

タイ国南部ナラチワ県における地形・土壌からみた環境特性の水平的配列と土地利用分布

Soil Development and Land Use Pattern associated with Geomorphic Features in Narathiwat Province, Southern Thailand

大久保悟* 武内和彦**

Satoru OHKUBO Kazuhiko TAKEUCHI

摘要：持続可能な農業的土地利用計画を考える際、その地域の環境特性を明らかにする必要がある。本論文では泥炭湿地を含む湿潤熱帯地域を対象とし、その環境特性を残存丘陵から海岸までのトランセクトに沿って地形・土壌により把握した。その結果内陸から、丘陵中腹凸型急斜面—Slope Complex、丘麓緩斜面—Udufts、粘土質台地低位面—Aquults、粘土質台地微高地—Udufts、海成低地—Fibrists、海成低地—Humods、海成低地—Psammentsの順に地形—土壌の類型区が配列していることが確認された。類型区ごとに現在の土地利用状況と農業利用の問題点や持続的農業利用のあり方を考察し、持続性という観点からホームガーデンという利用形態に注目した。

1. はじめに

持続可能な農業開発は、湿潤熱帯地域において人間生活に直面する重要課題である。なかでも一番の問題なのが、湿潤熱帯の環境は人為を含む外的営力に対して非常に弱く、壊れやすいということである。湿潤熱帯の土壌は痩せているといわれ、年間成長量の極めて高い熱帯林に関しても例外ではない。様々な開発行為によって土地が荒廃した場所は、熱帯地域において広くみられる (Grainger, 1993)⁶⁾。そのため持続可能な農業的土地利用計画を考える際、その地域の環境特性を明らかにし、植物に与える土壌の物理的・化学的な障害や、開発に対する許容力を理解することが必須である (久馬, 1984)⁹⁾。

農業利用の可能な土地の大部分がすでに開発された東南アジアにおいて、最後の未利用地といわれるのが低湿地である。マレー半島には淡水性泥炭湿地が広く分布する。この土壌の大部分は潜在硫酸酸性泥炭土壌である (久馬, 1983)⁸⁾。この土壌の泥炭層の下には、海水ないし汽水によって供給される SO_4^{2-} と有機物により生成されるパイライト (FeS_2) が蓄積されている。この堆積

物が排水の影響を受けて脱水・酸化されると、高濃度の硫酸塩が生成し、土壌が著しく酸性化する。その結果として、あらゆる土地利用が困難になった場所が多くみられる。

本研究は、泥炭湿地が広く分布するタイ国南部ナラチワ県を対象として、泥炭湿地を含めその周辺地域において持続可能な農業的土地利用を策定することを最終の目的としたものである。本論文では、計画策定のための基礎となるこの地域の環境特性を土壌・地形による地域区分を行い、土地利用との関連を把握した。また現在の土地利用状況の中から持続可能な利用法を抽出し、考察した。

2. 対象地の自然環境および調査方法

研究対象地は、タイ国南部ナラチワ県に位置する Bacho 泥炭湿地とその周辺である (北緯 $6^{\circ} 30'$, 東経 $101^{\circ} 45'$: 図-1)。

Narathiwat 観測所における気象データによると、年平均気温はおおよそ 27°C で年較差は少ない。年平均降水量はおおよそ $2,500\text{mm}$ で多雨地帯ではあるが、年間降雨量の約 50% が 11 月と 12 月

