アジア・アフリカ地域研究 第 10-2 号　2011 年 3 月
Asian and African Area Studies, 10 (2): 107-122, 2011

特集・研究と実務を架橋する実践的地域研究

ナミビア乾燥地域に分布するモパネ植生帯の植生景観の特徴

手代木　功　基 *

Characteristics of the Vegetational Landscape in Mopane Vegetation, Arid Namibia

Teshirogi Koki*

Mopane vegetation, which is characterized by the dominance of *Colophospermum mopane*, is distributed through arid to semi-arid areas of southern Africa. It is widely recognized that the physiognomy of mopane includes both tree and shrub forms, but in the arid part of Namibia, less is known about the characteristics of the vegetational landscape, including the mopane tree's morphology, than other areas. The purpose of this study is to reveal the characteristics of the vegetational landscape with special reference to the physiognomy of *Colophospermum mopane*. As a result of my field survey, the mopane that dominates this area can be divided into a short, multi-stemmed type and a tall, single-stemmed type. Each type has a specific distribution. Short, multi-stemmed mopane grew densely in hilly and mountainous areas, while tall, single-stemmed mopane trees sparsely dominated on the floodplain and near ephemeral riverbed. Because short, shrub-type mopane provides a resource for feeding goats, the dense growth of short, shrub-type mopane may play an important role in livestock farming in this area.

1. は　じ　め　に

南部アフリカの南緯 20 度付近にはマメ科ジャケツイバラ亜科の半落葉樹であるモパネ（*Colophospermum mopane*）が優占する植生帯が分布している［White 1984］．このモパネ植生帯[1)] は年平均降水量が 400 mm 未満の乾燥・半乾燥地域から 1,200 mm 以上の地域まで幅広い降水量のもとで分布し（図 1），その多くの場所でモパネが排他的に生育している［Werger and Coetzee 1978］．

モパネの大きな特徴として，樹高が高く樹冠が上方に広がるタイプ（高木）と，樹高が低

* 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科，Graduate School of Asian and African Area Studies, Kyoto University，日本学術振興会特別研究員，Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science
2010 年 4 月 26 日受付，2011 年 2 月 8 日受理

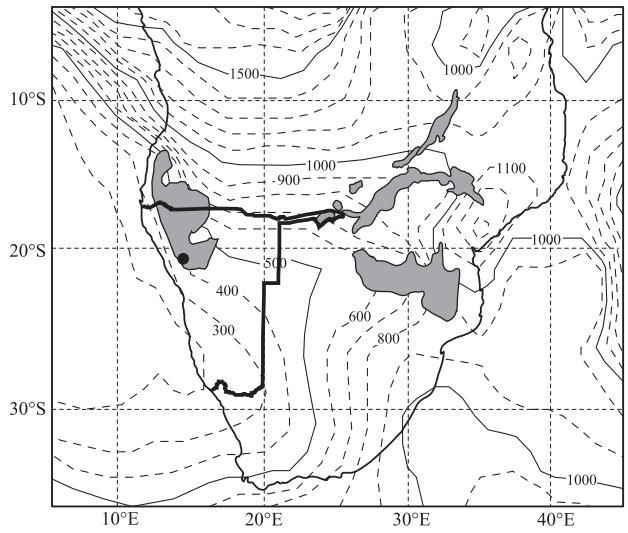

図 1　モパネ植生帯の分布域と南部アフリカ地域の年合計降水量

降水量の等値線の単位は mm，CMAP から作成した木村［2005］をもとに作成．モパネ植生帯の分布は，伊谷・寺島［2001］と Curtis and Mannheimer［2005］をもとに作成．なお，破線は 100 mm ごと，実線は 500 mm ごとの降水量を示し，黒塗りの領域はモパネの分布域，太い実線はナミビアの位置，黒点は調査地の位置を示している．

く地表面付近に葉が広がるタイプ（低木）という 2 つの樹形が出現することが指摘されてきた［Timberlake 1996; Mapaure 1994; Hempson *et al.* 2007］．これら 2 つの樹形は樹齢の違い等によるものではなく，2 つの樹形の分布域が明瞭に異なっている場所が多い［Timberlake 1995; Macgregor and O'Connor 2002］．したがってモパネの樹形は，モパネ植生帯の植生景観を特徴付ける大きな要因となっている［Timberlake 1996; Mapaure 1994］．

モパネの樹形が異なる要因に関しては，多くの先行研究がモパネの根系の深さとそれによって変化する土壌水分の入手可能性が大きな影響を与えていることを指摘している［Dye and Walker 1980; Cole 1986; Timberlake 1995, 1996］．また，マグネシウム含量や土壌の粒径といった土壌特性の違いが 2 種の樹形の分布に影響しているという報告が一部地域でみられる［Fraser *et al.* 1987; Archibold 1995; Mlambo 2006］．その他の要因として，ゾウによる採食［Lewis 1991; Smallie and O'Connor 2000］や野火の影響［Mlambo and Mapaure 2006］といった撹乱要素が考えられてきた．近年では樹形の違いと遺伝学的な差異の関係に関する検討も進んでおり，Hempson *et al.*［2007］は，南アフリカのクルーガー国立公園内で混在している高木型のモパネと低木型のモパネの環境条件と遺伝学的な差異の関係について検討し，遺伝

1）モパネが分布する地域の植生は，モパネサバンナ，モパネウッドランド，モパネシュラブランドなどさまざまな呼称が存在するが，本稿ではそれらを統括した意味としてモパネ植生帯を用いる．

