



Title	西表島樹林地における開墾放置土壌の理化学性変化(生産環境学科)
Author(s)	大屋, 一弘; 比嘉, 基晶; 渡嘉敷, 義浩; 志茂, 守孝
Citation	琉球大学農学部学術報告 = The Science Bulletin of the Faculty of Agriculture. University of the Ryukyus(41): 257-267
Issue Date	1994-12-01
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3773
Rights	

西表島樹林地における開墾放置土壌の理化学性変化*

大屋一弘**・比嘉基晶**・渡嘉敷義浩**・志茂守孝**

Kazuhiro OYA, Motoaki HIGA, Yoshihiro TOKASHIKI and Moritaka SHIMO : Changes in Physical and Chemical Properties of the Soil Abandoned after Clearing Forest

キーワード : 西表島, 開墾放置土壌, 土壌理化学性

Key words : Iriomote Island, soils after clearing forest, physical and chemical properties of soil

Summary

Changes in physical and chemical properties of soil were investigated to estimate impact of human activities such as forest clearing on the measures of soil conservation and fertility, having 5 plots, about 0.1 ha each, in the forest of the Tropical Agriculture Research Institute on Iriomote Island. These plots included A (forest as control), DG (cleared by rakedoser, planted to grass for 3 years then abandoned), DN (cleared by rakedoser and kept naked), EG (cleared by bulldozer, planted to grass for 3 years then abandoned), and EN (cleared by bulldozer and kept naked), starting in 1976.

The soil, derived from sandstones, reddish, and sandy loam to sandy clay loam, were sampled from the depth of 0 to 15cm, 3 from each plots, in 1976, 1979 and 1991 and analyzed for physical and chemical properties.

Water intake rate determined in the field was found to become very much depressed as cleared by the rakedoser and bulldozer and tended to recover a little 2 years later. The soil of all plots were judged as very erodible from clay ratio and dispersion rate. From these it was deemed that the soil is easily exposed to the danger of erosion because of its poor water intake rate coupled with high erodibility after clearing.

Chemical properties such as pH, CEC, and contents of nitrogen, humus and exchangeable bases that have close relations to soil fertility were found to become inferior to the A plot soil after clearing, but the degree was slight in the soil of DG and DN plots. Percent of carbon in the soil, that is related to humus content, was higher in the DG and DN

*本研究は「熱帯樹林地の開墾に伴う生態系の変化に関する研究」に対する農林水産特別研究費補助金(1976~78), 及び「熱帯雨林の開墾に伴う環境の変化と保全に関する研究」に対する農林水産特別試験研究費補助金(1991~93)等により行われた。

**琉球大学農学部生産環境学科

琉球大学農学部学術報告 41: 257~267 (1994)

plots where more shrub invasion was observed, but it was only 63% of the A plot.

From the above it was concluded that soil conservation measures are very important right after clearing forest, clearing by rakedoser is preferred to that by bulldozer in terms of soil fertility, and the recovery of humus content in the cleared soil to the level of forest requires more than 16 years in the investigated area.

はじめに

このプロジェクトは、気候、動植物、土壌等が熱帯的な様相を呈する西表島において、樹林地の開墾・農地利用がその生態系及び周辺環境にどのような影響を及ぼすかを調べ、熱帯樹林地開発に伴い必要とされる保全対策の有用なデータを得ることである。そのための調査研究の一環として、ここでは生態系の一構成要素である土壌について、うちでも特に樹林地が開墾された後の土壌保全及び肥沃度対策に資するため、土壌の理化学性について調べることにした。

土壌の理化学性は地質、気候（特に温度、降雨）に大きく影響を受けながら、動植物相と密接な相互関係をもち、地形や人為作用により保水・受食など環境に大きなインパクトを与える潜在因子として重要である。1976年に開墾試験地を設定し、現地においては土壌断面、透水性などを、さらに実験室においては土性、分散率などの物理性と、pH、有機物（炭素）含有率、窒素含有率、陽イオン交換容量（CEC）、交換性塩基含量などの化学性を経年的に調べたので、その結果を報告する。

調査法

1. 開墾試験地の概要

調査地は西表島にある琉球大学農学部熱帯農学研究施設の樹林地で、そこはおよそ北緯24度20分、東経123度50分にあり、年平均気温23.3℃、年間降雨2,400mmの気候環境となっている。最も近い海岸線からは約1.2kmの所にあり、地質は第三系砂岩で、標高35m前後の小丘で連なり、その間が急峻な谷で細かく複雑に解析されている。植生はイタジイ、オキナワウラジロガシなどが多い。土壌は赤色及び黄色系で、軽植土ないし砂壤土の土性を示し、粘土の主要部分はカオリナイトやパーミキュライト・クロライト混層礦物よりなり、反応はpH4.5~5.5の酸性で肥沃度は低い方である⁹⁾。米国の土壌分類（Soil Taxonomy）ではダイストロクレプト（Dystrochrepts）に合うと考えられる⁴⁾。