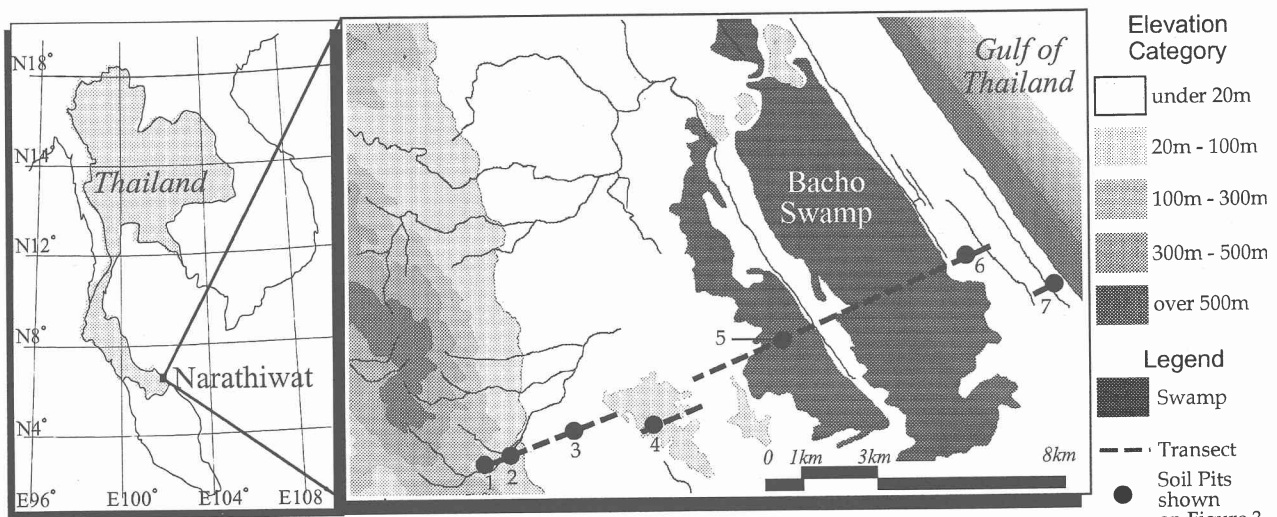


Figure 1 Location of study site, and elevation map around Bacho Swamp area (modified from Thailand 1:50,000 map printed by the Royal Thai Survey Department)

図-1 研究対象地の位置および Bacho 泥炭湿地周辺の地形図

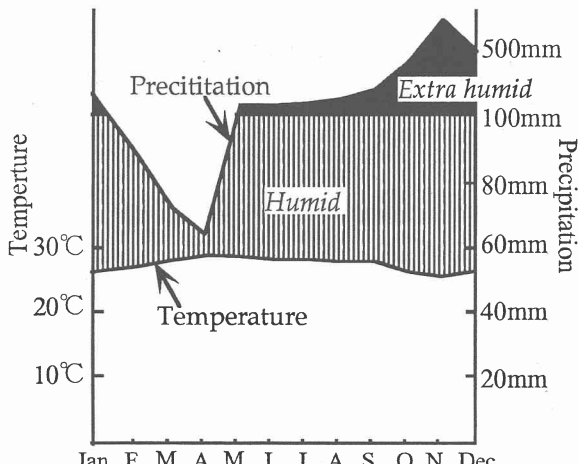


Figure 2 Climatic diagram of Narathiwat based on the data 1990-1995

図-2 ナラチワ気象観測所における気候ダイアグラム

の2ヶ月に集中し、月降水量が100mmを切る月が2~3ヶ月間みられ、熱帯モンスーン気候に近い気候条件にある(図-2)。

この地域の地形を特徴づけるのが、沖積低地 (riverine coastal plain) である。これは海岸線の移動に伴ってアジア大陸から張り出した海深100m以下のスダ陸棚の一部が離水し、砂州や浜堤等の繰り返しのよって形成される浜堤列平野 (strand plain: Currey et al., 1967, 海津, 1994より引用)¹¹⁾と、河川の堆積作用によって形成された沖積平野 (alluvial plain) を含む。海岸線に平行に形成される数本の浜堤の背後に、大きな後背湿地が立地している。

内陸には花崗岩性の残存丘陵 (Zogenberg) がみられる。標高は300mから600mである。こうした地形は雨季と乾季が明瞭

な地域に特徴的とされており (田村ほか, 1995)¹⁰⁾、この地域がモンスーン性の気候帯にあることと密接に関連している。

今回は残丘から泥炭湿地や浜堤を横切る海岸までのトランセクトを設定し、表層土壌の垂直方向と水平方向の層位変化を調査した。トランセクトは、海岸線とほぼ垂直にこの地域の環境要素をすべて含むように設定した (図-1)。トランセクトに沿って、クリノメーターを用いて地形断面測量を行い、中地形・小地形による地形区分を行った。

次に、地形と土地利用から見て典型的な場所において土壌断面調査を実施した。深さ1m前後の土壌断面を全体で33地点作成し、土壌層位を土色、土性、層位の厚さと深さとともに記載した。総長2mの検土杖を用いて25m間隔に水平的変化の補足を行なった。得られた観測結果をもとに、Soil Taxonomyの基準に従って土壌層位の段階に分類した。その際、場合によっては土壌の粒径分布や有機物量、塩基飽和度、AlやFeの含量が分類基準となるため、実験室に試料を持ち帰り分析を行った。