学的には違いがみられず，水分条件を主とする環境要因がモパネの樹形の大きな規定要因になっていることを指摘した．

しかしながら，以上の研究の多くはモパネ植生帯の東部に位置する国立公園や実験サイトで行なわれており，モパネ植生帯の特徴が地域住民の生業にどのような影響を与えているのかに関してはこれまでほとんど検討されてこなかった．さらに，モパネ植生帯で最も乾燥して環境条件が厳しいナミビア北西部では，モパネの樹形に関しては簡単な報告しかなされていない［Mapaure 1994; Curtis and Mannheimer 2005］．ナミビア北西部では地域住民による牧畜が行なわれ，モパネ植生帯が家畜の放牧地として重要な役割を果たしているため，植生景観の特徴を人間活動との関係から明らかにすることは意義が大きいといえる．

そこで本研究では，ナミビア北西部において植生景観の特徴を特にモパネの樹形に着目して明らかにするとともにその規定要因について考察し，モパネ植生帯の放牧地としての重要性を検討することを目的とする．

2. 調査地域と調査方法

2.1 調査地の概要

2.1.1 調査地域について

調査地はナミビア共和国の北西部，クネネ州のコリハス地域にあるレノストロコップ村である（20°28'S，15°16'E）．ナミビア北西部は，東部に標高 1,000-1,800 m 程の高原状の地域が広がり，南部アフリカ中央部の高地を取り囲む大規模な崖地形（グレートエスカープメント）を挟んで海岸部へ向かって標高が低下して，海岸部のナミブ砂漠に至っている．この地域は乾燥しており，降水量も海岸に向かうにつれて減少していく（図 1）．クネネ州南部の主要な町コリハスでは，1958 年から気象観測が行なわれているが，それによると過去 48 年間の年平均降水量は 230 mm であった．[2] そのためコリハス地域では，農耕活動はほとんど行なわれておらず，この地域に主に居住するダマラの人々は主に牧畜を生業としている［Mendelsohn 2003］．

ナミビアは 1990 年に独立を果たした国で，アフリカ諸国の中でも比較的新しい国家である．独立以前は南アフリカ共和国に不法統治されており，アパルトヘイト政策が土地所有制度に適用されていた．そのため，当時は人種や民族によって土地所有が明確に規定されていた．調査村は 1968 年までは「白人」の私有地であったが，1986 年に民族ごとにホームランドと呼ばれる黒人の居住地域が制定され，調査村一帯はダマラ人のホームランドであるダマラ・ランドの一部として「黒人」の共有地となった［Mendelsohn 2003］．独立後アパルトヘイトが廃止されたが，ナミビアは現在でも主に「白人」が私有する商用地と「黒人」の共有地に土地が大き

2）データは Namibia Meteorological Service から提供を受けた 1956 年から 2008 年の月別降水量データによる（欠測年含む）．

く二分されており，村周辺は共有地として区分されている［Mendelsohn 2003］.

ダマラはナミビア国内に約 10 万人居住しており，コリハス地域を中心とする旧ダマラ・ランドに住む人々が多い．村落に住むダマラは主に牧畜を行なっているが，地域によっては小規模な農耕や採集活動も含めたさまざまな生業活動に従事している［Sullivan 2005］．また近年では多くのダマラが首都や近郊都市などに居住するようになっており，官公庁などの公的部門や飲食店の従業員といったサービス産業への就業が多くなっている［Sullivan 2005］.

2.1.2 調査村について

調査村のレノストロコップ村はコリハスの東南東約 30 km に位置しており，標高は 900-1,600 m である．特に，村の中央には季節河川ウガブ川の支流が存在し，その河成堆積面に人々が居住している．河川に水流がみられることは雨季でもほとんどなく，雨季の降水の後でも水たまりが部分的に生じる程度である．そのため住民は，井戸からの地下水を利用している．ナミビア政府によって配備された井戸は，ディーゼルエンジンのついた電動ポンプを使用している．人々はこの井戸によって家畜の飲み水も含めた生活用水を年間を通して得ることができる.

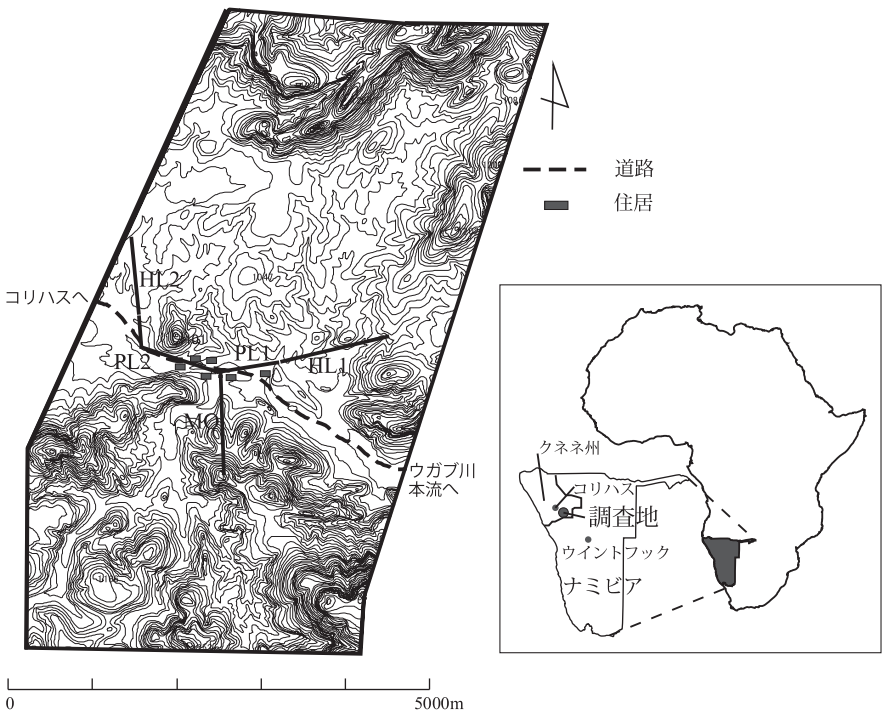

図 2 ナミビア北西部レノストロコップ村の位置と調査地点
等高線は 5 万分の 1 地形図をもとに作成した.