以上の様な樹林地において1976年に次の5試験区を設けた⁵⁾。

A区：攪乱の比較的少ない自然林地に約10アールを設定した。やや平らな尾根上にあり、東側でDG区とDN区に接する。

DG区：1976年2月に林地約10アールをレーキドーザで山なり開墾、立木除去を行い、林床の落葉その他の有機物は表土にすき込んだ。同年4月ロータベータで耕うんし、牧草（パンゴラグラス）を植え付けて草地とし、約3年間栽培の後放置した。

DN区：DG区と同様に開墾した10アールを裸地のまま放置した。

EG区：上と同時期に尾根上の林地約10アールをブルドーザで削って均平化して開墾した。この開墾法により立木を除去する際に表層1m前後の土壌が削られ、下層土が露出する結果となった。DG区と同様パンゴラグラスを植え付け3年後から放置した。

EN区：EG区と同様にブルドーザで開墾した10アールをそのまま裸地として放置した。

2. 現地土壌の調査及びサンプリング

1976年試験区設定・開墾直後及び1978年に現地においての土壌断面を調査するとともに、土壌透水

性の目安となる水浸入度（インタークレート）を調べた。土壌断面は各区1箇所ずつ約1mの深さを調べ、インタークレートはA区以外の各区で3箇所ずつシリンダを15cmの深さに打ち込んで常法¹⁾により測定した。

実験室での理化学性分析・測定に供する土壌サンプルは1976年8月（開墾0.5年目）、1979年2月（開墾3年目）、1991年8月（開墾16年目）にそれぞれ各区3箇所から表土（0～15cm）を採取した。また1991年には周辺林地数カ所からも採取して追加した。

3. 分析・測定法

採取した土壌サンプルは室内で風乾した後、2mm目の篩を通し、その細土を保存して置き、理化学性の調査に使用した。調査した項目は粒度分布（土性）、分散率、pH、陽イオン交換容量、交換性塩基、全窒素、全炭素（有機物）、などであるが、その分析・測定は以下の常法^{1,2,3)}に従って行った。

粒度分布：有機物を分解除去した後、pH10に調整して分散させ、篩別法と沈定法を組み合わせ測定した。各粒径フラクションの割合から土性三角図（国際土壌学会法）に照らして土性を区分した。

分散率：粒度分布測定と同法によったが、分散剤を加えて完全分散させた時の粒子量に対する水のみで分散させた時の粒子量の比を分散率（Dr）とした。そのうちで0.05mm以下の分散粒子量による分散率（Dr 1/20）と0.02mm以下の分散粒子量による分散率（Dr 1/50）を別々に測定して比較した。

