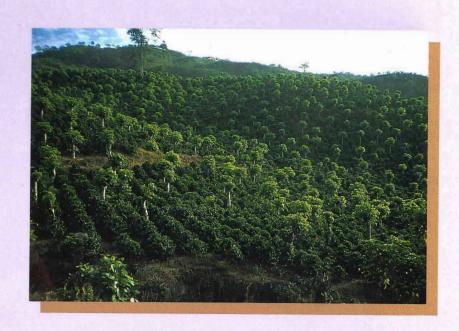
元 大阪市立大学理学部教授

内村悦三著

# 実践的アグロフォレストリー・システム



財団法人 **国際緑化推進センター** 

# 実践的アグロフォレストリー・システム

元 大阪市立大学 理学部教授

内村悦三

# 熱帯林造成技術テキストの発刊にあたって

毎年 1500 ヘクタール以上もの熱帯林が消滅し、地球規模での環境問題として早急な対策が必要とされております。

このような状况の中で、従来よりわが国には多くの国より林業協力の要請がなされており、これに対処するためには国際林業協力に従事する人材の育成等の国内支援体制の強化が必要とのことから、1991年春、当センターが設立されました。

当センターでは事業の一環として、企業やNGO等の民間機関による林業協力に従事する人々やこれからの林業協力を担うであろう青少年を対象にして、熱帯林の造成技術についての研修会を開催いたしております。

この熱帯林造成技術テキストはこれらの当センターで行う研修の教材 として使用するとともに、林業協力に従事する人達にも活用頂けれはと 作成致すものであります。

本テキストは熱帯林など海外の森林・林業に関してシリーズで発刊しており、著者につきましても現地での実施経験豊かな研究者をお願いし、現場での手引き書としても直ちに使えるようなものを作成しようと心掛けております。

本テキストが今後とも、わが国の国際林業協力に従事する人々に少しでも役立ち国際林業協力の推進に些かでも貢献出来れはと願いつつ本テキストを発刊致すもので有ります。

なお、本書は平成4年に内村悦三先生にお願いし「熱帯のアグロフォレストリー」と言う題名で発刊したものを、今回、再版するに当たり題名も「実践的アグロフォレストリー・システム」と改め、内容も先生自ら最近の情報等を採り入れ改訂したものです。

2000年3月

(財) 国際緑化推進センター 理事長 秋山 智 英

# 目 次

まえがき		
第1章	総 説	1
1	森林資源の減少と地球環境・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2	アグロフォレストリーの概念・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
3	アグロフォレストリーの原点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
4	アグロフォレストリーの特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	16
5	共生林としての役割・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	19
第2章	アグロフォレストリーの分類	21
1	産業によるシステム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
2	時間配分によるシステム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26
3	空間的配置によるシステム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	28
4	目的によるシステム・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	29
第3章	アグロフォレストリー・システムとその取扱い・・・	34
1	生産要素の取扱い・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	34
2	アグロフォレストリー・システムとその取扱い・・・・・・・・	39
	(1)遷移式(短期的) アクロフォレストリー・システム・・・・・	39
	(2)同時式(長期的)アクロフォレストリー・システム・・・・・	44
	(3)農家園または混作自家農園・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	48
	(4)混牧林・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	49
	(5)生垣柵・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	53
	(6)防風林・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	55
3	アグロフォレストリー・システムの評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	58
4	システムで利用される樹木と作物・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	58
第4章	地域特性とアグロフォレストリー	60
1	熱帯アジアのアグロフォレストリー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	61
	(1)地域の特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	61
	(2)アクロフォレストリーの形態・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	63

	(3)熱帯アシアでの実態・・・・・・・・・・・・・・ 65
2 熱槽	帯アフリカのアクロフォレストリー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	(1)地域の特徴・・・・・・ 70
	(2)アグロフォレストリーの形態・・・・・・・・・・・・・・ 72
	(3)熱帯アフリカでの実態・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
3 熱情	号アメリカのアグロフォレストリー・・・・・・ 78
	(1)地域の特徴・・・・・・ 78
	(2)アクロフォレストリーの形態・・・・・・ 79
	(3)熱帯アメリカでの実態・・・・・・ 80
第5章	アグロフォレストリーの普及86
	(1)普及の準備・・・・・・・86
	(2)普及に必要な組織網と選択・・・・・・ 87
	(3)普及戦略と活動・・・・・・・・88
	(4)対話の形態・・・・・・・・・・・88
	(5)普及活動・・・・・・・90
第6章	社会林業とアグロフォレストリー 92
第7章	アグロフォレストリーの課題と展望97
1	地域の課題・・・・・・97
	(1)熱帯アシアの課題・・・・・・・97
	(2)熱帯アフリカの課題・・・・・・・・・101
	(3)熱帯アメリカの課題・・・・・・・・・103
2	アクロフォレストリーの展望・・・・・・・・・・・105

# まえがき

1901年にスタートした20世紀を振り返ってみるとき、その1スパンの100年間という快して短くないが、しかし、長くもないと思われる期間中に、地球という名の1惑星上では数多くの国々が自国内や他国との間で闘争し、皮乱に満ちた歴史を繰り返しなから、独立してきたという事実を幾つも思い起すことができる。しかし、独立を果した殆んどの国がその後の期間内に経済的自立を果たしたり独自の文化を創造できたかといえは、必ずしもそれらを完成させるだけの十分な日時があったとは言いがたいものがある。ただ、国家独立という過程のなかでそれぞれの国が国民生活や社会情勢を大きく発展させて行くために、自国の自然を破壊し、傷つけて荒廃させながら変貌を遂けてきたことは事実である。こうした破壊的行為が結局は地球的規模のスケールで起こってしまったと世界の人々が改めて気付いたのは今からほんの十数年余り以前のことであった。いうならば、20世紀の歴史がまもなくその幕を下ろすことに自覚し始めたばかりの頃のことである。

この100年間に変遷してきた歴史的過程の一部を取り上けてみると、科学や人間生活については日々、着実に進歩の跡が見受けられるが、反面、かつてそこに存在したはずの民族固有の文化がどこかに影を借めてしまい、やたらと劃一化された近代的な機材や器機が目につき、背後にあるべき自然界の大部分が形を変え、消滅してしまっているのである。近代化という大きなうねりの中に人間が自らの英知を駆使して社会を発展させて行くこと自体は非常に大切なことであるが、そこには自然と人間との共生関係が崩れつつあったという新たな問題が出現していた訳である。例えは、発展途上国の生活環境が改善されて住み易くなったり、農村地帯に医療の手が差し伸べられる機会が増えて、乳幼児の生命が救われるようになったことは喜はしいことであるが、それが引き金になって人口が加速的に増加している。その加速度は現在も留まるところを知

らないほどである。その結果、世界各地における人口増加は同時に食糧生産の確保を余儀なくし、その生産場所をどこに求めるかが大きな問題になってきた。農業に適した肥沃で平坦な未利用の土地は年とともに開発されて減少し、今日ではもう新たに求めうる場所すら殆どなくなったとさえいわれている。こうなると、新しい土地を求めて行く先が森林地帯に向くのは当然で、その中でも人の目がまず向けられたのは農地として転用しやすい平坦な森林地帯であった。ただ、そういった土地も最近では、もはや奥地の辺ぴな所まで行かない限り見出せなくなってしまっている。

このような事実から本書では広義の食糧生産と土地問題だけでなく、 森林の持つ機能もまた人間生活にとって欠かせないものであることを認 識し、それらの問題解決の一方法としてとるべきアグロフォレストリー について解説し、戦略としての実践方法をいかにして導入するかに焦点 を当てることにした。

本書は1994年に当センターより刊行された初版の「熱帯のアグロフォレストリー」を基本に、その後の知見を付加することにより加筆訂正したものである。したがって、アクロフォレストリーについて興味を覚え、その意義を学ぼうとしている人やこれからアグロフォレストリーを実践しようとしている人にとって基礎的な用語から実践までを通して参考になるように書いたものである。

