
- (9) 沼田 真：植物群落の遷移とその機構(加藤泰安・中尾佐助・梅棹忠夫編：山岳・森林・生態学。473 pp)。361~399, 中央公論社, 東京, 1976
- (10) WILLIAMS, W.T. & LAMBERT, J.M.: Multivariate methods in plant ecology (I) Association-analysis in plant communities. J. Ecol. 47: 83~101, 1959

(1983年7月18日受理)