pH：土壌対液（蒸留水または1規定塩化カリ液）を1：2.5で懸濁して測定した。

陽イオン交換容量（CEC）：1規定酢安で土壌を浸漬しアンモニウムイオン飽和後塩化カリで交換浸出されるアンモニウムイオンを比色測定した。

交換性塩基：CEC測定行程でアンモニウムイオンで交換浸出されるカルシウム、マグネシウム、カリ、ナトリウムなどを原子吸光法で測定した。

全窒素：土壌を濃硫酸で分解後ケルダール法で蒸留し、滴定した。

全炭素：小坂らの湿式分解法で生成される炭酸ガスをソーダライムに吸収させて秤量測定した。

結果及び考察

1. 土壌断面について

1976年試験区設定・開墾直後における調査⁷⁾によると次の通りであった。

A区

第1層：0～1cm, 未分解落葉

第2層：2～7cm, 腐植を含み（2～5%）、黄褐色（10YR 5/4）の砂壤土、礫なく、弱度の粒状構造、緻密度小、pH4.8、植物根が多く、層界判然

第3層：7～35cm, 腐植含まず、黄赤色（5YR 5/8）の砂質埴壤土、礫なく、弱度の塊状構造、緻密度中、pH4.9、植物根少なく層界漸変

第4層：35～110cm以下、腐植含まず、黄赤色（5YR 5/7）の軽埴土、礫なく、弱度の塊状構造、緻密度大、pH5.0植物根少なく斑紋結核なし

DG及びDN区

第1層：0～30cm, 腐植含まず（2%以下）、黄褐色（10YR 5/4）の砂壤土、礫なく、構造不明、緻密度中、pH5.7、層界漸変

第2層：30～50cm, 腐植含まず、黄褐色（10YR 5/4）に赤色（2.5YR 4/8）の斑紋を含む砂壤土、礫なく、構造不明、緻密度中、pH5.2、層界判然

第3層：50～90cm, 腐植含まず、暗黄褐色（10YR 5.5/8）の砂質埴壤土、礫なく、構造不明、緻密

度中～大, pH5.2, 層界漸変

第4層: 90cm以下, 第3層と類似するが, 5～15cmの砂岩円礫を含む

EG及びEN区

第1層: 0～15cm, 腐植含まず(2%以下), 黄赤色(5YR 5/7)の砂質壤土, 礫なく, 構造不明, 緻密度中, pH5.3, 層界漸変

第2層: 15～50cm, 腐植含まず, 黄赤色(5YR 5/8)の砂質壤土, 礫なく, 構造不明, 緻密度中, pH5.4, 層界漸変

第3層: 50～100cm以下, 腐植含まず, 強い褐色(7.5YR 5/8)の砂質壤土, 礫なく, 構造不明, 緻密度中, pH5.3

以上より各試験区の土壌は何れも赤色系の土壌であるが, A区土壌は第2層に僅かではあるが有機物が貯まり第3層以下の土壌より褐色で, また土壌生成作用の結果粘土が下方に移動し土性は下層の方が細かくなっている。DG・DN区土壌はレーキドーザで開墾したため, A区の第1～第3層に相当する土壌が混合され約30cm程度まで褐色気味となった。EG・EN区ではブルドーザで表土を削って均平化して開墾したため, A区の第4層以下, 或いはDG・DE区の第3層以下に相当する土層が露出して第1層から赤色気味で土性も粘質となった。

2年後に調査したところ, DG区とEG区では牧草栽培の影響と思われる変化(表土の褐色或いは赤色がやや暗くなる)が見られ, またEG・EN区では表土の赤味がやや強くなった。これは土壌鉄分の酸化が進んだためと推測された。なお, DN区とEN区において土壌攪乱を抑えるため, 試抗を掘る代わりに西垣式コアサンプラーで土層サンプルを採り上げて調べたところ, DN区では表層の土色が褐色を帯びているが, EN区では表層から赤色が強く認められた。

2. インテークレート(水浸入度)について

A区においては土壌中を複雑網状に絡んで伸びる樹木根がありシリンダーが打ち込めないためインテークレートは測定出来なかった。

A区以外ではそれぞれ3箇所ずつ15cmの深さにシリンダーを打ち込んでインテークレートを測定したが, 各区3測定の中央値で水の積算浸入量 $D = ct^n$ [D : 積算浸入量(mm), t : 給水を始めてからの経過時間(分), c 及び n : 最小二乗法により求められる常数]とインテークレート $I = 60cnt^{n-1}$ [I : インテークレート(mm/hr)]を比較すると, 表1の通りであった。

表1 試験区土壌の水積算浸入量(D)とインテークレート(I)の経年変化*

試験区	1976年(開墾当初)		1978年(2年後)	
	D (mm/min)	I (mm/hr)	D (mm/min)	I (mm/hr)
DG	$2.0t^{0.0}$	0.00^{-1}	$4.6t^{0.16}$	$44.2t^{-0.83}$
DN	(上と共通)		$3.7t^{0.57}$	$126.5t^{-0.43}$
EG	$3.0t^{0.0}$	0.00^{-1}	$26.9t^{0.77}$	$1,242.8t^{-0.23}$
EN	(上と共通)		$5.3t^{0.69}$	$219.4t^{-0.31}$

*A区は立木の根が多く, シリンダーが打ち込めないので, 同様の測定は出来なかった。

積算浸入量或いはインテークレートは土壌透水性の目安となるが, 開墾当初(1976年)においては各試験区の数値が極めて低い。実際にシリンダーに水を注ぐとき, 最初に2～3mmの水の減少(透水)はみられるが, その後60分以上経過しても水の減少は全くなかった。これはレーキドーザ或いはブル

ドーザなどの重機で開墾すると、表土ばかりでなく心土の構造や団粒が破壊され、それが透水性を著しく悪くする結果になると思われる。例えば、この試験区の近くの類似土壌で翁長が調査したところによると⁸⁾、耐水性粗団粒(2mm)が林地土壌(表土)で約40%に対し、ブルドーザ開墾地では10%に減少し、鍬開墾地では30%となり、ブル及び鍬開墾地で粗団粒が減少した分細団粒(0.1mm)が増加した。本試験区レーキドーザ及びブル開墾区では透水性は半年後から僅かに良くなり、2年後には表1の通りとなった。これは土壌構造及び団粒が経年的に回復するためではないかと考えられる。