# 第1章 総 説

# 1 森林資源の減少と地球環境

これまで、人類社会は時代の経過とともに常に進歩の方向に向かって 進んできたが、この20世紀後半の数十年間における地球上のあらゆる 変動には目を見張るものがある。言うまでもなく人類が中心となって動 いているこの地球では、社会生活の柱である政治や経済面での変動は国 によって一進一退したこともあるが、科学の世界ではいつも前進の道を 歩んできた。しかし、地球上の開発や利用に関する全てのことを取り仕 切っている人間が、日々の生活のために必要とする物資の殆どを自然界 に存在している資源に頼っているのが実情である。ところが、各種の天 然資源の利活用に伴ってもたらされている自然環境の変化や生態系の破 壊については憂うべきものが世界中で多々見いだされるようになってき ている。例えば、農地開発の結果、林地が減少してきたためにアグロフォ レストリーの導入という発想が取り沙汰されるようになったのも、まえ がきで触れたように人口増加といったところに発端があったはずである。 ところで、地球の歴史についてここで少し考えて見ることにしよう。 20 世紀の中頃まで地質学的な測定や各種の観測によって、それまで地 球の年齢はほぼ 3000 万年と見なされていた。ところが 1949 年になって アメリカの物理学者ユーリーが放射線同位元素の半減期を利用した科学 的な測定方法を導入して明らかにしたことは、地球の年齢が45億年で あると発表され、過去の知見が訂正されたことである。その後の幾多の 研究によってもこの年齢は確かなものであることが証明され、今日では さらに 46 億年であることを誰もが認めるようになっている。また、ア メリカ航空宇宙局(NASA)本部によるとカーネギー研究所のウエン ディ・フリードマン博士らが現代天文学の謎の一つとされてきた宇宙の 膨張速度(ハップル定数)の値をハップル宇宙望遠鏡を使って測定した

ところ、宇宙の誕生が約120億年前たったと発表したのは1999年5月25日のことであった。それにしても、化石の記録によると地球上で発見された最古の陸上植物は4億年ほどの昔に既に生育していたこと、さらに動物は植物よりも以前から生存していたことが知られている。もちろん、これらの歴史を作ってきた長い年月の間には何回もの地殻変動や寒冷期と温暖期の繰り返しによる激しい環境の変化かあったであろうが、次第に近世代の自然環境か形成されてきたといわれている。

今日、地球上の寒帯から熱帯にかけての広範囲の緯度内や、その低地 から高地にかけての標高の間には約60億人か住んでいる。ところがこ こには他の動物、植物、微生物などの生命体が空気、水、光、温度等を 媒介として生存しており、そこには大気の存在する大気圏をも加えた生 物圏と、地圏、水圏、気圏の三者を包括した地球圏とがある。この生物 圏と地球圏とを併合した生命圏には多種にわたる天然資源が原材料の形 で貯蔵されており、まさに、これを加工し、活用してわれわれは生活し ているのである。ところが同じ天然資原でも石油や天然ガスといった化 石燃料や石炭とか錫、銅、亜鉛、銀、金、その他の鉱物資源は地球の歴 史により貯えられた遺産であり、一旦採掘して利用してしまえは再度得 ることがてきない、いわゆる有限の資原である。これに対して生物のな かでも樹木はこれを伐採して利用したとしても合理的な管理を行なった り植栽することによって、たとえ時間がかかったとしてもふたたび資原 として再生させて利用することが可能である。したがって、こうした資 原を再生可能な資原(Renewable natural resources)といい、また継続的 に生産性があることから持続性のある天然資原(Sustamable natural resouices)と呼んでいる。

この地上に存在している緑豊かな天然資原は日光、水、二酸化炭素によって光合成を行なっている植物が生産者となり、草食動物や肉食動物を捕食して捕食連鎖を行なう動物が消費者としての役割を果たしている。 さらに地表や土壌中に成育している小動物や微生物か分解者として落葉 や落枝だけてなく、動物の屍体や排泄物をも分解して腐蝕連鎖を行なっている。この生産者、俏費者、分解者の三者が循環の構成要因となって自然界の生態系を保っている。このようにして得られる生態系のうちの大形の植物群である森林は地球上に存在する生きた植物総量のほほ 90%を占めている。また、陸上の植物界が生産する有機物量の 60%を受け持っており、しかも陸地から蒸発散する水分量の 30%を負担していて、自然環境維持の大きな役割を果たしている。

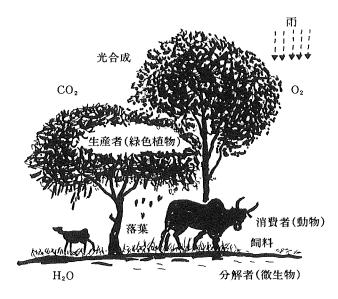


図-1 自然界における生態系

一般に熱帯地域と呼ばれている範囲内でも地域によって降水量の差異の存在することが認められていて、降水量が年間を通して全くないか極めて少なければ砂漠地帯となる。しかし、降水量が多くなるにつれてサハンナ、サバンナ草原、サハンナ低木林、熱帯多雨林(熱帯雨林)へと移行して行くことになる。すなわち乾燥熱帯から湿潤熱帯へと移行して

いくのである。また、これらの地域で気温が異なるのは太陽からの放射 熱が地上の植生によって反射率を異にするからで、例えば裸地にあたる 砂漠における反射率は30%以上で、地表温度も40℃以上に達するのに 対して、草地での反射率は20%にまで減少する。さらに森林では反射 率が10~15%となり、地表温度も25℃以下に押さえられて地球が吸収 する熱をほんの少し増す程度になる。こうしてみると、森林が存在する ことによって地温が緩和されるだけでなく、光合成をするために二酸化 炭素を吸収し、酸素を空中に放出することによって空気の浄化機能が活 発に行なわれることになる。もっとも、森林資源の存在価値は上述した こと以外にも、木材を始めとする各種の林産物や木質エネルキーの原材 料をも提供してくれる。さらに森林は水原かん養機能はもとより治山、 冶水といった防災的機能も持っていて、人の生活を安全かつ快適に過ご すために必要な有形、無形の役割を果たしながら環境作りに役立ってい るといえるのである。

それ程大切で価値の高い森林、ことさら熱帯林がここ数十年の間に急激に減少し、再生可能で持続性のある資源とは言い難い状况に置かれつつある。もっともここに至るまでに、文明の発達が森林の破壊を絶えず助長してきたことは歴史が記録として数多く残しているが、それにしてもそのスピードが緩慢であったから今日のように問題とされることはなかった。では一体何がこのような原因を作ったのであろうか。そこには幾つもの関連した原因があるが、集約すると 20 世紀になって科学の急速な進歩がみられ、そのハイテク産業が環境問題を道づれにしながら発展途上国に上陸したことと、人口増加による食糧の確保や経済発展を期しての土地開発がもたらされたことによるといえるであろう。

最初のハイテク産業が地球圏に及ぼした環境上の影響について考えて みると、1938年にドイツのオット・パーマンが中性子によるウランの 核分裂を発見しているが、その7年後にはこれが原子爆弾という姿で地 球上に投下され、物理的な地球環境の破壊が行われている。これはまた、

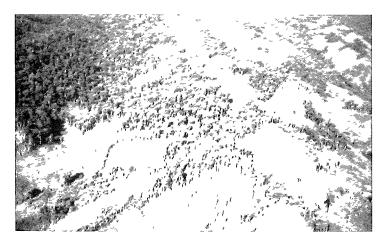


写真 1 焼畑農業の繰り返しにより土壌が劣化し、森林の再生を困難に している (パラワン、フィリピン)

多くの軍事産業品として、各国で種類を変えて使われるようになった。 平和産業として環境を悪化させる原因には幾つもあるが、その一つとして 1950 年頃からグリーンランドの氷の層に鉛の堆積層が見られるようになったという事実がある。これは世界的に自動車が普及し、悪質な排気ガスか空中に飛ばされ、大気圏を経てグリーンランドにまで達していたことを物語っている。1957 年になると、ロシアはスプートニク1号を打ち上げている。この頃から宇宙開発が世界的に競争して行われるようになり、宇宙汚染が起こりかねない様相を呈するようになった。地上ではDDTが体内や毎中に堆積し、化学物質による公害をもたらせ、さらに最近はフロンガスの家庭レベルへの持ち込みとオゾン層の破壊による問題も生じている。これらは環境破壊のほんの一例であるがいずれも20世紀中頃以降に科学産業が発達したために悲劇の発端となったと将来言われる可能性を秘めている。