この地形断面測量と土壌地理学的調査の結果をあわせて、トランセクト上における地域区分を行った。地形・土壌による地域区分は土地評価のひとつの方法である (Young, 1975)¹²⁾。地域区分の結果で得られた各類型区分において、土地利用を同時に記録し、両者の関連をみた。

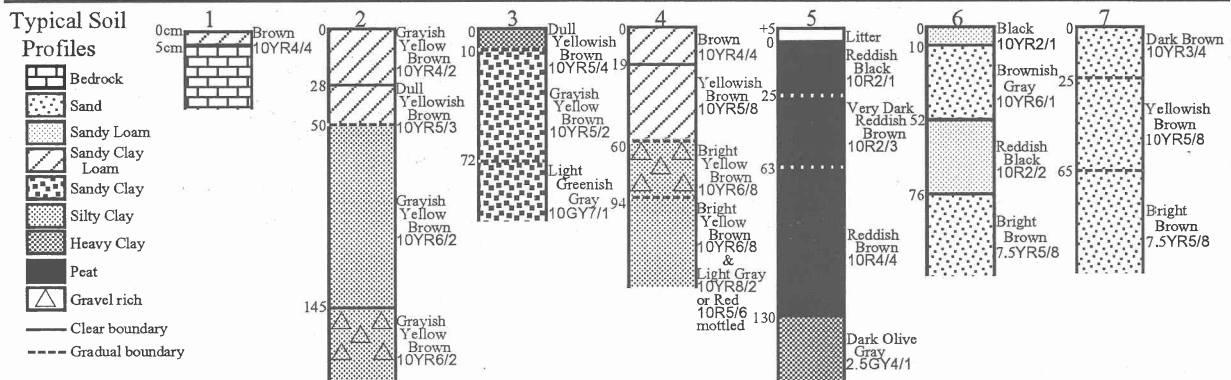
3. 調査結果と考察

この地域は、地質学的に、花崗岩丘陵とその堆積物からなる部分と、海成の堆積物からなる部分に大きく2分割される (Geological Survey Division, 1979)⁵⁾。図-1を見てわかるように、Bacho泥炭湿地周辺には大きな河川はみられず、沖積土 (Alluvial Soils) はほとんど確認されなかった。地形・土壌から地域区分を行った結果と、各類型区の特徴と土地利用状況を図-3に示した。土壌断面柱状図は、各類型区のみで典型的な特徴を持つ地点のもののみを記載した。土壌表記はSoil Taxonomy上

図-3 地形・土壌による地域区分の結果と各類型区の特徴

Figure 3 Land units classified by geomorphic - soil types and characteristics of each units

Geomorphology	Convex Steep Slope	Foot Slopes	Low Terraces	Inselberg Uplands	Lowland Peat Swamps	Lowland Sand Dunes	Lowland Beach Ridges
Soil Type (FAO/UNESCO)	Slope Complex	Udults (Acrisols)	Aquults (Gleyic Acrisols)	Udults (Acrisols)	Fibrists (Histsols)	Humods (Humic Podolsols)	Psamments (Regosols)
Major Landuse	Dipterocarp forests	Rubber Plantations	Paddy Fields	Rubber Plantations	Melaleuca Forests	Melaleuca Forests	Grasslands
Geology	Granite Igneous Rocks	Terrace Deposits	Terrace Deposits	Granite Igneous Rocks	Marine Deposits	Marine Deposits	Marine Deposits
Elevation	50m - 100m	10m - 50m	5m - 10m	10m - 30m	under 5m	under 5m	under 5m
Slope Degree	20° - 30°	2° - 5°	under 2°	2° - 10°	under 2°	under 2°	under 2°



の分類名とあわせて、FAO/UNESCOによる分類名も示した。残存丘陵から海岸まで、丘陵中腹凸型急斜面-Slope Complex, 丘陵緩斜面-Udufts, 粘土質台地低位面-Aquults, 粘土質台地微高地-Udufts, 海成低地-Fibrists, 海成低地-Humods, 海成低地-Psammentsの順に7つの類型区の配列が見られた。

