

アフリカ南東部・ニイカ高原に遺存する熱帯山地林の 植生・土壌特性と、人間活動がそれらに及ぼす影響

武内和彦・八木久義

はじめに

地球環境問題への関心の高まりとともに、熱帯林の破壊問題が注目されるようになってきている。我々のグループも、広義の砂漠化、すなわち「土地と植生の退行」という視点からオーストラリアと熱帯アフリカで学術調査を実施し、熱帯林の歴史的な退行過程の解明を試みてきた（門村ほか、1991）。

ところで我々日本人は、熱帯林というと、とかくフタバガキ科の超高木の林立する、いわゆる熱帯低地林をイメージしがちであるが、熱帯でも潮間帯のマングローブ林から高山植生まで、さまざまなタイプの熱帯林が、気候的、土地的な環境傾度に対応して分布する（KNAPP, 1973）。

東アフリカのリフトバレーに沿った山地帯には、熱帯山地林（Afremontane forests）がところどころ分布し、かつて広大に広がっていた山地林の遺存林と考えられている。アフリカ南東部のザンビアとマラウイの国境付近に位置するニイカ高原（Nyika Plateau）にも、広大な草原の中に、谷筋を中心に森林が残っている。

そこで我々は、過去3回にわたる「アフリカにおけるサバンナの形成過程」調査の一環として、1989年夏にニイカ高原に残存する熱帯山地林を調査し、植生・土壌の特質を明らかにするとともに、過去の植生破壊・火入れが植生と土壌に及ぼした影響について考察した。とりわけ、この地域では、製鉄のために森林が破壊された歴史があり、その影響が土壌や植生の構造にどう現れているのかを検討した。

一方、この高原は、ザンビア、マラウイ両側とも、野生動物保護のために国

TAKEUCHI, Kazuhiko and YAGI, Hisayoshi: Vegetation and Soil Characteristics of the Remnant Afremontane Forests and the Effect of Human Activities on their Structure on the Nyika Plateau, Southeastern Africa
東京大学農学部

立公園に指定されている。最近の人為的な火入れの目的は、リードバックやシマウマなど草原性の野生動物保護である。しかし、それが結果として、森林破壊を促進させるという危険性も伴っている。本論では、この点にも注目し、歴史的ならびに最近の、ニイカ高原における火入れが植生と土壤に及ぼす影響について考察した。

1. ニイカ高原の概況

ニイカ高原は、海拔 2,000 m 前後の標高に位置する高原であり、大部分がマラウイ領、一部がザンビア領に属する(図-1)。今回の調査では、国立公園内の土壤断面調査を含む調査許可が得られたザンビア領内の森林を主たる調査対象地区とした。

ニイカ高原の最高気温の平均は 20~25℃、最低気温の平均は 15℃ 以下で、海拔の最も高いところは 10℃ を下回る。高原中央に位置するチェリンダ(Chelinda)の年平均気温は約 15℃ と報告されている(Shroder, 1976)。このように、ニイカ高原の気候は、熱帯アフリカとは思えないほど冷涼である。また平均降水量はほぼ全域で 1,000 mm を越え、とくにマラウイ湖に近い高原東部では、2,000 mm を越える。そのために、常緑樹林の成長に十分な降水量は保障されていると考えられる。また、この地域における雨季は明瞭で、12月~4月(夏~春)に降水が集中し、そのピークは3月である。