村には 6 世帯約 30 人が生活しており，村人以外に家畜の世話をするために雇われている男性が 4 人いる．人々の主要な生業は牧畜であり，全ての世帯が家畜を所有し，定住して放牧を行なっている．全世帯がヤギを飼養し，ヤギ以外の家畜（ウシ・ロバ）を飼養しているのは 2 世帯のみであった．村では合計約 300 頭のヤギが飼養されている．ヤギの放牧は牧者が集落の周囲 5 km 程度のところで行なっており，主に集落の北側に広がる丘陵地がヤギの放牧場所となっている．またヤギは南側の山地には行かない［Teshirogi 2010］．2 世帯のみが飼養しているウシやロバは牧者を伴わずに家畜のみで放牧されている．

村周辺の植生はモパネ植生帯に区分されている［Giess 1971; Curtis and Mannheimer 2005］．村人は建材としてモパネなどの木本の幹を伐採することがあるが，その利用頻度は低い．また村にはネジツノカモシカ（クドゥ）（*Tragelaphus strepsiceros*），セグロジャッカル（*Canis mesomelas*），キイロヒヒ（*Papio cynocaphalus ursinus*）などの野生動物が存在するが，個体数は少なく狩猟活動などはほとんど行なわれていなかった．また小規模な野火がまれにみられる．

2.2　方法

2.2.1　現地調査の方法と解析手法

現地調査は 2008 年 8 月から 2009 年 1 月の期間に村に滞在して実施し，地形を基準として設置したラントランセクトを用いて植生調査を行なった．具体的には，村で最も多い家畜を飼養する世帯の家畜囲いの入り口を起点として，合計 3 本のトランセクトを設置し，幅 2 m のライン上に出現した樹高 0.5 m 以上の木本種について毎木調査を行なった（図 2）．毎木調査は各個体の種名と，樹形のパラメータとして樹高・胸高直径・株立ちしている幹の数（幹数）を記録した．樹高は測竿を用いて測定し，胸高直径は樹高 1.3 m 地点の直径が 3 cm 以上の幹をもつ個体を対象に測定した．株立ち個体の幹数については，同一と判別できる個体の地表面における幹の数を記録した．そして，各個体の胸高直径をもとに胸高断面積を算出した．その胸高断面積をもとに，トランセクトごとの木本種の優占度を求めた．また，ラインの位置・各木本個体の位置は小型の GPS 受信機（GARMIN 社製 GPSMAP60CSx）で記録し，各個体の集落からの距離を算出した．

各トランセクト間の差異の有無を検証するために，モパネの樹高・胸高断面積・個体あたりの幹数についてノンパラメトリック法のひとつである Kruskall-Wallis 検定を実施した．また，モパネの集落からの距離による変化を可視化する際には，局所重み付きの最小二乗法を用いた平滑化曲線を算出した．全ての統計解析は R version 2.10.0［R Development Core Team 2009］を使用した．

2.2.2　設置したトランセクトごとの地形条件

トランセクトは，地形面を基準として 3 本中 2 本を二分し，合計 5 本とした．そして 5 本

のトランセクトを HL1，HL2，MO，PL1，PL2 とした．これらの名称は，それぞれのトランセクトが通過する部分の地形環境をもとにしており，それぞれ，HL：丘陵地，MO：山地，PL：河成堆積面を示している．表 1 は，各トランセクトの特徴についてまとめたものである．各トランセクトは，季節河川の流路や涸れ沢（ガリー），局地的な岩塊地等を除き，大部分を単一の地形区分上に設置した．

はじめに HL1 と HL2 は，集落から北東および北西に位置する丘陵地に設定した．丘陵地は，主に面状浸食を受けて緩やかな斜面を形成する地形であり，散在する孤立丘や北部の山域に向かって緩斜面を形成していた．ただし，一部には線状浸食が卓越した部分もみられた．丘陵地は基盤岩が露出している場所が多く，細粒物質層の厚さも薄かった．また，細粒物質層の厚さは，緩斜面の上部に向かってより薄くなる傾向がみられた．

MO は集落よりも南に分布する山地に設置した．山地のトランセクトは，山腹斜面（崖面・岩屑斜面）と頂面からなる．山地では丘陵地と同様に，基盤岩が露出している場所が高い割合を占めており，細粒物質層の厚さも薄かった．山腹斜面にあたる部分では，平均の傾斜が 13°程度であり，場所によっては傾斜が 20°を超える急傾斜地も存在した．

PL1 と PL2 は，集落の分布する地形面である河成堆積面を対象とした．河成堆積面には比較的大規模な季節河川が存在し，河川が作る崖部分を除いては，ほぼ平坦な面が連続している．また平坦面の土壌を観察すると，厚い砂層が堆積していた．平坦面の一部には村の住民が井戸を中心としてまばらに定住している．PL1 を集落から北東方向，PL2 は北西方向に設置した．

3．結　　果

3.1　植生の概要

表 2 は，トランセクト上に出現した主な木本種と，その特徴を示したものである．トラ

表 1　ナミビア北西部レノストロコップ村に設置した各トランセクトの特徴

	HL1	HL2	MO	PL1	PL2
全長（m）	1,370	1,040	790	600	950
集落からの距離（m）	600-1,970	1,290-2,188	350-1,140	0-600	498-1,290
高低差（m）	13	23	180	8	7
平均傾斜（°）	0-2	0-3	13	0-1	0-1
主な地表面状態	基盤岩および礫質土	基盤岩および礫質土	基盤岩および礫質土	砂質土	砂質土
平均細粒物質厚（cm）	20-100	20-100	20-100	100<	100<

主な地表面状態と平均細粒物質厚については，Teshirogi［2010］における該当する地形面のデータをもとに記載．その他の数値については，調査結果をもとに作成．なお，全長は斜面長を示す．各トランセクト名のアルファベットは，トランセクトをそれぞれ設置した主要な地形を示している（HL：丘陵地，MO：山地，PL：河成堆積面）．