さて、ここまでの幾つかの事実はややもすると森林問題とは関係のない環境破壊の話だと思えるかも知れないが、これが森林減少に影響を与

えていることに誰もがやがて気づくはずである。少なくとも先進国における酸性雨による森林の枯損は石炭や石曲などの化石燃料の使用により、硫黄酸化物や窒素酸化物が大気中へ放出されて、そのカスが雲にとり込まれた後、複雑な化学反応を繰返し、いずれ硫酸イオン、硝酸イオンなどに変化して強い酸性(pH56以下)を示す降雨または乾いた粒子状物質として降下することにより引きおこされている。この酸性雨の発生源をたどれは、火力発電所、化石燃料を使用する工場、自動車の排ガスなどわれわれの生活に欠かせない身近なところにあるからてある。

では熱帯林の多い発展途上国ではどこに問題があったのだろうか。熱帯アジアの例では、1950年後半からのイギリスのアジア地域にある国々の領有権放棄がある。つまり各国が独立して自主独立のために経済力の強化策を打立てねはならなくなったことである。そして外貨獲得の方法には資原開発と一次産物の輸出に頼ることであった。産曲国は天然カスや石曲を競って輸出することになったが、非産曲国も含めて輸出てきるものといえは鉱物資原や森林資原である。ここでまず森林の資源が減少するための原因が見出される。一方、先住民の生活レベルの向上と衛生



写真2 重機で雨季に熱帯材が搬出されると、その跡地は土壌の撹乱に よって稚樹の成育が阻害される (ミンダナオ島、フィリピン)

面の改善によって幼児死亡率が減少するとともに、医療の向上がある。 さらに労働力としての家族構成の増大かみられ、やがてこれらが人口増 加へと連がるのである。事実、2000年前に2億5千万人だった世界の 人口は 1950 年に 25 億人、1987 年に 50 億人を突破し、今もって増加傾 向は留まるところを知らず、1999年には60億人を突破している。この 人口増加の割合は発展途上囯において高く、全体の 3/4 がこれら熱帯域 の国々と深く関わっている。かつて世界的レベルで実施された IBP (International Brosphere Program)の調査目的が食糧生産の可能性を明ら かにするためのものだったことは人口増加の限界かどのあたりにあるの かを明らかにするためにも必要だったものと考えて当然であろう。東南 アシア、インド亜大陸、アフリカ、中南米なとてはこの膨大な人口増加 が食糧生産と経済効果を得るために森林地帯を開発し、ある種の生産物 は自国のために、あるものは先進国や他国への輸出のための生産地とし て広義の農地や耕地として拡大して行ったのである。もちろん、人口増 加に伴って焼畑農民も増加して土地の利用サイクルが短かくなり、土壌 は劣化し、食糧生産能率の低下を余儀なくして各地で土壌の流出も見ら れるようになっている。

換金作物の生産や有用作物の栽培は熱帯低地のみならず、山地にもおよび、コーヒーをはしめ家畜生産のための放牧地造成のために森林開発が行われて、森林資源の減少に拍車を掛けている。もちろん、同時に森林からの木材搬出が行われているのは当然のことである。しかし、どこを見ても伐採跡地の造林となると遅々として進まず、伐採面積のほぼ 1/10 程度しか行われていない。従来の天然林の伐採は機械化によって短時間に行えるが、植林は人為によって少しずつ行われなけれはならないからである。かつての FAO の資料によると世界の熱帯林の減少面積は1年間に1700 万ヘクタールにも達すると推定されていたが、今日では年間1200 万 ha に減少したものの、それでも救いようのない事態が起こっているといえる。

産業の発展を考えると、都市では工場や生産用地のほか住宅地や緑地が必要となろう。しかし、農村や山地では農耕地だけでなく、生活に必要な木質系エネルギーが常に求められている。同時に各国で自然環境を保持することの大切さも意識されるようになってきている。つまりこうした数多くの実態を目のあたりにしていると、土地の有効利用を一層図らねばならない状况にあると考えられる。ここに来てアクロフォレストリーが見直されるようになってきたのもそんな事情によるところが多い。人間が生活して行くためにはそこに住む人達によって自然環境作りが大切だからである。



写真3 ユーカリの天然林が伐採されて跡地にオイルパーム畑が出現したところ (ニューブリテン島、パプアニューギニア)

# 2 アグロフォレストリーの概念

アグロフォレストリー(Agroforestry)という言葉の定義は 1979 年にケニアのナイロビにあるICRAF(International Council for Research in Agroforestry ) で開催された国際会議「アグロフォレストリーに関する国際

協力」の席と、参加者の多くの人が意見を述べている。その中でICRAF の Lundgren,BO 所長は「アクロフォレストリーとは、農作物あるいは 家畜をいろいろな空間的あるいは時間的配置のもとで、育成する土地に 木本植物を意識的に育てる土地利用システムの総称であり、しかもアク ロフォレストリーの構成因子である樹木は生態学的にも経済学的にも農 作物、家畜などの因子と相互作用を有している。したがって、そのよう な相互作用はプラス面に現れることもあるがマイナス面としても現れる。」 と述べている。またコスタリカの中央部に位置するトゥリアルバにある 国際農業研究機関の1つとなっている CATIE(Centro Agronomico Tropical de Inverstigación y Enseñanza, またはTropical Agricultural Research and Training Center)の G Budowski元部長は「アグロフォレストリーは 山村住民の利益を目的として、安定した生産システムを作り上げるため に、農作物あるいは牧畜と林木、または農作物と牧畜の両者と林木とを 空間的、時間的に土地利用システムを通じて結び合せること。」と言っ ている。このほかにも多くの人が体験や実例から色々な説明を加えてい るが結局、Kıng.K F S (ICRAF)が総括して言ったように「アグロフォレ ストリーとはアグロフォレストリーという言葉を使った人と同じほどの 定義の仕方がある。」ということに尽きるような気がする。これは世界 中で実施されているアグロフォレストリーの事例があまりにも地域の実 態に則したものが多く、とても短かいフレーズでは言いきれないからで ある。

しかし、何はともあれ基本的なアグロフォレストリー・システムをベースとし、本書の内容を展開する上で以下のような考えを頭に入れておくことにしておこう。すなわち「アクロフォレストリーとは"ある土地に樹木または木本性植物(果樹、香木、ヤシ類などを含む)と農作物もしくは家畜をほぼ同時期に植栽したり放牧する。そして樹木等の多年生植物の成長度合いに応じて、農作物を短期的あるいは永久的に栽培、飼育し、植物資源を常に保有しつつ土地を有効に利用し、生産するシステム

である"」ということができる。しかし、これも数多いシステムを全て包含できる表現であるとは次して言えず、極めて概念的なものといえる。かつては森林を伐採した跡地に樹木の植栽と農作物の栽培が同時に行われて、いずれは林地とするタウンヤ法がアグロフォレストリーの典型的なものと考えられていたが、今日ではむしろ樹木と農作物や家畜とを同一地で生産することにより、環境保全に寄与することが目的の一つともなっている。

そもそも農作物と樹木を混生させるような思想はどのあたりで始まったかを考察してみよう。かつてある時期に世界各地で農作物と樹木を同じ土地に同時に栽培したことがあったらしく、例えは中世までのヨーロッパでは、森林が皆伐された後に放置された林地や焼畑のために伐採された森林の跡地などの開放地に、ある期間のみ作物を樹木の植栽前に栽培したり、樹木の植栽後に作物の種子をそこに播くことが慣習的に行われていたことが知られている。フィンランドでは19世紀までにこのような施業が続けられていたほか、ドイツでも1920年まで実行されていたのである。しかし、その後ヨーロッパでは次第に行われなくなっていった。

熱帯アメリカにおいても、19世紀頃に中央アメリカの農夫が成長速度の異なった作物を栽培して熱帯林の多様な樹種と林分構造をうまく利用していた。例えば各々0 1ha という狭い土地ではあったがココナツやパパイヤをバナナやカンキツ類の下に植え込んだり、コーヒーやカカオの下にメイズや地波植物のスカッシュを植えるなど、24 種類の植物を使った試みがなされていた記録も残されている。