ニイカ高原は、先カンブリア代の花崗片麻

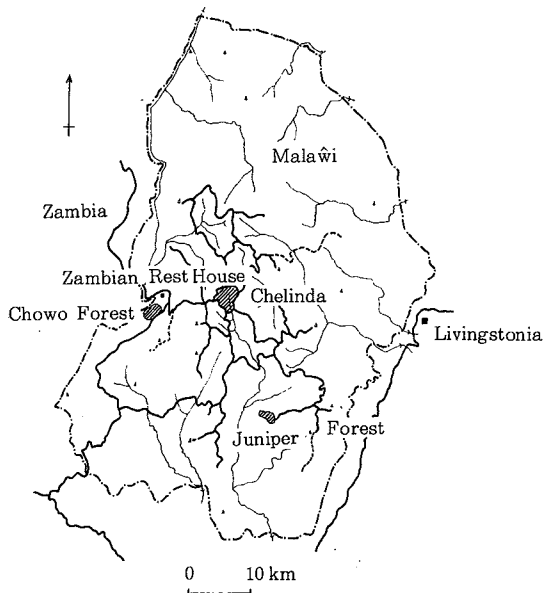


図-1 ニイカ高原(国立公園)の概観



写真-1 ニイカ高原に広がる草原と谷沿いに遺存する熱帯山地林（草原にたっている樹木は先駆植物の *Hagenia abyssinica*）

岩を基盤とする安定した地塊で、高原面にはなだらかな凸型～平衡斜面が卓越するが、開析谷もよく発達している。現在の植生は、一部植林が見られるほかは草原（*Loudetia simplex* が優占）が中心であるが、谷頭を中心に *Podocarpus latifolius* を含む常緑樹林の残存林分が多数認められる（写真-1）。また樹林の一部は、凸型～平衡斜面上も含む大面積の森林植生を形成していて、ヒョウやハイエナ

など森林性大型動物の生息地となっている。

ニイカ高原は現在国立公園になっている。この地域で最初に保護地区が指定されたのは1933年であり、約10 ha が保護された。その後、1948年にはジュニペルス（*Juniperus procera*）の森林が保護の対象となり、1951年には920 km² が国立公園に指定された。面積的にはマラウイ側が大部分であり、その後もマラウイ側は、1966年、1975年と相次いで拡大された。現在、ザンビア領内の公園面積は約10 km²、マラウイ領内の面積は3,134 km² である。またマラウイ側の中心施設地区であるチェリングダでは、1953年からメキシコ原産のマツ（*Pinus patula*）の植林が始められたが、その後野生動物保護のためにマツ植林は望ましくないという判断から、1960年代初頭には中止された。

この地域では、野生動物保護のために、現在も年1回の火入れ（5月末～6月初め）が行われている。火入れは慎重に行われているので、森林への影響は少ないと判断される。1966年と1982年の空中写真判読により森林分布の変化を比較した結果では、分布にほとんど差が見られない。しかし、1966年の空中写真では、樹林を取り囲んで火入れから森林を守るためのファイアブレイクのための空地が設けられているのが明瞭に識別できるのに対して、1982年では、空中写真上からは判別できなくなっている。現地で見ると、両国側ともすでに木本植物の侵入が進んでおり、森林が火入れの影響を受ける可能性は、いずれの側も高まっていると判断される。

2. 遺存林の群落・土壌構造

さて、この地域に残存する常緑樹林の群落構造を調べるために、典型的な林分で毎木調査と土壌断面調査を実施した。調査を行ったのは、ザンビア側でまとまった面積の樹林が残っているチョウオ・フォレスト (Chowo forest) である。調査に当たっては、マラウイ側レンジャーのクリストファ・ニレンダ氏の協力を得た。

この森林における最も発達した林分では、熱帯高木林に特徴的な超高木層があり、その高さは30 mを超える。優占種は、*Aningeria adolfi-friedericii* などである (写真-2)。また、高木層は、20~30 m であり、亜高木層、低木層との境は不明瞭である。森林の密度は高く、超高木層・高木層の樹冠植被率の合計は200%を超える。また、林床の植被率は、15%程度である。図-2には、この地区で最も発達した林分 (A地点) の樹冠投影図、樹冠植被率ならびに胸高直径 (DBH) の階級図を示す。熱帯低地林に比較すると、優占種に限られ、種の多様性に乏しいのが大きな特徴である。

ここでの土壌は、図-3、5、6の土壌断面模式図にみられるように、熱帯によくみられる赤色土 (ultisols) である。とくに、A地点のような発達した林分では、表層に厚さ4 cm前後の有機物堆積層 (FH層) や腐植の集積した厚い黒褐色のA層がみられるなど土壌表層の浸

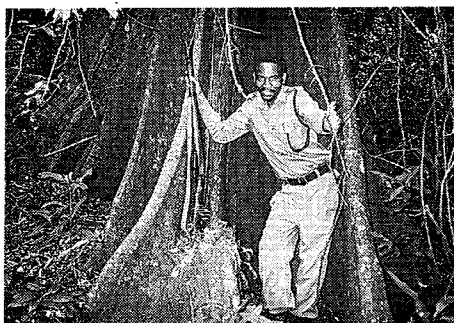


写真-2 チョウオ・フォレストの常緑樹林で優占する板根の発達した *Aningeria adolfi-friedericii* (写っている人物は、調査協力者のニレンダ氏)