表 2　ナミビア北西部レノストロコップ村における各トランセクトに出現した主な木本種

	総個体数	樹高（m）			胸高断面積（cm^2）			個体あたりの幹数（本）			100 m あたりの出現個体数				
		第 1 四分位点	中央値	第 3 四分位点	第 1 四分位点	中央値	第 3 四分位点	第 1 四分位点	中央値	第 3 四分位点	HL1	HL2	MO	PL1	PL2
Acacia reficiens	79	0.8	1.1	1.7	0	0	0	2.0	3.0	3.5	0.4	6.3	0	0	0.7
Catophractes alexandri	160	1.2	1.7	2.1	0	0	1.9	6.0	8.0	13.25	10.0	2.1	0.1	0	0
Colophospermum mopane	422	1.2	2.0	3.0	0	19.2	249.4	2.0	3.0	5.0	9.2	15.3	12.0	2.8	2.6
Combretum collinum	41	2.0	2.1	2.5	4.5	23.7	65.0	5.0	7.0	10.0	1.2	0.1	2.9	0	0
Terminalia prunioides	21	2.4	3.0	3.2	33.2	89.9	426.2	3.0	4.0	6.0	0.9	0.6	0.3	0	0
その他	38	1.0	1.5	2.6	0	0	56.7	1.0	1.0	3.0	0.9	1.6	0.6	0	0.4

各木本種の胸高断面積，樹高，個体あたりの幹数についての要約を示すとともに，各トランセクトにおける木本種の 100 m あたりの出現個体数を小数第 2 位で四捨五入して示した．第 1 四分位点は，全データの個数の 1/4 の部分の値を示し，中央値は 1/2，第 3 四分位点は 3/4 のところの値を示している．また，その他には，*Combretum imberbe*，*Acacia erioroba*，*Cryptolepis decidua*，*Bocia foetida*，*Dichrostrachys cinerea*，*Grewia bicolor*，*Commiphora* sp. などが含まれる．凡例のトランセクトの略称については表 1 参照．

ンセクト上の総出現個体の 54%はモパネで，全トランセクト上に 422 個体出現した．次いで個体数が多いのは，ノウゼンカズラ科の *Catophractes alexandri* であり，総出現個体の約 20%を占めていた．他に出現個体数が多いのは，マメ科の *Acacia reficiens*，シクンシ科の *Combretum collinum* と *Terminalia prunioides* であった．「その他」には，シクンシ科の *Combretum imberbe*，マメ科の *Acacia erioroba*，ガガイモ科の *Cryptolepis decidua*，フウチョウソウ科の *Bocia foetida*，マメ科の *Dichrostrachys cinerea*，シナノキ科の *Grewia bicolor*，カンラン科の *Commiphora* sp. などが含まれる．これらの「その他」に含まれる種が出現した数はそれぞれが 5 個体以下だった．

主要な出現種の樹高・胸高断面積・幹数は，種によって違いがみられた．*Acacia reficiens*，*Catophractes alexandri* は樹高が低い個体が多く，樹高の中央値は 2 m 未満であった．またこの 2 種は個体あたりの胸高断面積の値も小さかった．そして，*Catophractes alexandri* と *Combretum collinum* は幹数が多く，株立ちで細い幹が多く存在するような樹形を呈していた．*Terminalia prunioides* は，樹高が 3 m 程度で胸高断面積が比較的大きな，数本の幹からなる個体が多かった．一方，モパネは樹高や胸高断面積の個体ごとの差異が大きく，さまざまな樹形が存在していた．

それぞれの木本種のトランセクトごとの出現個体数についてみると，トランセクトによって大きなばらつきがみられた．*Acacia reficiens* は HL2 に主に出現し，他には HL1 と PL2 にわずかに出現した．*Catophractes alexandri* は HL1 ではモパネよりも出現個体数が多かった．また，HL2 と MO でもわずかに出現した．モパネは全てのトランセクトで出現したが，100 m あたりの出現個体数はトランセクトによって違いがみられた．すなわち HL1，HL2，MO では 100 m あたり約 10 個体が出現したが，PL1 と PL2 ではその値は 3 と小さかった．そして，*Combretum collinum* と *Terminalia prunioides* は HL1，HL2，MO にのみわずかに出現した．

3.2　モパネの樹形

3.2.1　モパネの樹形の特徴

モパネの樹形について，はじめにモパネの樹形に関わる各パラメータ間の関係について検討した．図 3 は，樹高，胸高断面積，個体あたりの幹数の 3 つのパラメータ間の関係を示したグラフである．まず，樹高が 4 m 以上の個体はその多くの胸高断面積が大きかった．そして，幹数が多い個体は，樹高が 4 m 未満で胸高断面積も小さい個体が多かった．また，樹高が 4 m 未満であっても胸高直径が大きい個体が特に幹数が少ない個体でみられた．さらに，樹高が 4 m 以上の個体では，幹数が多い個体は少なかった．また，樹高・胸高断面積・樹高のいずれも小さい幼齢の個体も多く存在していた．以上のような傾向をまとめると，本調査地においては，モパネの樹形は幼齢個体を除くと高木少幹型と低木多幹型の主に 2 種類に区分された（写真 1）．

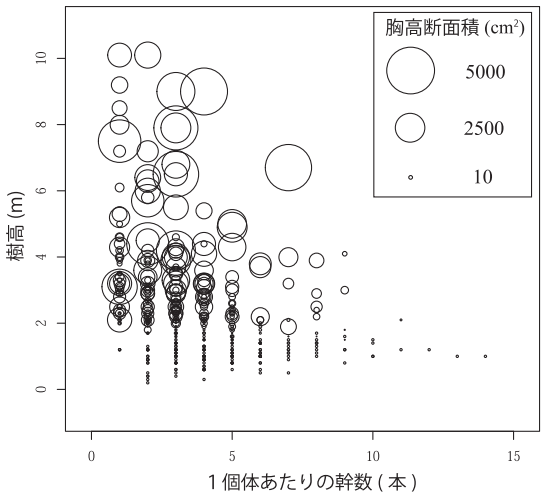

図 3　ナミビア北西部レノストロコップ村におけるモパネの樹形の各パラメータ間の関係
モパネ各個体の樹高・幹数・胸高断面積間の関係を示している．樹高と個体あたりの幹数の関係については散布図で示し，胸高断面積は円の大きさで示した．