3. 粒度分布について

粒度分布測定結果及びそれから判定される土性を表2に示した。

表2 調査地土壌の粒度分布と土性

処理区	粒度分布 ^a				土性 ^b
	粗砂%	細砂%	シルト%	粘土%	
1976年サンプル					
A	9.1±1.2	72.1±0.4	7.1±0.4	11.7±1.1	SL~SL
DG	6.6±1.9	70.6±2.2	8.2±0.7	14.5±1.7	SL~SCL
DN	10.2±2.2	68.4±1.4	7.5±0.1	13.8±0.7	SL~SL
EG	9.9±0.3	52.2±3.8	9.0±0.6	29.0±3.3	SCL~SC
EN	8.8±1.1	46.2±3.4	10.2±1.0	34.8±4.3	SC~LiC
1979年サンプル					
DG	7.0±1.7	73.3±2.9	7.1±0.5	12.7±1.0	SL~SL
DN	7.6±1.8	67.5±2.3	7.3±0.5	17.6±1.9	SCL~SCL
EG	8.3±1.2	57.1±2.8	7.9±0.1	26.7±3.1	SCL~SC
EN	7.9±2.2	48.6±1.3	10.7±0.4	32.8±3.2	SC~SC
1991年サンプル					
DG	7.6±0.2	70.4±0.9	8.2±0.4	13.8±0.5	SL~SL
DN	9.3±0.3	64.8±6.8	7.1±0.1	18.8±6.5	SL~SC
EG	9.3±0.7	55.5±4.3	8.0±0.2	27.2±4.8	SCL~SC
EN	8.0±1.2	48.9±1.5	11.4±1.4	31.7±3.2	SC~LiC

a. 各区3点の平均と標準偏差値を示す。b. 各区3点の土性の範囲を示す。

SL=砂質壤土, SCL=砂質埴壤土, SC=砂質埴土, LiC=軽埴土。

試験調査区の土壌(表土)は砂質壤土から軽埴土と土性はまちまちであるが、特徴的なことは粒径画分の粗砂(2~0.2mm)、細砂(0.2~0.02mm)、シルト(0.02~0.002mm)、粘土(0.002mm以下)などのうち細砂フラクションが多いことであった。また、粒度分布変化の可能性として、表土の粘土分が下層に移動して減少し、シルト以上の粒子分が増加し土性が粗くあることであるが、開墾16年後においてもこの様な変化は認められなかった。

4. 粘土比について

粒度分布から粘土比(粘土/(シルト+砂))を計算して表3に示した。内田¹⁰⁾によると土壌の侵食性と粘土比との関係が表4の様に提案されている。表3の結果を表4の基準に当てると、調査地土壌の侵食性はA区は小程度、DG区、DN区は中程度、EG区、EN区は大となる。しかし、内田のこの基準は下層土の水浸透性を考慮しない場合

表3 調査地土壌の粘土比*

処理区	サンプル採取年		
	1976	1979	1991
A区	0.13±0.02	0.14±0.01	0.13±0.01
DG区	0.17±0.02	0.14±0.01	0.16±0.01
DN区	0.16±0.01	0.21±0.03	0.24±0.10
EG区	0.54±0.01	0.49±0.07	0.47±0.07
EN区	0.41±0.06	0.37±0.06	0.38±0.09

* 3点の平均±標準偏差値

のものであり、調査地の下層土は浸透性が悪い恐れがあるので⁶⁾、DG区、DN区が内田の基準で侵食性中程度となっても、実際には侵食性大と解釈する必要がある。またA区(林地)やDG区の土壌は粘土比が経年的にやや一定であるのに対し、DN区は経年的に粘土比が上がり、EG区とEN区は経年的にやや下がる傾向がある。山成り

造成して表土を残したDN区は開墾当初はEN区よりはるかに粘土比は小さいが、適当な管理をせずに放置すると粘土比が大きくなり侵食性も大きくなると考えられる。EN区、EG区は特に開墾当初の粘土比が大きいので、侵食防止対策は開墾当初に最も必要と考えられる。

5. 分散率について

土壌の分散率については50分の1mm(0.02mm)以下の粒子をとるDr 1/50と20分の1mm(0.05mm)以下の粒子をとるDr 1/20を測定し、各々の結果を表5に示した。

表5 調査地土壌の分散率(3点の平均±標準偏差値)