熱帯アフリカでは 1856 年から 1970 年代の中頃までの 100 年間はこうした複数作物を栽培するということに関してあまり力を入れることなく終わっているが、ナイジェリア南部ではヤムイモ、メイズ、カボチャ、マメなどが樹木の下に植えられ、ナイジェリア西部のヨルバでは立体的栽培や水平栽培による土地利用がいろいろ試みられているほか、高密度

に植栽されている樹林地内で如何に合理的に太陽エネルギーを利用するかといったシステムを考えている。ジンバフエでは屋敷内の主要作物に加えて、多くの補助作物が樹木とともに植えられるなど、樹木を植栽するためよりも食糧生産のために実行され、それが今日のアクロフォレストリーのもととなっている。ナイジェリアの防風林造成などは 20 世紀に入ってからのものであるが比較的早く着手されたものといえよう。

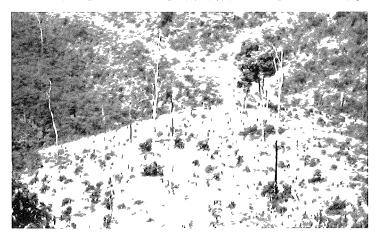


写真4 山岳地帯では少しの平坦地でも焼畑によって陸稲を栽培しようと準備する (バンビエン、ラオス)

熱帯アジアでは焼畑農業が古くから行われてきたが、稲の成長期まで特定の樹木を伐り残すことを実施したり、強烈な太陽光線を防ぐために新葉の付いた樹冠を残し、作物の熟成のために日光をさえぎって湿気を保つ工夫を行っている。しかし、歴史的なアグロフォレストリーの始まりはイギリスの前線ともいうべき場所で偶然に始まったともいわれている。それは1856年にミャンマーのThanawaddyにあるTonze林でカレン族の1人であるUPan Hleがタウンヤ(Taungya)と呼ばれる方法を用いてチークの植林を確立し、これをドイツの森林官 Dietrich Biandis に

提供した。Brandis は"この方法を人々が用いるならチークの植栽のもっ とも効果的な方法になるだろう"と予言したといわれている。それがア グロフォレストリーの最初のものとされている(Blanford,1958)。タウン ヤ法はその後、他の地方にも拡がり、Schlich は 1867 年にトングーの Kabaung 林でタウンヤ法によるチークの2年生林分を見たことを記して いる。もっとも Blanford,H R は 1925 年の Indian Forester Record にもこ のことを報告しているが、それには1856年にアグロフォレストリーが 行われたとのべており、いずれが正しいのか定かではない。しかし、18 56年にはタウンヤ法はインドネシアに導入されていることからすると、 Blanford が 1958 年に報告している Empire Forestry Review が正しいの かも知れない。いずれにしてもこれがもととなり 1887 年頃には南アフ リカへ持込まれ、1890年にはミャンマーからバングラデシュのチッタ ゴンにもたらされている。また 1896 年にはベンガルへも渡っているが、 しかしインドではあまり普及することもなかった。ただし 20 世紀になっ てからはあちこちで実行されるようになっている。すなわち、1920年 には今のケララ州で、1923 年にはウッタープラデシュ州で、1925 年に はマディアプラデシュ州でというように拡大している。この頃のアフリ 力ではチークのみでなく他の多くの樹種が用いられるようになっている。 10 数世紀頃のドイツでは Baumfeldwirtschaft, Biandwiitschaft, Waldfeldbau などと呼ばれるタウンヤ方式のものや混木林形式のものがすでにあっ た他、オランダでも Basakkerbouw と名付けられている事例がある。ネ パールでもパンチャット林で見られる古い形態のアグロフォレストリー が見られる。わが囯でも森林を伐採した後に火入れを行なってスキを植 える場合、植栽後にソバ、ヒエ、アワ、ダイズなどの食糧作物を栽培す ることが各地で行なわれていたが、今でも平坦地や農地の少ない新潟県 山北町地方では土地有効利用のために実施されている。また、今日の有 名林業地といえども以前は木場作や切替畑を持ち込んだところは多い。

アグロフォレストリーの概念としては上記の簡単な歴史を振り返って

みても明らかなように、熱帯から亜熱帯はもとより、世界各地で伝統的に行なわれてきた土地の利用システムである。ただ、今日のアグロフォレストリーはかつてミャンマーやインドネシアで行なわれたような、造林初期の林地に作物を数年間間作して将来はそこを森林にするというシステムよりも、林地が農地に転換されて地力を減少したり劣化するのを防ぎ、その土地に森林が持つ公益的機能をも保持させるという形態へと変わりつつある。例えば中米各国やブラジルでみられるように樹冠の下の日陰地を利用してコーヒーやカカオといった永年作物を栽培することや植栽された樹木の列間に単年性作物を栽培することなどは単に作物の生産性向上を目指すだけでなく、土壌の肥氏性が保たれ、土壌水分や保水性が保たれることによって生活が安定するという考えに変わってきており、とくに収入が限られたり、小作人として働く人達にとってはアグロフォレストリーの導入が食糧や飼料、また燃料が入手できる点で実益的だともいわれている。

アグロフォレストリーの技術を利用して林木を多元的に配置し、そこで農牧や農業を行なうと土地生産性の強化や向上を行なうことが可能であり、少なくとも地力や生産性を低下させることはなくなるはずである。従って、アグロフォレストリー・システムはある土地に樹木と農作物を混植したり、樹木を牧場に持ち込み、その土地を立体的に利用して相互間の共生を図るものではあるが、単位面積から最大の生産を上げることよりも、むしろ収穫の減少の危険度を回避しながら土地の長期的利用を可能にしうるように改善するための仕組みだと考えて実践すべきものだといえよう。

# 3 アグロフォレストリーの原点

熱帯地域の土地利用に際して肥沃度の低い地域やエロージョンの起こりやすい傾斜地では作物生産および家畜飼育を効率化するために多種多

様な組合せが行われている。人口増加によって求められる食糧などの需要量を満たすには生産性を少しても高める必要かあろう。したかってこれまでの伝統と地域の社会的背景から受継がれてきたアクロフォレストリー・システムの組合せや用いる樹種、作物等においてもこれまで以上の改善が加えられなければならなくなりつつある。

最初の環境問題と森林資源の項でも述べたとおり、土地生産力の低下原因は大面積にわたる森林の消失と資源の不適切な利用の仕方に一因がある。前者で土地利用の需要が増加している理由は人口増加であり、それも栽培開始後早急に収入を確保したいとの要望から農業生産を高めなければならないという経済的な圧力を背負っているからである。その結果、不適当な土地利用をも誘引してしまい、農地を拡張するには森林を伐開するほかはないということになり、例えばエルサルバドルやハイチでは既に森林は殆ど消滅してしまっている。他の中南米の国々でも商業的な木材伐採による森林減少はテーターとして示されるが実際に起こっている森林破壊と消失の状况は示されていないのが実情である。

森林破壊でもたらされることは森林の商業的価値の喪失のみならず他の貴重な動植物種の絶滅や遺伝資源の消失の原因ともなっている。これは在来種の改良にとって重要な、原種や種の多様性の減少をも意味している。ましてや地域の住民生活にとって重要なエネルギー源である燃料材の欠乏をも引き起こすことになる。加えて土壌が雨、陽光、風に直接さらされるために、土壌浸食や土壌の堅密化がもたらされる。これらの現象は農業や畜産などの土地利用を行っている地域で特に顕著に見受けられる。疎林地域、土地の弱度利用地域に比べて単作地域、植物の庇陰の不足地域、土地強度利用地域の方が土壌浸食を起こし易く、土壌の水分保持能力の低下や水源地の水質低下もまた森林破壊によって起ると考えられる。さらに不適切な土地利用は土壌中の有機物や養分含有量を低下させるために土地生産性が劣るのは当然であろう。