写真 1　ナミビア北西部レノストロコップ村においてみられるモパネの樹形の例
左が高木少幹型，右が低木多幹型のモパネの例．黒の実線は 2 m の高さを示している．

3.2.2　各トランセクトのモパネの樹形

表 3 は各トランセクト上に出現したモパネの各パラメータの概要，図 4 は各トランセクトのモパネの樹高・胸高断面積・幹数の違いを図示した箱ヒゲ図である．トランセクトごとのモパネの樹高・胸高断面積・個体あたりの幹数の違いに関して Kruskal-Wallis 検定を行なうと，いずれのパラメータにおいても有意水準 1%で各トランセクト間に有意な差が認められた．

表 3　ナミビア北西部レノストロコップ村におけるモパネのトランセクトごとの差異

		HL1	HL2	MO	PL1	PL2
総個体数		126	159	95	17	25
樹高（m）	第 1 四分位点	1.3	1.1	1.2	5.0	3.3
	中央値	2.3	1.5	2.0	6.3	4.2
	第 3 四分位点	3.1	2.2	2.5	7.9	5.3
胸高断面積（cm^2）	第 1 四分位点	0	0	0	183.8	265.8
	中央値	52.8	0	52.8	1915.7	455.9
	第 3 四分位点	236.4	33.7	367.9	3576.7	844.5
個体あたりの幹数（本）	第 1 四分位点	2	3	2	1	1
	中央値	3	5	3	2	3
	第 3 四分位点	4	6	4	3	4
木本中の優占度（%）		40.4	58.7	75.4	100.0	69.4

モパネの各パラメータの第 1 四分位点，中央値，第 3 四分位点を示すとともに，胸高断面積からみたモパネの優占度を示した．各統計量の意味については表 2 を参照．優占度は，各トランセクトの全ての木本の胸高断面積の合計のうちのモパネが占める割合を示している．なお，凡例のトランセクトの略称については表 1 参照．

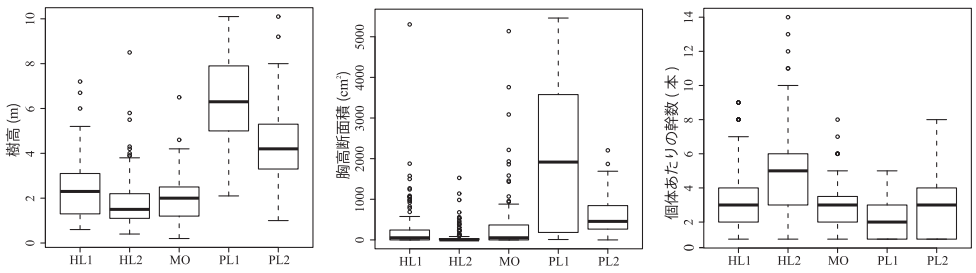

図 4　ナミビア北西部レノストロコップ村におけるモパネの樹高・胸高断面積・幹数

中央の横棒は中央値，ボックスはデータの 25-75%範囲（四分位点の範囲）を示す．箱の上下のヒゲは，四分位点から四分位範囲の 1.5 倍以内にあるデータのうちの最大（小）値を示しており，そこから外れたデータは，個別にプロットされている．なお，凡例の各トランセクトの略称は表 1 参照．

樹高は，PL1 と PL2 において 4 m 以上の高木が多かった一方で，HL1，HL2，MO では，樹高の中央値が 2 m 程度となっており，樹高が低い傾向があった．また個体あたりの胸高断面積にも同様の傾向が存在した．PL1 と PL2 は他のトランセクトと異なり大きな値だったが，HL2 は総個体数の半分以上が胸高直径 3 cm 未満であった．HL1 と MO は中程度の値を示した．個体あたりの幹数は，HL2 において幹数が多い傾向が顕著にみられた．最も幹数が多かった個体は HL2 に出現し，14 本の幹をもっていた．その他のトランセクトは，中央値が 2 から 3 程度であった．また，PL1 と PL2 では，25%以上の個体が単幹だった．