処理区	サンプル採取年		
	1976	1979	1991
		<u>Dr 1/20</u>	
A	28.9±1.5	20.7±4.1	25.6±2.1
DG	37.8±5.6	26.2±12.9	19.3±2.1
DN	32.5±7.3	26.7±5.4	27.1±4.2
EG	33.4±3.5	33.2±3.0	23.9±1.4
EN	28.2±2.6	20.8±3.7	24.3±1.6
		<u>Dr 1/50</u>	
A	12.6±1.1	8.1±2.9	12.7±1.7
DG	16.6±2.0	8.9±3.7	9.8±1.8
DN	16.6±2.5	8.1±2.1	12.4±2.5
EG	9.9±1.4	8.6±1.3	9.6±0.8
EN	7.6±1.2	4.5±0.5	6.7±0.5

土壌の水侵食は雨滴による飛散、水の移動に伴う分散、流出に起因するわけで、分散率は土壌の受食性を計る重要な因子であり、一般的にはDr 1/20が評価指標として用いられる。しかし、Dr 1/20において0.05mmの粒子を採取するとき、この大きさの粒子は沈降速度が早く測定にばらつきが生じやすいことから、Dr 1/50も測定して比較し、実験迅速化の可能性を探ってみた。

Dr 1/20による評価において、分散率5.2~15.1は耐食性土壌、13.0~66.0は受食性土壌とされる¹⁾。従って、これを表5の結果に合わせてみると、調査地の土壌は何れも受食性土壌と判定される。

試験区土壌の分散率を経年的に比較すると、人為作用の余り加わっていないA区(林地)においてもサンプリング年によってかなりの高低がみられく。従って他の区についても分散率を経年的に比較するのはかなり困難であるが、それでも分散率は全体として開墾初年に高く、その後経年的にやや低くなる傾向がみられる。但し試験区間の相違は余り明瞭でない。

6. 分散率Dr 1/20とDr 1/50の比較

Dr 1/20とDr 1/50を第5表で得られた45組で比較すると、当然のことながらDr 1/20(平均と標

準偏差値)は 27.2 ± 7.1 、 $Dr\ 1/50$ は 10.2 ± 3.8 と $Dr\ 1/20$ の方が高い値を示した。さらに1992年に試験区周辺から11点のサンプルを追加採取して分散率を測定し、全部で56組の $Dr\ 1/20$ と $Dr\ 1/50$ の関係をみると次の通りであった。

回帰式 ($Y=Dr\ 1/20$, $x=Dr\ 1/50$), $Y=1.2x+16.8$

相関計数 (r) = 0.6833^{***} (0.1%有意)

このことから、調査地の様な土壌の分散率については実験誤差の少ない $Dr\ 1/50$ を測定し、その値から上の回帰式により $Dr\ 1/20$ を推定することが可能と考えられた。但し両測定法において $0.02 \sim 0.05$ mmの土壌粒子を計るかどうかが特徴的に異なるので、この粒径範囲の粒子の多少が分散率 $Dr\ 1/20$ と $Dr\ 1/50$ の近似性を大きく左右することになるであろう。

7. 粒径フラクションと分散率との関係

分散率を左右する因子のうち、粒径フラクションの占める割合を探るため、各フラクションと分散率($Dr\ 1/20$ 及び $Dr\ 1/50$)の相関を調べると次の通りであった。

粗砂含有率と $Dr\ 1/20$ $n=56$ 組 $r=-0.3985^{**}$ (1%有意)

細砂含有率と $Dr\ 1/50$ $n=56$ 組 $r=0.4179^{**}$ (1%有意)

粘土含有率と $Dr\ 1/50$ $n=56$ 組 $r=-0.3976^{**}$ (1%有意)

ここに掲げた粒径フラクション以外と分散率との間に有意な相関はみられなかったが、この結果から粗砂分と粘土分が多いときは分散率は小さくなり、細砂分が増えると分散率は大きくなる傾向が伺える。

8. 土壌 pH について

土壌のpH測定結果を表6に示した。レーキドーザで開墾したDG区においては開墾後数年は他の区(A区以外)よりpHが高めに推移したが、16年目には他の区と殆ど同程度となった。DG区は開墾後数年は牧草を栽培し施肥もしたので、その時の塩基分が残っているため(表7)と考えられる。

9. 土壌の全炭素と全窒素含有率について

土壌の全炭素及び全窒素分析・測定結果は表6に示した。炭素含有率に1.724の係数を掛けると、腐植含有率となる。また窒素は腐植に含まれるので、この両成分は密接な関係にある。林地(A区)に比べると他の試験区は窒素が低めに推移している。試験区のうちでは、DG、DN区はEG、EN区より炭素や窒素含有率がやや高く、その傾向は開墾16年まで続くことが認められた。