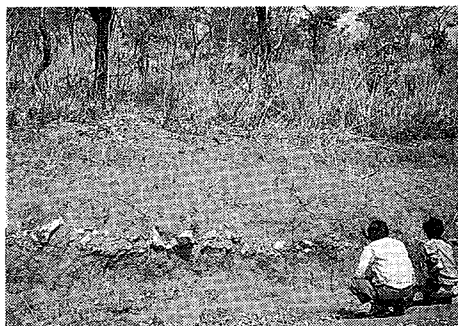


写真-3 ニイカ高原山麓でみられるストーンラインの露頭

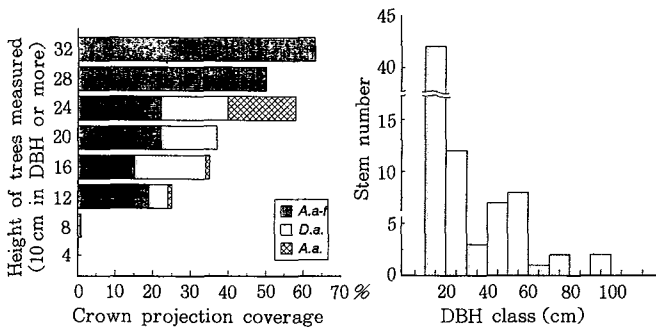
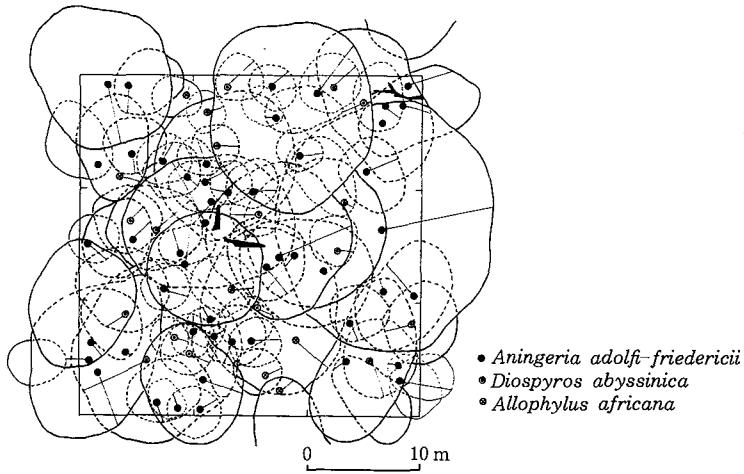


図-2 常緑樹林の発達した A 地点における樹冠投影図，樹冠植被率および胸高直径の階級 (DBH=20 cm 以上)

食は認められず，下層には粘土集積物 (cutan) が発達するなど，森林環境下で発達した成熟土壌が安定して維持されていると考えられる。また，このチョウオ・フォレストの土壌全般で，炭化物 (charcoal) が全層的に散見されることから，この地区の土壌は，移動堆積物を母材として発達した土壌であることが示唆される。

ところで，熱帯の基盤岩地帯では，しばしば，石英質の角礫などが地表下で薄い層をなしていてストーンライン (stone-line) と呼ばれている (写真-3)。このストーンラインの成因については様々な議論があるが，その多くは急激なマスマーブメントによってもたらされた堆積物であるらしい (TAMURA, 1975 ;

SHRODER, 1976)。ニイカ高原においてもこのストーンラインが発達し、その層までの土壌の深さが土壌浸食の目安となる。最も安定した林分では、深さは1mを超える。土壌を分析した結果、このストーンラインの上下の層の一次鉱物組成(石英, K-長石, 斜長石, 黒雲母, 白雲母)とその風化状態に有意な差は認められない。このことから、ストーンラインはかつての土壌母材の移動堆積過程に伴って形成されたものと推察することができる。