熱帯地域の土地利用度が高くない時は焼畑移動耕作も休耕期間に植生

を再生し、同時に肥仸度を回復させることができる。しかし、人口密度 が増加すれば必然的にローテーションの期間が短縮されるので、土壌条 件の回復が不可能となってしまう。このようなことからかつての焼畑移 動耕作は伝統的なシステムではあったが、今日ではむしろ、選択的な土 地利用システムとしかならないのである。

これまで、こうした問題解决のためにどんな方法がとられたのであろうか。肥仸度が高く、湿潤な地域では多量の肥料、農薬、機械化を投入した単作地で大規模な集約的土地利用形態がしばしは成功している。しかしこうした土地利用では発達した技術が必要で、しかも品種改良された種子や集中的な病虫害防除薬剤や肥料を使用するといった"緑の改革"の技術が加えられている。ただ最近になってこれらの技術は環境汚染ということで物議をかもしており、新システムの適用も大変難しくなっている。熱帯地域での地力低下を解消するため大規模造林プロジェクト、森林伐採規制法、土壌保全プロジェクトが試みられたがその成果は様々である。造林が制限される場所には常に人間の存在があり、そこではアグロフォレストリーの方が有効だとされることが多い。つまり、人間と森林との共生である。

アグロフォレストリーは生物的、社会経済的な機能によって天然資源 利用の問題を解消することに寄与することが可能で養分循環を維持し、 種の多様性を保持することができるという点で生産システムとしては好ましい。植物と土壌の間の養分循環は生産性を維持するのみでなく、多くの種にとっても必要な養分を与えることができる。とくに乾燥地帯では少しでも多く養分を土壌に還元することができる。垂直的な樹木や植物の配置は光要求量の異なった種の植栽により光を効率よく利用することができるばかりでなく、養分循環の維持、陽光量の摂取方法の違いによる種の利用、土壌の物理性の改善がアグロフォレストリーを採用することによって可能であるだけに、単作以上に生産的かつ保続的なシステムとして発展することができる。

生産性を高め、資源の保存に寄与するために作物と家畜を組合せて樹木間の空間を利用できることもアグロフォレストリーだから可能で、ここでも農民の経済的危険度を減少させることができる。このシステムが伝統的な農業で確認されている知識に科学的な特性を併合させて、生産性を高めるとともに短所を軽減させるのでアグロフォレストリー・システムの導入は熱帯や亜熱帯地域における土地利用に有利な方向づけを与えるものといえる。

アグロフォレストリーの技術情報はややもすると描写的、定性的なものが多いが、要は整理された情報をどのように普及させるかが課題で、 実施した地域の住民にとって生活上のプラス面が与えられることが大切である。

# 4 アグロフォレストリーの特徴

アクロフォレストリーの目標が収穫の危険度の回避と同一土地の長期 的利用の可能性を高めることにあると述べたが、その例として、農業と 林業の組合せによるシステムを考えてみることにしよう。今、ある土地 を農業生産だけで利用する場合を想像してみる。そこにトウモロコシが 植えつけられていたとすると、根系は地表に近い層位にのみ集中され、 それでなくとも分解の早い熱帯土壌から早い時期に養分を収奪してしまい、傾斜地のみならす平坦地でも集中的な降而に対して土壌の流亡がみられる。なかでも非栽培期間中における土壌の流亡は大きい。また一般に農作物は生産物の殆んどをその土地から持出すことが多い。これに対して森林では根系が比較的保くまで入り込むために土壌や水の浸出が急激には行われない。また樹木からの落葉、落枝は養分の補給や分解者である微生物や小動物の生息条件を整えることができるので土壌の劣化を遅速化させることが可能であるばかりでなく、生物の活動に対する微気象を適当なものにすることができる。微気象のマイルト化は庇陰効果を高めることができる点でも有利である。したがって、アグロフォレストリーはこの両者の特徴を組合せることによって図-2でみられるような共生的な働きを期待することができる。つまり、土壌中の保い部分の養分を樹木が吸収し、枝葉部に運ばれた後、枯葉、枯枝によって地上に還

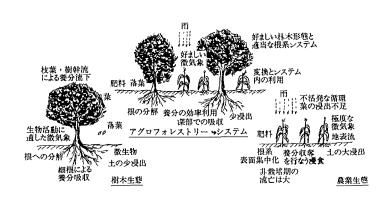


図-2 農業や林業とアグロフォレストリー・システムの相違

元され、これが分解されて農作物はその一部を吸収し、常にこうした循環作用を行うことができるので、土地利用の永続性が可能となる。それ以上にアクロフォレストリー・システムを導入することによって限られた土地を有効に、かつ立体的に利用できることである。畜産業や農業を休業と組合せてもお互の生産性を高め、土地を継続的に長期間利用することかできる。これらのことからアグロフォレストリーを導入することによってもたらされる利点として以下の幾つかの事項が考えられる。

- (1)養分や土地の有効利用のために立体的(多層的)な利用ができる。
- (n) 樹木の存在によって微気象の調整が可能となる。
- (m) 生態系の物質循環がスムースとなるため落葉の分解が促進され、 有機化が行われやすい。
- (w) 薪炭材の生産が住居地の近郊で行える。
- (v) 木材だけでなく、樹種選択によって家畜の飼料や生垣など緑の活 用ができる。
- (n) 太陽エネルギーの授受割合を植物によって変えることができる。
- (vn) 土壌の保全と保水機能を果すことができる。
- (vm) 防風効果により農作物の生産をはかることができる。
- (ix) 地域経済の活性化ができる。

#### (x) その他

このような自然生態系による環境改善だけでなく、社会的側面からの効果も期待できるので地域社会の発展には役立つ点が多い。しかし、反面、デメリットがない訳ではなく、このことがさきに述べた「単位土地から最大の生産をあげることを目的としているのではない」というところに帰納するのであって、単純に単一農作物だけを生産するのであれば樹木がなく機械化する方がより効率的な場合が多い。

アクロフォレストリーの特徴を如何にうまく引出すかどうかは住民参 加がどれほどあるか、またシステムを作る上で、政府の物資、資金協力 がどれ程あるのか、果たして技術の普及や情報伝達がなされるのかどう か、などに依存することが多い。言わは農民と一体となった地域問題の 植林でもあるため、地域住民が希望する作物や樹木との組合せか必要と なるからである。

# 5 共生林としての役割

ところでアグロフォレストリーを導入する際にその機能が十分に発揮できる場所はどこなのか考えてみると、そこには既に農業や畜産が入り込んでいたり、今後、導入される可能性のある場所であるはずである。そしてそこでは資源の持続的な生産や保全が必要であり、しかもそれらの場所には農作物や家畜を管理したり、生活する人達が住んでいるはすである。従って、このことがアクロフォレストリー実践の前提にあることは間違いないはすである。

一般に傾斜地を持つ森林地帯には①尾根を頂点にもつ傾斜のある山地形、②山地の中腹にあたるやや緩やかな傾斜地もしくは丘陵地、そして③山裾にあたる緩やかな傾斜地あるいは平坦地がある。ところかこれまで①の山地地帯は急斜面や岩石地があり、村落からも遠隔地にあるため、通常は住民の入山も殆どなく、その多くは天然林として残されてきた。したがって、今後も天然林の状態のままで水源かん養林や保全林の機能を果たす環境林(Envinonmental forest)として保護されて行くべき森林ソーン(Forest zone)である。これに対して②の山腹地帯は各国とも焼畑移動農民や多種類の定住型農民が入り込んで農業や山間放牧を行なっている。特に中南米での永年作物栽培や畜産業は森林開発によって作られた典型的な農地であり、今では各地で土地生産性の劣化がみられ、休閑地や放棄地が生じている。この地域内の傾斜地では傾斜度が緩やかであれば山成畑(Faimland in natural slope)が可能であるが、10度以上になれは土壌の流亡防止柵を設けたり、テラス畑(Tenaced faim land)として土地利用を図っている。つまり、ここには人工林としての植栽地