花崗岩丘陵地の中腹では有効土層が薄く、すぐに花崗岩の基盤がみられることから、風化および土壌の侵食が進んでいると考えられる。このような土壌条件ながら、樹高20mを越えるフタバガキ科などの熱帯常緑樹林が成立していることが確認された。人為の介入は少ないと考えられるが、部分的にバナナやロンコン(竜眼の園芸種)といった果樹のプランテーションがみられ、集約的な利用がなされており、後述する丘陵緩斜面と比較しても土地の生産性は高いと考えられる。

本研究対象地内で最も集約的に利用されているのが、次にみられる丘陵緩斜面から粘土質台地低位面、粘土質台地微高地にあたる部分である。残存丘陵の麓に発達した堆積物(pediment)が隣り合う丘陵の堆積物と連合・拡大して形成された場所であり、地形学的にペディプレーン(pediplain)と呼ばれる(田村ほか, 1995)¹⁰⁾。丘陵緩斜面や粘土質台地微高地では有効土層は厚く、地表から1m以下に灰白色の粘土集積層(Argillie horizon)がみられること、地表から1.8m深さの塩基飽和度が35%以下(10~20%)であること、年間90日以上乾燥することがないことから、土壌はUduftsに分類された。粘土集積層に赤色化した粘土斑紋が確認され、かなり深層まで風化されていることが確認された。粘土集積層からもわかるように表層からの養分の洗脱が起こりやすい土壌であり、一般的には肥沃度は低いと考えられている。しかしこの地域の中で限ると、相対的に生産力の高い場所であり、ゴムのプランテーションや熱帯果実のプランテーションなど集約的な土地利用がみられ、多くの集落も立地していた。

このペディプレーンにおいて2~3mほど比高が低く、地下水位の高い粘土質台地低位面は、雨季にかけて表層土壌が飽水するために表層ではグライ化作用が認められ、土壌はAquultsに分類された。この類型区には水田が立地し、降雨量の増える9月に植付けをはじめ、乾季となる3月に収穫する1期作の稲作が行われている。作付け法は我が国にみられるような移植栽培である。ただし用水は丘陵緩斜面の表面流を直接利用し、移植用の苗床は丘陵緩斜面や台地微高地にみられる。このように、この地域の稲作はそれ自体は台地低位面で行われるものの、水供給源および育苗場所として丘陵緩斜面や粘土質台地微高地に大きく依存していると考えられた。

今回のトランセクトでは、台地微高地から海成低湿地に移行する配列であったが、これはこの地域で一般的にみられる地形配列である。中央の砂丘列を挟んで位置するふたつの泥炭湿地は、泥炭層の下層に大きな違いがみられた。海側の湿地の下層は海砂層の上下変動が大きく、地表付近にまでみられるところもあった。一方内陸側では海砂層はほとんどなく、大部分が海成粘土層であった。海側にも海成粘土層は確認されたが、内陸側と比較すると固相容積が小さく、陸化後の熟成(ripening)がほとんど進んでいないと考えられた。また内陸側の海成粘土層にはパイライトの酸化によって生じるジャロサイトの痕跡がみられ、熟成の過程ですでに酸化していると考えられた。さらに内陸側の下層には、花崗岩由来の陶土層がみられた。この陶土層は中央の砂丘列の内陸側の下層にもみられた。これらのことから、中央の砂丘列を境に両湿地の成立時代は異なると考えられる。

この両湿地とも、1970年代よりタイ政府による農地開発が行われたが、そのうち水田開発は失敗に終わり(Chakuranon *et al.*, 1995)²⁾、現在はフトモモ科の*Melaleuca cajuputi*の純林が成立している。現在内陸側と海岸側の泥炭湿地は、それぞれ保

全区域と開発区域に指定されている。開発区域では排水が進み、ここ10年間で約50cmほど地盤沈下が起こっている(Chakuranon *et al.*, 1995)²⁾。開発区域における泥炭層のpHは、保全区域では4以上であるのに対し、3.5前後と低く、硫酸酸性の影響が強くなっていると考えられる。