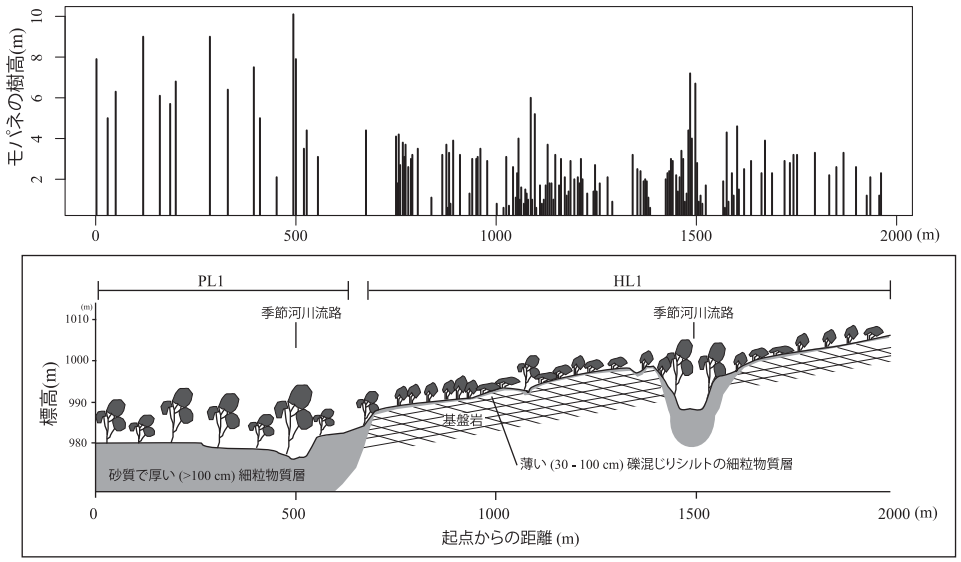

図 5　ナミビア北西部レノストロコップ村に設置した PL1，HL1 の各トランセクト上のモパネの樹高の変化（上）と地形とモパネの樹形の関係の模式図（下）

上図はモパネの各個体の出現位置と樹高の実測値を示す．下図の地形断面は 5 万分の 1 地形図をもとに標高差を強調して作成した．細粒物質の厚さや土性等は土壌断面の掘削や現地観察を別途行ない，その結果をもとに記載した．なお，細粒物質層の下部は部分的に行なった掘削の結果をもとに全体を推定している．また，断面図上の樹木と細粒物質の厚さは模式的に描いており，縦軸の標高の値とは対応していない．

3.2.3　地形面の変化にともなうモパネの樹形の変化

図 5 は PL1 と HL1 に沿った地形断面図とモパネの樹高の変化の対応関係を示した模式図である．図のように，PL1 は平坦面に高木のモパネが粗に生育する一方，HL1 では比較的起伏の大きな地形面に低木のモパネが密に分布していた．ただし，HL1 では同一のトランセクト内で樹高が場所によってばらついていた．樹高は特に地形の凹部で高くなる傾向がみられ，HL1 の凹部には樹高が約 8 m の個体も存在した．なお，この傾向は HL2 や MO においても確認できた．

3.2.4　集落からの距離とモパネの樹形の関係

図 6 は，横軸をトランセクトの起点である家畜囲いからの距離，縦軸をモパネの樹形のパラメータ（樹高・胸高断面積・個体あたりの幹数）とした散布図である．起点までの距離が 500 m 以下の場所では，樹高が 5 m 以上の個体が多く存在していた．一方起点から 500 m 以上離れると，5 m 未満の個体が急激に多くなった．また，1,500 m を超えると，2 m 未満の個体数が非常に多くなっていた．算出した平滑化曲線が右下がりの傾向があることが上記の傾向を反映している．胸高断面積についても樹高と同様の傾向がみられ，集落からの距離が増加するほど低下していた．また，500 m 以遠では低下の傾向が緩やかであった．一方，上記 2 つのパ

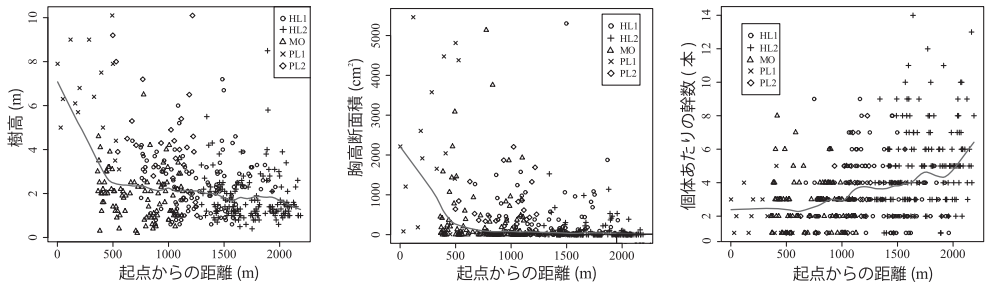

図 6　ナミビア北西部レノストロコップ村における起点からの距離とモパネの樹形の関係
実線は，局所重み付きの最小二乗法を用いた平滑化曲線．各記号はそれぞれのトランセクトを示している．各トランセクトの略称は表 1 参照．

ラメータとは逆に，幹数は起点からの距離が増大するにつれて幹数が増加していた．

4. 考　　察

モパネ植生帯の植生景観を規定する要因として，先行研究では土壌水分の入手可能性［Dye and Walker 1980; Cole 1986; Timberlake 1995］，土壌特性［Fraser *et al.* 1987; Archibold 1995］といった環境要因と，ゾウによる採食［Lewis 1991; Smallie and O'Connor 2000］や野火の影響［Mlambo and Mapaure 2006］といった撹乱要因が指摘されてきた．

本調査地域の植生景観の特徴をまとめると，まずモパネが丘陵地，山地，河成堆積面の全ての地形面に出現した点が挙げられる．これはモパネのみにみられた特徴であり，他の樹種は地形面によって分布が偏っていた．次に，モパネの樹形は高木で幹数が 1 本または少数で胸高断面積が大きい樹形と，細い幹を多数もつ低木の樹形の 2 つのタイプに大きく分けられた．そして，それぞれの樹形のモパネは，河成堆積面において高木少幹型が多く，丘陵地・山地においては低木多幹型が卓越していた．

地形面の違いは木本植物にとってさまざまな環境条件の違いをもたらす．特に乾燥地域においては，地形面によって異なる水分の入手可能性が植生の生育や分布などにおいて大きな規定要因となっていることが指摘されてきた［たとえば Briault *et al.* 1963; Walter 1971］．モパネ植生帯においても，地形面の違いが水分条件の差異をもたらし，それによってモパネの樹形に差異が生じていることが報告されている［Hempson *et al.* 2007; February *et al.* 2007］．つまり，山地や丘陵地といった地形環境においては，水分を降水に依存せざるを得ない．このような場所のモパネは，水分を雨季の降水時のみに依存することから高木になることが難しく，さらにその水分ストレスによって多幹化する傾向にある［Hempson *et al.* 2007］．一方で季節河川沿いや河成堆積面などでは，モパネは地下水にアクセスが可能で水分ストレスが少ないため，樹高生長を促進することが可能な環境にある［February *et al.* 2007］．以上より本調査地