但し、A区(林地)土壌の全炭素含有率に対する他の区の其れを相対値で比較すると、図1に示す変化が見られた。すなわちレーキドーザ開墾区(DG・DN)の腐植は平均で林地(A区)の49%に下がり2年後はさらに41%まで下がるが16年後には63%となった。土壌の全炭素含有量は主に植物による有機物生産に左右されるわけであるが、開墾2年目でDG区がDN区より高いのはDG区に牧草を植付けたことによるが、16年目でDN区の方が高くなっているのは、牧草を栽培したDG区より植生侵入が早めに進んだためではないかと考えられる。

一方、ブルドーザ開墾区(EG・EN)では平均でA区の22%に下がり、2年後にはさらに19%

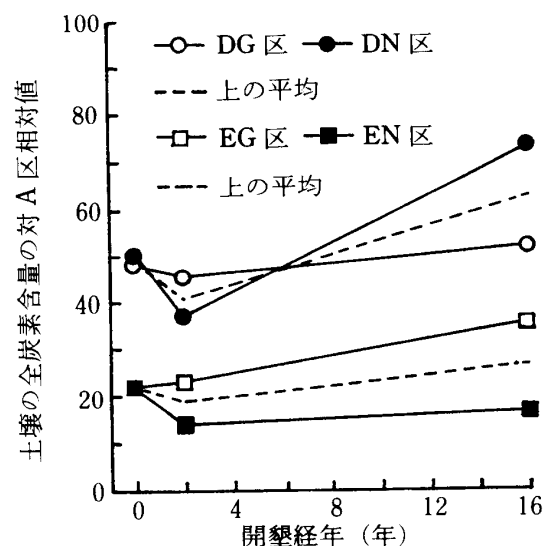


図1 開墾放置土壌の全炭素含量の対A区相対値の経年経化

まで下がるが、16年後には26%とやや上昇した。EG区及びEN区はブルドーザにより表土を削り均平化したもので、腐植含量が極端に少なくなるとともに、窒素も少ないので(表6)植生の侵入も遅れて経過したと考えられる。

何れにしても、調査地においては、開墾後16年を経過しても、表土の腐植含量が元の林地程度に達しないことが認められた。開墾放置地には植生(最初は草本類、次に木本類)の侵入があり、次第に元の樹林地の様相に近づくことが考えられるが、16年経過後において試験区縁辺部には木本類の侵入がかなり見られるものの平均的には僅かであった。

炭素率(C/N)は10を大きく越える土壤が多い。熟畑土壤のC/N比が10前後であることから、試験区土壤はEN区以外は未熟畑の様相を呈すると考えられる。

表6 土壤のpH及び炭素、窒素含有率の経年変化*

調査区	1976年 (開墾当初)	1978年 (開墾2年後)	1991年 (開墾16年後)
		<u>pH (H₂O)</u>	
A区	5.13±0.06	5.0±0.1	5.59±0.27
DG区	5.33±0.14	5.23±0.02	5.15±0.15
DN区	4.80±0.10	5.02±0.03	5.16±0.05
EG区	4.87±0.06	4.99±0.02	5.10±0.22
EN区	4.87±0.06	5.01±0.01	4.96±0.05
		<u>炭素 (%)</u>	
A区	1.76±0.06		1.73±0.13
DG区	0.84±0.28	0.79±0.17	0.90±0.21
DN区	0.88±0.02	0.64±0.15	1.26±0.16
EG区	0.38±0.14	0.40±0.23	0.60±0.16
EN区	0.39±0.08	0.24±0.08	0.27±0.12
		<u>窒素 (%)</u>	
A区	0.097±0.021		0.087±0.011
DG区	0.056±0.014	0.050±0.002	0.051±0.009
DN区	0.054±0.012	0.040±0.010	0.080±0.011
EG区	0.035±0.010	0.037±0.018	0.044±0.012
EN区	0.037±0.004	0.031±0.003	0.029±0.005
		<u>炭素率 (C/N)</u>	
A区	17.9±2.7		19.9±1.3
DG区	14.7±0.2	15.8±2.6	17.5±1.2
DN区	16.2±1.8	16.1±1.1	15.8±0.4
EG区	10.8±1.0	10.3±1.5	13.7±0.8
EN区	10.5±2.0	7.5±2.0	8.9±2.1