一方、この森林の中で、ギャップの発生とその後の回復過程が認められる。ギャップの規模は大きいもので約 200 m² 程度であり、木本の先駆植物である *Hagenia abyssinica* がギャップを埋めるように発達し、続いて本来の森林構成種が出現する。こうしたギャップは、巨木の倒木によって発生したと考えられ、この程度のギャップでは土

壌の大規模な流亡は引き起こされていない。したがって自然の更新過程では草原にはならなかったと考えられる。図-4 はそのような B 地点において、ギャップを *Hagenia abyssinica* が埋めている状況を示した樹冠投影図、樹冠植被

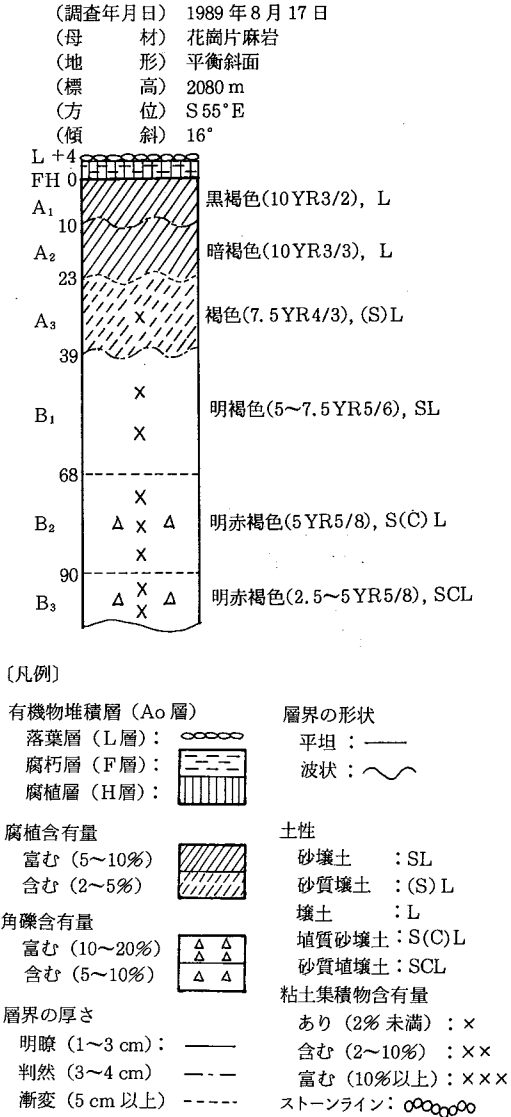


図-3 A 地点における土壌断面模式図

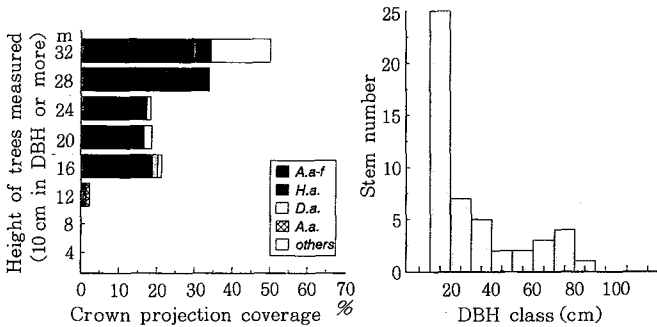
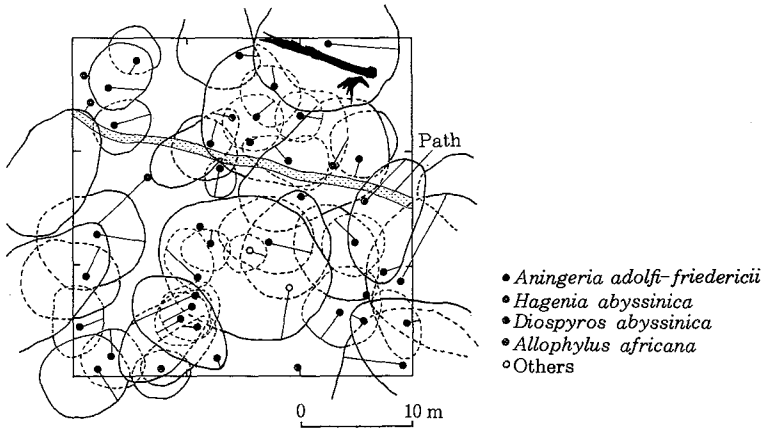