でも，地形面の違いによって土壌水分の入手可能性が異なり，雨季の降水時にのみ水分を得られる山地や丘陵地では低木多幹型の樹形のモパネが卓越していると考えられる．また，起点から離れるにつれてモパネの樹形が低木・多幹化の傾向が高まっていることは（図 6），細粒物質層の厚さが緩斜面の上部に向かって薄くなっているために水分の保持力が低くなり，それによって水分条件がさらに厳しくなっているためと示唆される．一方で，河成堆積面や小規模な涸れ川沿いでは比較的水分条件がよく，モパネは水分ストレスが少ないことから高木少幹型が多くなっていると考えられる．

次にその他の植生景観の規定要因について検討する．まず土壌条件については，調査地全体が貧栄養土壌であり，腐植層はほとんどみられないような状態であり，モパネ植生帯の東部のように土壌の養分特性が規定要因になっている可能性は低いと考えられる．ただし，細粒物質層の水分保持力や，細粒物質層の厚さなどの地形環境に起因する違いは水分条件と大きく関わっており［Wu and Archer 2005; Teshirogi 2010］，樹形の変化を規定する地形環境を特徴付ける要因であるといえる．

撹乱要因について検討すると，まず本調査地域では，ゾウをはじめとする野生動物の生育密度は低く，野生動物が植生景観を変化させている可能性は低いと考える．また，調査地域において大規模な野火は近年発生しておらず，モパネの樹形や生育密度を変化させる主要な要因とはいいがたい．さらに人為の影響については，村人が建材としてモパネの幹を伐採することがあるが，その利用頻度は低いことから影響は小さいと考えられる．家畜の放牧圧は，植生の攪乱要因としての可能性が高い因子である［Strohbach 2000］．しかし，ヤギ放牧が頻繁に行なわれている丘陵地と行なわれていない山地のモパネの樹形にはほとんど差異がみられなかった．山地と丘陵地は，環境条件や放牧以外の攪乱要因はほぼ同等の条件であるため，放牧はモパネの樹形を規定する主要な要因とはなっていないことが示唆される．

最後に人間活動との関わりに着目すると，ナミビア北西部では牧畜が地域住民の主要な生業となっており，モパネ植生帯における放牧活動はその生活基盤となっている．特に調査地周辺では，ヤギの飼養が全ての世帯において最も重要な生業活動であり，各世帯がヤギの日帰り放牧を行なっている．モパネは他の植物が落葉している期間にも葉が存在しており，他地域においてモパネは家畜にとって重要な採食資源となっていることが報告されてきた［Sibanda and Ndlovu 1992］．本調査地においても，モパネはヤギにとって重要な採食資源になっている［Teshirogi 2010］．本研究の結果から，各世帯が放牧を行なっている丘陵地の特に集落から遠い場所において低木多幹型のモパネが多数生育していたことが明らかになった．この低木多幹型のモパネは，ヤギの採食物である葉へのアクセスが高木少幹型のモパネより容易である．そのため低木多幹型のモパネは家畜にとって貴重な採食資源であり，低木多幹型のモパネが広く分布する本調査地域の丘陵地の植生景観は，放牧地としての有用性をもっていると考えられる．

5. お わ り に

本研究では，ナミビア北西部の乾燥域のモパネ植生帯を対象として，その植生景観の特徴を明らかにするとともに，植生景観の規定要因や地域住民の生業活動である放牧活動との関係について考察した．

調査地には，モパネをはじめとして，主要な 5 種類の木本が多く生育していた．モパネ以外の木本種は，生育場所が限られており，特定の地形環境にのみ生育していたが，モパネは，河成堆積面，丘陵地，山地の全ての場所に生育していた．また，モパネは地形環境ごとに樹形が異なっていた．河成堆積面では，モパネは高木少幹型であり，丘陵地や山地においては低木多幹型であった．さらに，モパネの樹高は季節河川から離れるほど低くなる傾向があり，幹数は逆に増加していたことが示された．

これらのモパネの樹形に特徴付けられた本地域の植生景観は，土壌水分の入手可能性に大きく規定されていると考えられる．水分条件が比較的よい河成堆積面や季節河川の周辺では，モパネは樹高生長を促進させることができる．一方でモパネは，水分条件が厳しい丘陵地や山地において低木・多幹化することで，生育が可能になっていると考えられる．この丘陵地の低木多幹型のモパネは，人々が飼養するヤギの主要な採食物になっていた．そのため，モパネ低木林はこの地域の人々の環境利用において重要な要素となっていると考えられる．

近年，乾燥地域における過放牧が問題となっており，モパネ植生帯をはじめとするナミビア北西部の半乾燥地域においても適切な放牧地管理が求められている［Sullivan 1999; Burke 2004］．しかしながら，植生と放牧活動の詳細な関係についてはいまだ不明な点が多いのが実情である．乾燥地域の脆弱な植生環境を持続的に利用していくためにも，基礎的な調査は今後さらに重要になると考えられる．そのため，放牧活動の強度と植生の関係性も含めた，モパネ植生帯の放牧地としての特性について実証的に明らかにしていく必要がある．

謝　辞

はじめに，私を村人の一員として受け入れてくれ，調査に協力していただいたレノストロコップ村の皆様に感謝いたします．特に，Alfa Hanadaob，Magritha Hanadaos，Irmorie Aebeb 各氏には，衣食住の面倒をみていただき，調査に快く協力していただきました．

京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科の水野一晴先生には，調査の前段階から執筆時にいたるまで，終始ご指導を賜りました．また，同研究科の皆様からは，ゼミや個別の討議を通じて多くの助言を頂きました．特に，藤岡悠一郎さんおよび山科千里さんとはモパネ植生帯に関して，本研究の問題提起の土台となるような討論を行なうことができました．以上の方々をはじめとして，お世話になった方々に厚く御礼を申し上げます．

なお本研究は，日本学術振興会科学研究費補助金・特別研究員奨励費（課題番号：20-2678）および，「組織的な大学院教育改革推進プログラム：研究と実務を架橋するフィールドスクール（社会に貢献するアジア・アフリカ地域専門家の養成コース）」の助成によって実施されました．

引 用 文 献

Archibold, O. W. 1995. Tropical Savannas. In O. W. Archibold ed., *Ecology of World Vegetation*. London: Chapman & Hall, pp. 60-94.