*各3点の平均と標準偏差値を示す。

10. 陽イオン交換容量 (CEC) について

測定結果を表7に示した。土壤のCECは粘土や腐植の負荷電によって発現されるものであるから、粘土や腐植が多いとCECも大きくなる。またCECは土壤の養水分保持力の目安となるものであるが、調査地土壤のCECは大体3~4.5me/100gの範囲にあり、養水分保持力は極めて小さい。

EG区やEN区土壤が他の試験区土壤よりCECがやや大きいのは、表2に示したように粘土含有量が2倍前後多いからである。A区、DG区、DN区などはEG区やEN区より炭素すなわち腐植含有率が高いが、その差の影響はCECに現れていない。それはEG区やEN区がブルドーザ開墾により表土が剥ぎとられて均平化され、心土が露出した分粘土含量が他区より高いため、腐植は少なくとも他区と同程度のCECを持つと考えられる。

土壌 CEC の経年的な変化は何れの試験区においても認められない。

表7 調査地土壌の CEC, 交換性塩基及び塩基飽和度

試験区	CEC (me/100g)	交換性塩基 (me/100g)				塩基飽和度 (%)
		Ca	Mg	K	Na	
1976年 (開墾半年後)						
A 区	3.8 (± 0.7)	0.38 (±0.06)	0.54 (±0.08)	0.11 (±0.04)	0.14 (±0.02)	32 (± 4.1)
DG 区	3.1 (± 0.5)	0.63 (±0.20)	0.53 (±0.10)	0.08 (±0.01)	0.09 (±0.01)	43 (± 7.8)
DN 区	2.8 (± 0.3)	0.10 (±0.02)	0.18 (±0.05)	0.07 (±0.01)	0.06 (±0.01)	15 (± 0.9)
EG 区	3.9 (± 0.7)	0.15 (±0.04)	0.55 (±0.08)	0.13 (±0.02)	0.09 (±0.01)	24 (± 0.8)
EN 区	4.6 (± 0.7)	0.12 (±0.01)	0.56 (±0.13)	0.12 (±0.02)	0.10 (±0.01)	20 (± 0.5)
1979年 (開墾3年後)						
A 区	3.2 (± 0.2)	0.36 (±0.17)	0.48 (±0.07)	0.07 (±0.01)	0.05 (±0.01)	31 (± 7.0)
DG 区	2.7 (± 0.4)	0.48 (±0.18)	0.36 (±0.03)	0.10 (±0.00)	0.05 (±0.01)	37 (±11.1)
DN 区	3.4 (± 0.3)	0.14 (±0.06)	0.22 (±0.06)	0.07 (±0.02)	0.04 (±0.01)	14 (± 4.2)
EG 区	4.0 (± 0.6)	0.31 (±0.05)	0.56 (±0.13)	0.13 (±0.02)	0.04 (±0.01)	26 (± 2.1)
EN 区	4.5 (± 0.7)	0.14 (±0.03)	0.51 (±0.12)	0.10 (±0.01)	0.04 (±0.01)	18 (± 1.2)
1991年 (開墾16年後)						
A 区	3.4 (± 0.5)	0.98 (±0.27)	0.72 (±0.14)	0.13 (±0.02)	0.09 (±0.02)	59 (±17.0)
DG 区	3.5 (± 0.3)	0.33 (±0.09)	0.49 (±0.06)	0.14 (±0.02)	0.06 (±0.01)	29 (± 4.0)
DN 区	3.5 (± 0.1)	0.31 (±0.17)	0.32 (±0.11)	0.11 (±0.01)	0.05 (±0.02)	23 (± 7.8)
EG 区	4.2 (± 0.9)	0.25 (±0.01)	0.44 (±0.04)	0.15 (±0.03)	0.01 (±0.01)	22 (± 4.3)
EN 区	4.4 (± 0.5)	0.20 (±0.08)	0.44 (±0.17)	0.10 (±0.02)	0.05 (±0.01)	17 (± 4.2)

11. 交換性塩基について

カルシウム (Ca), マグネシウム (Mg), カリウム (K), ナトリウム (Na) などの交換性塩基測定結果は表7に示した。

交換性塩基の含量及びそれから求められる塩基飽和度に試験区間に大きな差は認められず, また経年的な変化も明らかでない。

ここで分析に供したサンプルは表土 (0~15cm) であるが, 表土の塩基含量は降雨の多い時は浸透水と共に下層に移動し, 干ばつの時は毛管水によって下層から表土に移動するなど, 気候条件に左右されることがあると同時に, 試験地は海岸に近いので, 風速, 風向によって海からの飛塩が土壌に入ることもある。このようなことから試験区間にも塩基含量の相違がなかったと考えられる。