図-4 ギャップを含む常緑樹林の見られる B 地点における樹冠投影図、樹冠植被率および胸高直径の階級 (DBH=20 cm 以上)

率、胸高直径 (DBH) 階級の図である。ギャップを含む林分の林床植被率は約 70% と高い。これは樹冠が密閉されていないため、低木層に多様な植物が生育可能なためと考えられる。

図-5 は、B 地点における土壌断面模式図である。A 地点と同様に比較的厚い FH 層や黒褐色の A 層がみられ、粘土集積物も発達している。表層の 4 cm 程のかぶりはギャップ形成時における土壌表層の乱れによるものと考えられるが、その下位の 30 cm 程のかぶりは粘土集積物の発達の程度から、相当古い時代のもので推定される。

つぎに、この森林の中央部に開けている草原から森林に向かっての断面 (C

地点)をベルトトランセクト法によって調査し、森林と土壌のゾーンーションを調査した(写真-4)。図-6に示すように、草原中央部はニカ高原に広がる草原と類似した植生景観であるが、森林の周辺ではワラビが優占し、さらに森林を保護するように成長した *Hagenia abyssinica* の分布が見られる。草原的環境から約40 mほどで森林的環境に移行する。

一方土壌断面調査(図-6)によると、草原ではストーンラインまでの深さが20 cmに満たない。また腐植層はほとんど剥奪されている。林縁でも深さ25 cmで、若干の腐植層の形成はみられるものの、粘土集積現象は認められず、土壌の発達は悪い。このゾーンでは、草原化に伴って土壌侵食が著しかったものと考えられる。

また、植生的には森林になっている土壌断面でも、最も発達した林分での土壌ほどには土層が発達していない。ストーンラインまでの深さも50 cm程度である。また、表層の発達は弱く、粘土集積現象も微弱であることから、森林回復後の時間の経過が十分でないと判断される。

こうした草原から森林にかけての土壌の漸移的变化は、pHや電気伝導度(EC)の値にも示され

(調査年月日) 1989年8月16日
 (母材) 花崗片麻岩
 (地形) 平衡緩斜面
 (標高) 2098 m
 (方位) N 54° E
 (傾斜) 5.5°

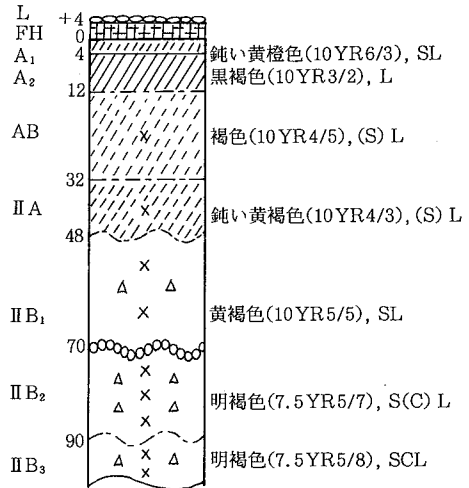


図-5 B地点における土壌断面模式図
 (凡例は図-3参照)

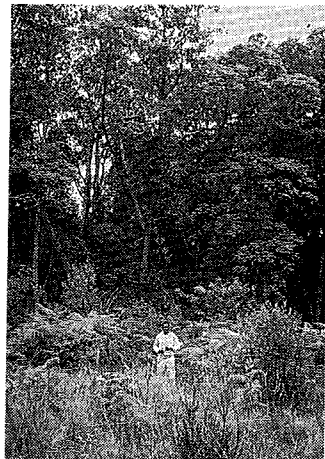


写真-4 チョウオ・フォレスト・C地点の植生景観(草原から林縁をへて森林に至る景観の変化が分かる)