造成ができるばかりでなく移動耕作や定住農民が土地管理を行なうために生活の場を確保している。従って、アグロフォレストリーの導入による生産林(Production forest)あるいは経営林(Industrial forest)の造成や各種のアグロフォレストリー・システムの導入による土地利用ができることから、自然と人間との共生がもっとも重視される場所であり、共生地ゾーン(Symbiosis zone)としての意義を持っている。この点③の極めて緩やかな傾斜地や平坦地は多くの囯で水利の便がよければ水田となり、その他としては畑地として利用されている。中南米では低地の平坦地では牧場やバナナ、果樹などの栽培地としても利用されており、所詮、農地ゾーン(Agricultural zone)として位置付けることができる。勿論、農地ではあるが樹木を植栽したり、農地としての不適地の多目的利用は可能である。

ここでその実態を G Michon 他がインドネシアの西スマトラ州中部地方にあるマニンジャウで行なった調査結果 (1986) の図で見ることにすると、両斜面の緩やかな部分を利用して行なわれている混農地の中味には(1)ドリアン、シナモン、ナツメグ、有用樹とコーヒー。(2)シナモン、ナツメグ、有用樹。(3)2、3層の樹木あるいは果樹とコーヒー。(4)果樹のある除外地、樹木、特定作物。といったものが取り込まれていて、まさに共生地そのものが見られるのである。

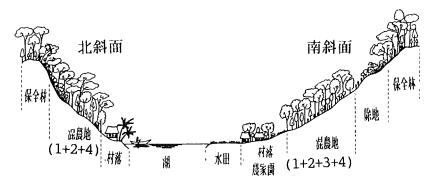


図-3 西スマトラ州マニンジャウの土地利用

# 第2章 アグロフォレストリーの分類

アクロフォレストリー・システムの基本は林業 (森林) と農業 (農作物) や畜産業 (牧畜) を同じ場所で組合せて経営することであるが、果してどれが典型的な事例かは多種多様で柔軟性があるだけに区別することはできない。それは世界中で環境条件が異なるために適用できる樹種や作物が違ってくるだけでなく設定規模や所有者の社会、経済的レベルによって実践の形態が違うからである。したがって、図-4 で示しているように、人間生活を中心とし、これを取り巻くように各産業が均等に配置されるものと考える。

もともと森林は樹木の生い茂った土地(林地)であり、そこから人は 森林資源として存在する木材を利用するために林業と呼ばれる産業を作 り出している。ところが、この林地を開発して得られた土地に作物を栽 培してこれを農地に換え、農業と呼ばれる産業を生み、新たなる生産物 として食糧を収穫するようになった。同じ林地はまた家畜を飼育するた めに開発して草地とし、食肉や乳製品を得て畜産業を発達させてきた。

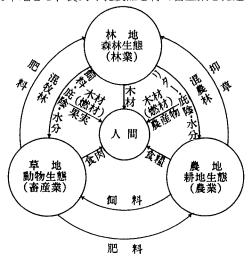


図-4 アグロフォレストリーのシステム

ところが林業や農業や畜産業はそれそれを組合せると相乗的な効果を現わすことができる。林業と農業の組合せては農地に樹木のリターが集積されて養分が補給され、土壌水分の保持を可能にすることができる。また庇陰を要する農産物には樹木がその役割を果たしてくれよう。つまり1つの土地で2つの産業が成立することになる。同様に林業と畜産業とを組合せると農地への堆肥や肥料分が容易に還元されることになる。システムとしてはこれらの基本要素をどう組合せるかである。CombeとBudowski(1979)は生産可能な生産物と要素間の組合せに基礎が置かれているがNan(1985)は構造、機能、社会経済、生態に分類の基礎を置いている。こうしたシステムをカテゴリーにグループ分けするとき、構造面と機能面に考慮するなら極めて単純となる。

本書では以下の如く産業、時間、空間、目的といった組合せについて 解説することとする。したがって重複する場合は必要に応じた記述に留 めることにする。

# 1 産業によるシステム

基幹産業として関係するものは林業、農業、畜産業であり、これに時として小規模の漁業(水産業)が加わることがある。また、樹木の植栽もシステムの規模や目的によって産業には到らない樹林地の構築程度で終わる場合もある。

#### (1) 林業と農業によるシステム

一般に農用林または混農林と訳されているが、侮外では Agu-silviculture, Agro-silviculture, Silvi-agriculture, Combined agro-silviculture system などいろいろな表現でいわれている。実践的にも別の用語で呼はれることがあり、このシステムには以下の例がある。

# 1) タウンヤ法(Taungya method)

歴史的にアクロフォレストリーとしてとりあげるには最も古いものでビルマ語で Taung は丘陵地、Ya は焼畑を意味し、丘陵地における焼畑開墾耕作のことである。例えはチークの植栽を行ない、その林間にマメ、トウモロコシ、その他の作物を植えつけるもので、チークが成長すると日陰ができるので間作を止め、森林とするものである。しかし、各国でその内容は必ずしも同一ではないものの類似のシステムが開発されていて、タウンヤの同義語としては以下のものがある。

ドイツ Baumfeldwitschaft, Biandwitschaft, Waldfeldbau, フランス Cultures sylvicole et agricole combinées, Culture intercalaries, Methodo sylvo agricole, Système sylvobananiei, Plantation sui culture, オランダ Bosakkerbouw, Bosveldbouw, インドネシア Tumpang saii, フィリピン Kaingining, マレイシア Ladang, プエルトリコ Parceleio, ジャマイカ Agricultural contractor's, インド Dhya, Jhooming, Kumii, Paunam, Taila, Tuckle, スリランカ Chena, ブラジル Consoiciacao, ケニア Shamba, タンザニア Licensed cultivatei, リヒア Tahmil

#### n) 樹木園 (Tiee gaiden)

果樹や樹木が植栽され、その植栽木の間に単年作物が植えられる。 インドネシアのジャワ島では Kebun または Talum ともいい、共 有地を利用することが多い。

#### m) 農家園(Home garden)

農家の裏庭や前庭の畑地に樹木、果樹、野菜などが植えつけられてもっぱら自家用消費に利用される。ジャワ島では Pekaiangan と呼び、ココヤシや香辛樹木 (クロブ、ニッケイなど) の下にコーヒー、キャッサバを植えたり、樹幹にバニラやコショウを絡ませている。

#### w) 列間植栽(Alley cropping, Hedgegrow intercropping)

樹木の植栽間に作物を列条に植える。例えはマメ科樹木と豆類。

v)シャンバシステム (Shamba system) スワヒリ語でシャンパとは農耕地の意味で、樹木と農作物による 間作法である。

#### v1) その他

- a) 多目的樹種(Multipurpose tree)と農作物
  - 一樹種でありながら幹は燃材、葉や枝が家畜の飼料に利用が可能な Erythi ma 属 (マメ科) や樹皮からは繊維を取り、実や葉が食料になる Adansonia 属 (キワタ科) の樹木のように、1本の木が2種類以上の利用目的を持つ樹木を多目的樹種といい、これらの樹木の間に農作物を植栽する。
- b) 農地内の果樹 (Fruit trees among crops) 果樹園内の畑地利用あるいは畑地に果樹を栽培すること。
- c) 防風林(Shelterbelts, Windbreaks, Soil conservation hedge) と農作物 季節風や常風の強い半乾燥地にアカシアやユーカリを列条植栽して風を防ぎ、その風下に農地を設定する。
- d) 森林村 (Forest village)

タイにおいて土地を持たない農民の支援対策として企画された森 林造成方法で、樹木や換金作物を交互に植栽する。

以上のほか、林業あるいは樹木と農業との組合せは薪炭林を含めて多くの事例がある。これらの詳細は第3章で述べることとする。

#### (2) 林業と畜産業によるシステム

1) 混牧林または林畜複合 (Silvo-pastoral)

牧草地への樹木植栽(Trees in pasture)または保存木の間の空地へ 牧草の播種を行なって両者の共存をさせるものである。樹種や植 栽方法によっていろいろなシステムが導入されている。この種の ものでは土壌の流亡防止を考えるほか、牧草地内の一部を利用し て家畜の休息用地として日陰地のできる程度の小林分 (1団地 20~30本)を造成する。

11) 栄養貯蔵 (Protain bank)

プロテインを多く含む樹種やマメ科の樹木の葉を家畜の飼料とするために集植する。ネパールでの牛やヤクの飼料木や中米でのマメ科樹木による牛の飼料木植栽地が該当する。

III) 牧草地での果樹植栽 (Fruit tiess in pasture)