ま と め

西表島の琉球大学熱帯農学研究施設内において、1976年に樹林地を開墾してA区(林地)、DG区(レーキドーザ開墾, 牧草植付後放置)、DN区(レーキドーザ開墾, そのまま裸地放置)、EG区(ブルドーザ開墾, 牧草植付後放置)、EN区(ブルドーザ開墾, そのまま裸地放置)などの試験区を設け、土壌の理化学性を経年的に調べ、樹林地開墾という人為作用が土壌と周辺環境に及ぼす影響と、環境の保全について論じた。

土壌は酸性赤色系の砂壤土～砂質植壤土であった。開墾に伴う影響は土壌流亡(流失)による周辺環境の悪化や土壌そのものも肥沃度低下などが考えられるが、土壌流亡に係わる土壌因子の透水性や受食性についてみると次の通りであった。

透水性はレーキドーザやブルドーザで開墾すると、極端に悪くなり、2年後から徐々に回復する傾向がみられた。また、粘土比や分散率によると、開墾試験区土壌は勿論、林地土壌も受食性の高い土壌であった。林地では受食性が高いにも拘らず土壌が植被による保護と高い透水性により流亡が抑えられ、環境保全に役立っているが、開墾地では透水性の低下が土壌流亡の大きな要因になると推定された。特に開墾直後においては透水性が著しく低下するので、土壌流亡による環境への悪影響防止には、開墾直後におけるマルチ或は草生による土壌被覆が極めて重要な対策と考えられる。土壌保全においてマルチの及ぼす効果は極めて大きいことが知られている⁷⁾。

土壌肥沃度の主要因をなす土壌化学性(pH, CEC, 窒素, 腐植, 交換性塩基)は、林地下の土壌でも余り良い方ではなかったが、開墾によりその不良化が認められた。しかし不良化の程度はブルドーザ開墾区(EG, EN)よりレーキドーザ開墾区(DG, DN)の方が軽かった。

土壌化学性のうちで、特に土壌炭素(腐植)含量の経年的な変化が試験区により異なることが認められた。すなわち、土壌の炭素含有率はブルドーザ開墾区で極端(林地の22%)に低下し、その後の植生侵入が少なく、16年経過しても林地の26%(EGとENの平均)しか回復しなかったが、レーキドーザによる開墾では林地の49%への低下があったものの、植生の侵入が早く、16年目には林地の63%(DGとDNの平均)に回復した。

以上により、当該調査地における開墾地土壌の保全には開墾直後における土壌被覆が重要な対策であり、肥沃度保持にはブルドーザ開墾よりレーキドーザ開墾の方が好ましい手法と考えられた。また、開墾地で森林回復を図るには16年以上の時間が必要であると考えられた。

謝辞：この研究を行うに当たり、研究費の申請等に労を払われた元琉球大学教授丸杉孝之助氏に謝意を表す。

参考文献

1. 土壌物理性測定法委員会編 1972 土壌物理性測定法, 養賢堂, 東京
2. 土壌標準分析・測定法委員会 1987 土壌標準分析・測定法, 博友社, 東京
3. 土壌養分測定法委員会編 1970 土壌養分分析法, 養賢堂, 東京
4. 九馬一剛 1981 私信
5. 丸杉孝之助(編) 1977 熱帯樹林地の開墾に伴う生態系の変化に関する研究(昭和52年度農林水産特別試験研究費補助金による研究報告書), 琉球大学農学部
6. 大屋一弘 1977 土壌理化学性の変化. 丸杉孝之助編: 熱帯樹林地の開墾に伴う生態系の変化に関する研究, p91~112. 琉球大学農学部
7. 大屋一弘 1989 赤土流出防止と農地及び水利用—沖縄農業における土壌保全への提言—沖縄農

- 業, **24** (1・2) : 41~47
8. Oya, K., Aramoto, M., Murayama, S., Azuma, S., Shiroma, M., Abe, T., Kamura, T., Kumada, K., Sato, K., and Kyuma, K. 1982 Shifting cultivation-Iriomote Project-Ecological studies on shifting cultivation. Intern. Seminar on Productivity of Soil Ecosystems, Tokyo University of Agriculture, p133~148
 9. Oya, Kazuhiro and Tokashiki, Yoshihiro 1984 Soil Fertility in a shifting cultivation on Iriomote Island of Okinawa 1. Nutrients stored in the forest and their input to the soil. Jap. J. Trop. Agr. **28** (4) : 218~223
 10. 内田勝利 1979 土の侵食性と物理的性質, 土壌の物理性, 39 : 50~56