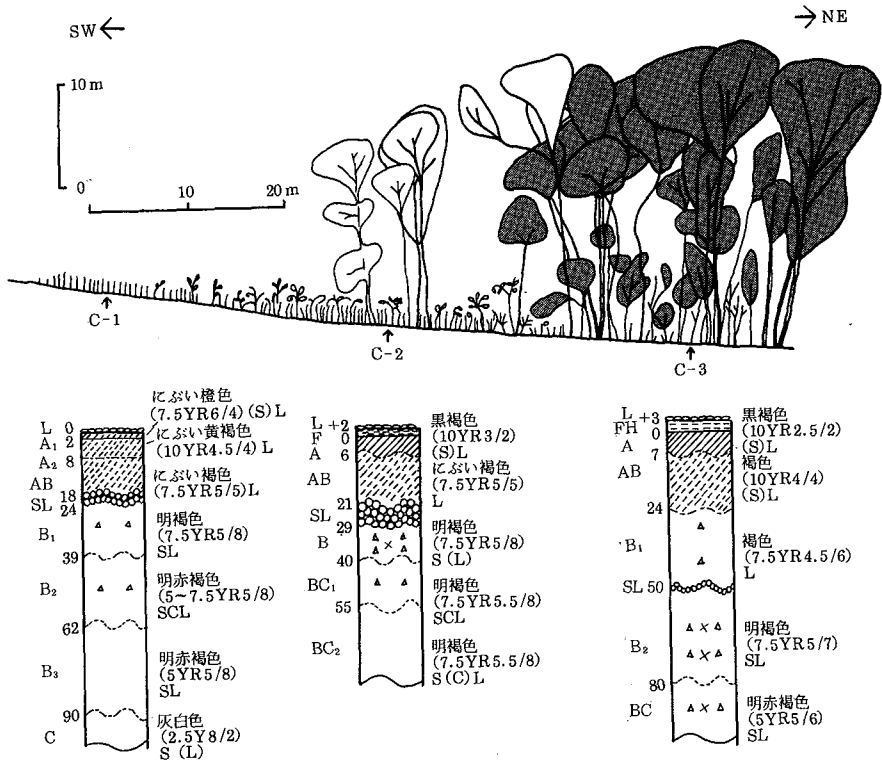


図-6 チョウオ・フォレストにおける草原から森林にかけての植生断面図と典型的な植分における土壌断面模式図 (C 地点)

ている (表-1)。土層全体の傾向では、草原部ほど酸性化が進んでおり、植生の回復状態と対応している。また、発達した森林下では表層で FH 層が厚く pH が低いことなどから、有機物の分解が阻害され有機酸の生成が推定されるのに対し、ベルトトランセクト内の土壌では、A₀ 層の発達が不良で表層で pH が高い値を示すなど、腐植の分解が非常に活発であることを示している。このことも、トランセクト内の森林が回復途上であることを示唆している。

また電気伝導度は、次表層以下では、草原・森林を問わず値が低い。これは、土壌全般にわたって塩基流亡が進んでいることを示唆している。また、表層では草原部分を除いて値が高く、生態的物質循環による表層への塩基類の集積が

進行しているのに対し、草原では値が低く、現在も土壌侵食が進行していると判断される。

3. ニイカ高原の植生変遷史

この高原の原植生については、過去数千年にわたって草原が存在していたという説と、過去数百年前までは森林に覆われていたとする説がある。前者については、後氷期になって気候の乾燥化が進み、森林は湿った谷沿いに追いやられたといった仮説がだされている（例えば DOWSETT-LEMAIRE, 1985）。

一方、最近の草原化の始まり、あるいは加速化の始まりの人為的原因として考えられているのが製鉄である。かつてこの地域では、製鉄が営まれていたという。鉄の材料は、土壌・岩石中のヘマタイト、マグネタイトなどであり、また、製鉄のために大量の樹木が伐採されたと考えられる。この製鉄は、1870～80年頃まで続いていたらしい。

ところで、本調査の結果から明らかになったのは、草原土壌では粘土集積物の発達認められないということである。森林への回復途上の土壌では、微弱ないし弱度の粘土集積現象、また発達した森林では粘土集積物の発達が良好であるのとは対象的である。草原土壌でなぜ粘土集積物が発達しないのかは不明であるが、

表-1 ニイカ高原土壌の pH および電気伝導度 (EC) (土壌断面との対応については図-3, 5, 6 参照)