牧草地に樹木の代りにグアバ、マンゴー、オレンジなどの果樹を 植栽する。疎植の場合は牧草の生育には影響はないが果実の収穫 期には家畜が来ないようにするか放牧できないので植栽配置に考 慮が必要となる。

w) 生垣 (Live fence)

飼葉用樹種もしくは萌芽性の強い樹種を牧場柵の杭代りに用いて 葉や枝を飼料としたり薪炭に利用する。ギンネム(Leucaena leucocephala)、カリアンドラ (Calliandia spp.) エリセリーナ(Eiythrma spp)、グリリセディア(Gliricidia sepium)などが利用される。

シルボパストラルでは家畜飼育のための牧草や飼料木と果樹や庇陰樹木の植栽により、土壌の流亡や土壌の肥沃性保持を行いつつ家畜を育てるものが多い。

#### (3)林業、農業、畜産業によるシステム

農林畜複合(Agii-silvo-pastoial, Simultaneous combinations of forestry with crop and giazing)の形態をとるシステムである。実践的なものは以下の通り。

- 1) 多目的樹種を牧草地に植栽し、周囲を生垣で囲む(Live fence for grazing with multipurpose trees)。
- n) 農家園または樹木菜園 (Home garden, Pekarangan) Agrı-sılvo-pastoral とすることもできるが、この場合は二ワトリとかアヒルといっ

た小さな動物を放つことになる。

#### m) 造林地内での作物栽培と放牧



写真5 住居の周囲には樹木、果樹、クロブ、ニッケイ、バナナ、菜園などが集約的に栽培されて農家園となる(ジャワ島、インドネシア)

これら三者の組合せは実際には稀で、トウモロコシ栽培をマメ科樹木の Alley croppig として利用し、一部で放牧を行っていることもあるが光が入らなければ牧草が育たないので疎植林地とする必要があり、生産効率は低くなる。

### (4)林業と水産業によるシステム

水辺林、河岸林(Aquaforestry, Agu-silvo-fishery)

河岸林を庇陰樹として養魚したり、マングローブ林内でのエビ、養魚などがある。これには Pisciculture, Silvo-fishery などの呼び方もある。

# 2 時間配分によるシステム

組合せる複数の植物が収穫または共存する時間を対象に考えた場合、

つぎの二つに分類できる。

#### (1) 遷移式あるいは短期(一時)的システム

アクロフォレストリーのシステムを考える場合、植林と同時に、あるいは植林後に農作物を插くにしても、将来その場所を林地としてしまう計画を立てるときは、農作物自体は樹木の枝葉がうっ閉して地表に直達光や透過光が到達しなくなる前までの間のみ栽培することができる。したがって、その期間は僅か数年でしかない場合が多いので、これを一時的(Temporary),交代的(Sequentially),短期的(Short term)な組合せと呼び、タウンヤ法の農作物とチークの例のように数年後は完全にチーク林とする場合がある。一度林木を伐採した後に植林し、いずれは再び森林とするケースがよく用いられる。

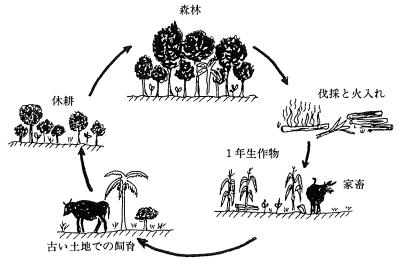


図-5 遷移式アグロフォレストリー

# (2) 同時式あるいは長期(永久)的システム

森林が減少したために環境が破壊されたり、土壌劣化や土壌浸食を防

止しながら食糧を生産したり、牧畜を行うというアグロフォレストリー本来の姿をみることのできる組合せで、ここには次の垂直的組合せや水平的組合せがある。いすれも農作物と樹木、あるいは畜産のための牧草や飼料と樹木類をいつまでも共存させうるので永久的(Permanent)、同時的(Simultaneously)、長期的(Long term)な組合せと呼び、牧草と樹木や果樹の組合せ、コーヒーと庇陰樹、マングローフ林と魚類、生垣と放牧、防風林と農作物など数多い例がある。

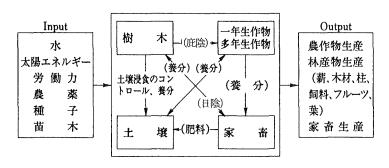


図-6 同時式アグロフォレストリー

# 3 空間的配置によるシステム

組合せる植物の配置が平面的であるか、立体的であるかは目的によって異なり、庇陰を必要とする場合は立体的であるがC、植物のように受光量を多くすればそれに応じた光合成をする植物の場合は平面的もしくは疎植的にしなければならない。

### (1) 垂直的システム

通常の農作物は樹木のように草丈を高く伸ばすことなく収穫してしま う。また嗜好作物のコーヒーやカカオの如く、永年作物ではあっても低 木に伐り込んで仕立てたり香料作物のバニラやシナモンの如く樹木の庇 陰下で育てる方が良いものでは、樹木を上方部で育て地表に近いところ で単年生作物を育てることが多い。つまり植物の配置が立体的、垂直的 (Vertical) に土地空間を利用したアグロフォレストリー・システムをい う。もともとこの組合せこそ土地の有効利用として求められているもの であり、タウンヤ法、プカランガン、水辺林、その他多数のものがこの 垂直的組合せである。

#### (2) 水平的システム

水、二酸化炭素、光エネルギーによって光合成を行う緑色植物は、大別すると $C_3$ 植物と $C_4$ 植物に分けることができる。いずれも光そのものは必要であるが、同化能がある程度で止まる $C_3$ 植物では立体的な組合せによって多少光が遮られても成長に影響はない。しかし $C_4$ 植物では光を受けることによって成育が促進される。つまり組合せる作物間の高さを等しく水平的とするか、疎植としてなるべく長期間相互の作物が成育するようにすることができる。このように各植物を同じ高さで組合せて育成する際、水平的(Houzontal)組合せと呼ぶことができる。

# 4 目的によるシステム

アグロフォレストリー・システムの導入目的に応じて組合せが変わる のは当然であるがそれらはケース・バイ・ケースで列挙すれば限りなく 多種のシステムが見出されるであろう。従って、ここでは組合せの幾つ かを例示するに留めておくことにする。

#### (1)農作物と木材生産の場合

いわゆるタウンヤ式の Agu-silviculture であり、樹木としてチーク、マホガニー、ユーカリなどが植栽されてから樹冠が閉鎖するまでの数年

— 29 —

間、林床にマメ類、トウモロコシ、その他の単年生栽培植物を植付ける。 多くの場合、土地は囯有地で数カ年のみ農民は下草の除草や樹木の保育 作業を行うことにより上地の使用権利を受けることができる。

一般に落葉樹では冬期における落葉期を利用して長伐期の樹木と短期 作物との接点をうまく佸用している例が見られ、パキスタンの北部地方 では冬期におけるポプラの落葉期間を利用してその樹間に小麦を栽培す ることによって土地の有効利用を図っている。



写真 6 生活エネルギーとして欠かせない燃料樹(Dalbergia sısso)を村落地に植栽することも多い (ペシャワール、パキスタン)

## (2)農作物と薪炭材のシステム

熱帯アフリカの乾燥地やその他の熱帯地域の地方都市では生活エネルギーとして薪炭材を利用している人々は今日でもかなりな数に上っている。このことは世界の木材の利用量のトップを占めていることからも明らかである。こうした人達の大部分は市場から薪炭を買うよりも、むしろ自らの手で集めていることが多く、遠隔地まで採取するために要する時間と労力は大変なものである。このため、集落の共有地や植林地では

用材に代えて薪炭材を植えることが多くなってきている。薪炭材の多くは早生樹種もしくは萌芽性の強いマメ科樹種、例えばLeucaena leucocephala や Dalber gra sisso など多くの種が採用される。そしてこの場合も樹木の植栽時にトウモロコシ、ヒエ、その他の食料作物を同時に栽培することが普通である。しかし、早生樹では伸長成長が早いために長期間の耕作は困難であるが、短伐期が逆に作物のためには地力回復のためにも、作付の種類を変える機会にもなり、必ずしもリスクを負うとは限らない。