今回のトランセクトでは4本の浜堤・砂丘列が確認された。1本は大きな泥炭湿地に挟まれており、残り3本はそれぞれ堤間湿地によって分かれている。内1本は現在の海浜にあたる。現在の海浜を含む海側2本の砂丘列の土壌は、腐植層がほとんどなく、層分化も明瞭でないため、Psammentsに分類された。これと比較して陸側2本の砂丘列の土壌は、数cmの腐植層の下に約50cmほどの灰白色の溶脱層がみられ、さらに下層には有機物とA1の集積層(Spodic horizon)が広範囲にわたって確認されたため、Humodsに分類された。この集積層の発達度は局所的に変化する。とくに泥炭湿地に挟まれた砂丘列では、集積層の位置は20cm程度と非常に浅く、集積層の強い固結化が認められた。土壌試料の分析によると、この砂丘地はいずれの層においても他の砂丘地と比べてAl, Fe, 有機物量が多いことがわかった。これらの物質は泥炭湿地より供給されていると考えられ、他の砂丘列とは土壌成分の供給に関して異なる性質を持つ。

一般にEntisolsやSpodosolsと呼ばれる土壌は農業利用には適さないといわれており、本研究対象地でも荒廃した土地の指標ともなる*M. cajuputi*が点在していた。しかし同じ土壌条件に立地する集落の周辺では、ココナツのプランテーションがみられ、集約的な農業も行えると考えられた。

4. 土地利用のあり方に関する検討

今回示したような地形・土壌分類による環境特性の把握は農業的土壌評価の基礎となり、実現性のある土地利用計画を策定するのに必須なものである(Dijkerman and Miedema, 1988)³⁾。とくに下部土層の把握は、土壌分類上だけでなく、この地域において土地生産力の持続性を考える上でも重要と考えられる。なかでも泥炭湿地においては、下層の状況が表層に大きく影響する。下層に海成粘土層があるところでは、排水等の開発を行う際にこの層が湿地のどの部分に、さらにどの深さあるのかを把握しておくことが、この層の酸化を避けるために重要となってくる。同じ海成粘土でも、熟成過程の途中にあるものは自然状態で脱水収縮を受けするため、より硫酸酸性を産出する可能性があることに留意すべきである。今回示されたように、砂丘列を挟むふたつの泥炭湿地のうち海側の開発区域に指定されている湿地にみられる海成粘土層はほとんど熟成していないと考えられるため、今後の開発には十分な注意が必要である。

丘陵緩斜面や粘土質台地微高地にみられた粘土集積層にも注意を必要とする。近年低湿地や氾濫原に道路を設置するため、こうした場所の土壌が切り出されることが多く、下層の粘土集積層が露出している場所が増加している。露出した粘土層は不可逆的に固化して鉄石となり裸地化するため、このような土壌断面を持つ場所では表層の保護は必須である。またこうした土壌では表層からの養分の洗脱がすすんでいると考えられるが、深根性の樹木による養分の再循環により表層の肥沃度が維持されている(八木, 1994)¹¹⁾。そのためこのような土壌条件で土地生産力を保持するためには、森林の状態を維持することが必要となる。

湿潤熱帯の環境は極めて微妙なバランスの上になり立っている。伐採や火入れといった人間活動により微妙な養分循環が崩壊し、急激に森林の後退・草地化が進む。比較的生产力の高い場所においても人間の影響に対し過敏である。そのため持続的な土地利用計画を策定することは湿潤熱帯環境では重要な意味を持つ。この持続性という観点から近年注目されているのが、家屋周辺のホー

ムガーデンである (Gillespie *et al.*, 1993)⁵⁾。今回予備的な調査として、土地生産力の高い丘陵緩斜面と、一般的に農業利用が困難と言われている浜堤・砂丘地に立地する集落において、それぞれ3つのホームガーデンを選び、木本種の種組成と現存量を比較してみた。その結果樹種や種類数には大きな違いがあったが、果樹や建材に用いられる有用な樹種ばかりであり、単位面積当たりの現存量としては両立地間で大きな差がみられなかった。あくまでも予備的な調査であり、調査数も少ないために断定はできないが、地元住民は土地の生産力の違いに依存することなく、適切に土地を利用しているのではないかと示唆される。また不適切な農地開発によって硫酸酸性土壌化した泥炭湿地に生育する *M. cajuputi* も、地元住民は木炭や建築材といった目的に有効利用しており、近年は有用な樹種として注目されている (Brinkman and Xuan, 1991)¹⁾。こうした伝統的な土地利用や生活様式に学ぶ発想は土地生産性の持続可能性を考える際に重要と思われ、今後の土地利用計画策定の行程の中に反映していくべきだと考え