土壌 No.	層位	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
A	FH	4.7	940
	A ₁	5.1	420
	A ₂	5.1	115
	A ₃	5.2	70
	B ₁	5.4	23
	B ₂	5.4	18
	B ₃	5.3	20
	BC	4.7	13
B	FH	4.5	860
	A ₁	4.9	133
	A ₂	5.6	184
	AB	5.6	44
	IIA	5.6	100
	IIB ₁	5.8	23
	SL	5.5	21
	IIB ₂	5.9	16
IIB ₃	5.8	16	
C-1	A ₁	5.0	53
	A ₂	4.9	52
	AB	4.9	51
	SL	4.8	22
	B ₁	5.1	13
	B ₂	4.9	6
	B ₃	4.8	6
	C	4.7	6
C-2	A	5.8	260
	AB	5.0	34
	SL	5.3	33
	B	5.1	31
	BC ₁	5.0	25
	BC ₂	5.0	11
C-3	FH	5.8	1360
	A	5.1	400
	AB	5.3	90
	B ₁	5.0	40
	SL	5.0	27
	B ₂	5.0	23
	BC	5.0	18

調査地の草原状態は相当長期間維持されてきた可能性が高いと判断される。

しかし、過去数百年前に土壌侵食が加速化したことも否定できない。本調査では、谷頭部に残存する常緑樹林の谷底面に急激に堆積した土砂の層が認められ、地表下約 90 cm に埋められた腐植層（かつての地表）が認められた。年代測定の結果では、 400 ± 80 BP (TH-1595) という ^{14}C 年代が得られた（田村, 1990）。ニイカの南ビピヤ (Vipya) でも、焦げた切株の外皮から 370 ± 90 BP, 340 ± 100 BP という ^{14}C 年代が報告されている (CHAPMAN and WHITE, 1970)。おそらくこの頃から、製鉄による森林破壊によって、土壌侵食が加速化されたと判断できる。

ところで、なぜ熱帯山地林が二次林ではなく草原になったのであろうか。一般にザンビアを中心とする 1,000 m 前後の高地帯には、二次林としてマメ科・ジャケツイバラ亜科の樹木を主体とする乾生疎開林 (ウッドランド) が広く成立し、ミオンボと呼ばれている (武内, 1988)。常緑樹林が破壊されると、ミオンボに代表されるウッドランド的環境が成立する (田村ほか, 1990)。

しかし、ミオンボの垂直分布の限界は、この地域では、海拔 1,800~1,850 m であり、ニイカ高原の高地には及ばない。そのため、ミオンボというステージがこの高地で欠落し、その結果、乾燥化など気候変化の影響や人為的なインパクトによって、森林が直接草原に変化したと考えられる。

このように、本調査では、長期と短期の植生変化をいずれも支持するような結果が得られた。この結果を普遍化して、ニイカ高原の環境変遷史を確立するためには、さらに調査を継続していく必要がある。また、現在の火入れが続く限り森林の後退の危険性は避けられず、森林保全という立場からみると、火入れの範囲を限定するなど、適正な保全策が検討されるべきである。

〔文 献〕 CHAPMAN, J.D. and WHITE, F (1970): The evergreen forests of Malawi. Commonwealth Forestry Inst., Univ. Oxford, 190 pp. DOWSETT-LEMAIRE, F. (1985): The forest of the Nyika Plateau (Malawi-Zambia): ecological and phenological studies. Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. & Bull. Nat. Plantentuin Belg., 55: 301-392. 門村 浩・武内和彦・大森博雄・田村俊和 (1991): 『環境変動と地球砂漠化』朝倉書店, 292 pp. KNAPP, R. (1973): Die Vegetation von Afrika. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 271-364. SHRODER, J.F. (1976): Mass movement on Nyika Plateau, Malawi. Zeitschr. Geomorph., 20: 197-207. 武内和彦 (1988): ザンビアの焼畑方式 “チテメネ・システム”. 熱帯林業, 13: 2-7. TAMURA, T. (1975): A note on stone-lines. Sci. Rep. Tohoku Univ. 7th Ser. (Geogr.), 25: 197-207. 田村俊和 (1990): 南東部アフリカ、ニイカ高原における過去の森林破壊に伴う侵食形態の変化. 地理予 (39): 12-13. 田村俊和・八木久義・武内和彦・岩崎一孝・ハッカパー, J.D. (1991): カラハリ砂層分布域東縁部におけるウッドランド環境の成立. アフリカ研究, 38: 33-53.