Briault, E. W. H., P. W. Richards, E. C. F. Bird, T. C. Whitmore, E. W. Jones, W. D. Clayton and M. M. Cole. 1963. Vegetation and Geomorphology in Northern Rhodesia: An Aspect of the Distribution of the Savanna of Central Africa: Discussion, *The Geographical Journal* 129(3): 305-310.

Burke, A. 2004. Range Management Systems in Arid Namibia? What Can Livestock Numbers Tell Us?, *Journal of Arid Environments* 59(2): 387-408.

Cole, M. M. 1986. *The Savannas: Biogeography and Geobotany*. London: Academic Press.

Curtis, B. and C. Mannheimer. 2005. *Tree Atlas of Namibia*. Windhoek: National Botanical Research Institute.

Dye, P. J. and B. H. Walker. 1980. Vegetation-Environment Relations on Sodic Soils of Zimbabwe Rhodesia, *Journal of Ecology* 68(2): 589-606.

February, E. C., S. I. Higgins, R. Newton and A. G. West. 2007. Tree Distribution on a Steep Environmental Gradient in an Arid Savanna, *Journal of Biogeography* 34(2): 270-278.

Fraser, S. W., T. H. van Rooyen and E. Verster. 1987. Soil-plant Relationships in the Central Kruger National Park, *Koedoe* 30: 19-34.

Giess, W. 1971. A Preliminary Vegetation Map of Namibia, *Dinteria* 4: 5-112.

Hempson, G. P., E. C. February and G. A. Verboom. 2007. Determinants of Savanna Vegetation Structure: Insights from *Colophospermum mopane*, *Austral Ecology* 32: 429-435.

木村圭司．2005．「気候からみたアフリカ」水野一晴編『アフリカ自然学』古今書院，15-24.

伊谷純一郎・寺島秀明．2001．「アフリカの植生図・一試案の提示」『人間文化』(15): 15-18.

Lewis, D. M. 1991. Observations of Tree Growth, Woodland Structure and Elephant Damage on *Colophospermum mopane* in Luangwa Valley, Zambia, *African Journal of Ecology* 29(3): 207-221.

Macgregor, S. D. and T. G. O'Connor. 2002. Patch Dieback of *Colophospermum mopane* in a Dysfunctional Semi-arid African Savanna, *Austral Ecology* 27: 385-395.

Mapaure, I. 1994. The Distribution of *Colophospermum mopane*, *Kirkia* 15: 1-5.

Mendelsohn, J. 2003. *Atlas of Namibia*. Capetown: D. Philip Publishers.

Mlambo, D. 2006. Influence of Soil Fertility on the Physiognomy of the African Savanna Tree *Colophospermum mopane*, *African Journal of Ecology* 45: 109-111.

Mlambo, D. and I. Mapaure. 2006. Post-fire Resprouting of *Colophospermum mopane* Sapling in a Southern African Savanna, *Journal of Tropical Ecology* 22: 231-234.

R Development Core Team. 2009. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 〈http://www.R-project.org〉.

Sibanda, H. M. and N. R. Ndlovu. 1992. The Value of Indigenous Browseable Tree Species in Livestock Production in Semi-arid Communal Grazing Areas of Zimbabwe, *Proceedings of the Joint Feed Resources Network Workshop*: 55-61.

Smallie, J. J. and T. G. O'Connor. 2000. Elephant Utilization of *Colophospermum mopane*: Possible Benefits of Hedging, *African Journal of Ecology* 38(4): 352-359.

Strohbach, B. J. 2000. Vegetation Degradation Trends in the Northern Oshikoto Region: II. The *Colophospermum mopane* Shrublands, *Dinteria* 26: 63-75.

Sullivan, S. 1999. The Impacts of People and Livestock on Topographically Diverse Open Wood- and Shrublands in Arid North-west Namibia, *Global Ecology and Biogeography* 8(3-4): 257-277.

_____. 2005. Detail and Dogma, Data and Discourse: Food-gathering by Damara Herders and Conservation in Arid North-west Namibia. In K. Homewood ed., *Rural Resources and Local Livelihoods in Sub-Saharan Africa*. Oxford: James Currey and University of Wisconsin Press, pp. 63-99.

Teshirogi, K. 2010. Influence of Geomorphology on the Physiognomy of *Colophospermum mopane* and Its Effect on Browsing in Central Namibia, *African Study Monographs Supplementary Issue* 40: 103-114.

Timberlake, J. 1995. *Colophospermum mopane*: Annotated Bibliography and Review, *Zimbabwe Bulletin of Forestry Research* 11: 1-49.

_____. 1996. A Review of the Ecology and Management of *Colophospermum mopane*. In C. Flower, *et al*. eds., *Management of Mopane in Southern Africa*. Proceedings of a workshop held at Ogongo Agricultural College, northern Namibia, 26th to 29th November, pp. 1-7.

Walter, H. 1971. *Ecology of Tropical and Subtropical Vegetation*. Edinburgh: Oliver and Boyd.

Werger, M. J. A. and B. J. Coetzee. 1978. The Sudano-Zambezian Region. In M. J. A. Werger ed., *Biogeography and Ecology of Southern Africa, Monographiae Biologicae*. The Hague: Dr. W. Junk, pp. 301-462.

White, F. 1984. *The Vegetation of Africa*. Paris: UNESCO.

Wu, X. and S. Archer. 2005. Scale-dependent Influence of Topography-based Hydrologic Features on Vegetation Patterns in Savanna Landscapes, *Landscape Ecology* 20: 733-742.