られる。

謝辞

本論文をまとめるに当たり、多くの方々のお世話になった。とくに現地調査において、タイ国森林局の Tanit Nuyim 氏には、移動車両や調査補助員の確保に、多大なご尽力を頂いた。また、同国 Pikun Thong Royal Development Study Center 所長 Chaiwat Sitthibush 氏、土壌部門部長 Apichart Eiamoom 氏には、センターの施設利用や現地調査に関して貴重なご助言を頂いた。同センターの Benjaporn Charkranon 氏は、土壌分析を快く引き受けて下さった。また、東京農業大学総合研究所の長野敏英先生には、タイ国との研究協力体制の調整にご尽力を頂いた。こうした方々の協力なしには、異国の地において何の滞りもなく調査を行うことはできなかったであろう。この場をお借りして、厚く御礼を申し上げたい。なお、本研究は文部省科学研究費補助金創成的基礎研究費 No. 08NP0901 (研究代表者: 佐々木恵彦) による研究成果の一部である。

参考および引用文献

- 1) Brinkman, W. J. and Xuan, V. T. (1991): *Melaleuca leucadendron*, a useful and versatile tree for acid sulphate soils and some other poor environments: The International Tree Crops Journal 6, 261-274.
- 2) Chakranon, B., Sitthibuth, C., Jongskul, A., Eiamoom, P and Vijarnsorn, P. (1995): Subsidence of organic soil (Narathiwat series) in swamp area Narathiwat Province. In Department of Land Development, Thailand eds. Proceeding of the 3rd annual technical conference of Department of Land Development, 421-432.
- 3) Dijkerman, J. K. and Miedema, R. (1988): An Ustult-Aquult-Tropept catena in Sierra Leone, West Africa I. Characteristics, genesis and classification: Geoderma 42, 1-27.
- 4) Geological Survey Division (1979): Geological map of Thailand 1:250000, Chanwat Narathiwat: Royal Thai Survey Department, Bangkok.
- 5) Gillespie, A. R., Knudson, D. M. and Geilfus, F. (1993): The structure of four home gardens in the Peten, Guatemala: Agroforestry Systems 24, 157-170.
- 6) Grainger, A. (1993): Controlling Tropical Deforestation: Earthscan London, 310pp.
- 7) 海津正倫 (1994): 沖積低地の古環境: 古今書院, 東京, pp270.
- 8) 久馬一剛 (1983): 東南アジア低湿地の土壌—その2 湿地林下の有機質土壌: 東南アジア研究 20, 492-511.
- 9) 久馬一剛 (1984): 熱帯の土壌, 熱帯農業シリーズ熱帯農業要覧 No. 3: 国際林業協力協会, 東京, pp124.
- 10) 田村俊和・島田周平・門村浩・海津正倫 (1995): 湿潤熱帯環境: 朝倉書店, 東京, pp257.
- 11) 八木久義 (1994): 熱帯の土壌—その保全と再生を目的として—: 熱帯林造成技術テキスト 4: 財団法人国際緑化推進センター, 東京, pp160.
- 12) Young, A. (1975): Rural land evaluation. In J. A. Dawson and J. C. Doornkamp eds. Evaluating the human environment, 5-33, Arnold, London.

Summary : In the humid tropics, determining the limits of ecological functions for each land use might be the much important to develop sustainable agricultural land use system, since tropical ecosystems are originally fragile. In the most case, soils are major limiting factor. To achieve the sound land use planning, it is the first step to recognize the ecological characteristics based on physical properties.

The objective of this study is to classify the landscape ecological units, at the Bacho swamp and its surroundings, in the Narathiwat Province, Southern Thailand. The transectional approach from mountain area to coastal area was taken to know the variety and the relationship of environmental attributes, in particular, geology, geomorphology, pedology, and land cover/use. In addition, species composition and tree bulk of valuable trees in home gardens were compared between a village located on foot slope and one on sand dune.

The transection was classified by combining geomorphic and soil types into seven land units, namely, 1) Convex Middle Slopes - Slope Complex, 2) Pediment - Udufts, 3) Low Terrace - Aquults, 4) Upland - Udufts, 5) Lowland Swamp - Fibrists, 6) Sand Dune - Humods, and 7) Beach Ridges - Psamments, and the spatial relationship between each type were discussed.