### (3) 農作物と庇陰樹のシステム

垂直的組合せの典型的な例であるが、このシステムこそアグロフォレストリーとして最も高く評価されているものて、熱帯地方の各地で採用されている例としてはコーヒーやカカオの上木あるいは庇陰樹としての樹木間の組合せである。庇陰樹としては枝を張り葉を茂らせるものや枝打ちを行なっても更新しやすいタイプの樹種が理想的で、マメ科の Erythmma、Inga、Leucaena、Albizia 各属のほかユーカリなども使われる。また、コーヒーやカカオの栽培地の土壌に養分を補給するため、枝や葉が過多になった際は枝打ちして地表に放置しておくと、これが腐って分解し、肥沃化させることができる。アラビカコーヒーの栽培には遮光量の適否が生産性を左右すると言われるだけに今後も庇陰のための研究が望まれるところである。

## (4)農作物と防風林のシステム

常風による乾燥や植物の生育阻害に関してはロシアやアメリカその他で見られるが、わが国でも山陰地方では昔から防風と飛砂対策のために防風林が設けられている。とくに、熱帯アフリカの乾燥地帯では季節の変わり目にハルマタンと呼ばれる強風が吹くほか、常風の強い地方があり、こうした気象のところでは乏しい土壌水分が風によって蒸発するた

め農作物の栽培を困難にしている。例えば、ナイジェリア北部のカノ市郊外の農村地帯では風による被害のために農作物の栽培ができなかったが主風に対して直角に数列のベルト状に Eucalyptus camaldulensus を植栽したところ、防風効果が現れて風が遮られたために耕作地が再生されるようになった事例がある。これに関しては実践のところで改めて述べることにする。

### (5)牧草と樹木あるいは果樹のシステム

牧場内に牧草を育てる際に、樹木や果樹を点在させて植栽したり集団的に植栽する方法である。しかし、樹木を密植すれば太陽光が地表面まで透過せず、牧草の生育に影響を及ぼすことがあるので疎植することが鉄則であるが、果樹を植栽する場合は果実の収穫があるために経営上はマイナスになることはない。また、牧場の一隅に飼料木を植え込んで、いわゆるプロテインバンクとしたり、枝葉を採取するために Eryth ma や Glucidia などの樹木を植え込むこともある。

## (6)畜産と生け垣のシステム

総延長数十キロ以上にも及ぶ広大な農場や牧場の所有者はその周囲を木柵で囲むことが多いが、開拓当初はそこに使用する杭や柵の原材料は伐採した森林の樹木で充当することができる。しかし、一旦経営が軌道に乗ればその場所は長期的に利用されることとなり、十年前後にはそれらの杭は腐ってくるので交換する必要に迫られる。この時、新たな杭の調達には大変な苦労が伴うと聞いている。そこで、最近は萌芽性の強いマメ科の樹木を選んだり、飼料木、さらにはグアバやカシュナッツなどの果樹まで柵や杭代わりの生け垣として利用するようになっている。これらは牧草を食べる家畜とのシルボパストラルとして中南米では定着しつつある。

### (7)農作物と多目的樹木のシステム

Enythma のように1本の木から枝葉を家畜の飼料、幹を杭として生け垣に利用したり、クロフのように丁字を収穫するとともにバニラを幹に這わせたりできる多目的樹木を疎植し、残りの空地部分に農作物や香辛作物を植える例は中米や熱帯アジアで良く見掛けることができる。インドネシアのホームガーデンでもこうしたアクロフォレストリー風景を見ることができる。

### (8)樹木と漁業のシステム

マングローブ林内や河川敷に植栽された樹木の下は庇陰地があって魚 や毎老にとっては格好の生息地となる。こうした場所はアクアフォレス トリーの名のもとにアクロフォレストリーの一端に加えられている。

以上の他にも、現在、各国で実践されているアグロフォレストリーの システムは極めて多く、今後の地域開発のためのシステム作りが期待さ れる。

# 第3章 アグロフォレストリー・システムと その取扱い

アグロフォレストリーの導入を行なうためには目標を定めた上でその 要素となる植物、土壌、病虫害の取扱いを考察し、評価しなければなら ない。従って、本章では熱帯地域における生産システムとその取扱いの 基礎について明らかにすることとする。

# 1 生産要素の取扱い

熱帯地域における農業、林業、畜産業を複合的に絡ませた生産システムを取扱う場合の目的には長期にわたる生産性レベルの維持を図るか、あるいは生産性の低下した土地の地力を回復させることにある。その上、利用可能な資源を保持させつつ生産に必要な土壌水分や養分を供給して物質循環のバランスを保たせるのである。それには作物と他の植物、とくに樹木の植栽、手入れなどの管理に住意が必要である。

熱帯地域における生産システムの取扱いと暖温帯地域でのそれとは一般的に大差は見られない。しかし、熱帯地域の湿偶土壌では高温多雨のため浸食や浸出が起こり、土壌の流出や養分の消失と高温による土壌分解が早い傾向を持っている。

# (1) 植物の取扱い

利用すべき種の選択と長期にわたるシステムの設計はその取扱い上、最も基本になる部分である。ては植物を選択する際の基準を何に求めるかといえは、地域の植生の中から農民が熟知している有用種を取り上げることで、他地域で良く使われている種や新しいものは必す予備テストすることである。よく知られている植物は発芽率、成長、植栽密度、生理生態など多くの情報を農民自身が経験によってよく知っているからで、例えはメイズは耐陰性が低いので Alley cropping やタウンヤ法の初期で

の種としては採用されるものの、陽光を過度に遮きる樹木とは組合せることができない。できたとしてもほんの数年だけでしかない。窒素を多く要求するソルカムやキビなどは堆肥を利用すると効率的な耕作が可能であるか、窒素を必要としない作物では逆にうまく行かない。つぎに樹木については成長、結実、剪定、枝打ちが最も効果的に現れる時期がいつなのかも予備知識として熟知していなければならない。例えはコスタリカではコーヒーやカカオと組合せているエリセリーナは年に2~3度の剪定や枝打ちが可能であり、窒素を固定することができるので庇陰樹として利用されている。Alley cropping の場合は肥仸度の回復が乾期に行われる。何故ならこの期間休耕にしてしまうからである。乾燥に耐性のある Glu reidia sepium はこの期間、雑草の調節を果す庇陰環境をもたらせるからである。

以上のように利用すべき種の植物生理、生態的特徴を知っていることがアグロフォレストリーを効率的に推進するために役立つといえる。それだけに自生植物は農民に知識と経験が貯えられている点で有利だといえる。

つぎに、植栽密度と種間競争について考えてみると植栽密度を高くすると、雑草の侵入が阻止されるのは良いのであるが、異なった種が同時に存在する場合は相互の間で種間競争が早く起ることになる。この点から最適密度を考慮して生産性を高く保つことを考える必要がある。ルセナを用いた土地に Alley cropping を導入すると 1 年生作物の根で大部分が占有されるはずの地下 10cm の層にはルセナの根が僅かにあるのみで樹木と作物との間に競争が起らないため、この両者を組合せても全く問題のないことが明らかにされている。

また窒素固定樹木を用いると他の植物もその根粒菌の恩恵に俗することができるので選択の余地があるが、逆に Allelopathy (他感作用 植物体からでるある種の物質が他の植物の発芽や成育を妨げるというもの。フェノール類やテルペンなど) があるときは良くない。ところが逆に雑

草制御のため、トウモロコシ、フリホーレス(Vigna simensis) と同時に 栽培されるカボチャでは雑草の制御にカボチャの葉が形成する日陰や葉 から溶脱される化学物質によってもたらされるアレロパシーがあるから 効果があるといわれている。

資原の完全な利用を促進し、種によってもたらされる利益を利用する 組合せを設計するにはどうすれば良いのだろうか。この場合は植物の配置を水平的にするか垂直的にするかによって達成できるほか、植物間の成長速度の差を利用することによっても可能である。例えばソルガムやコショウのように比較的後根性作物とアカシア類のなかでも根の深い樹木を植栽することによっても可能である。植物によっては1年間に違った方法で利用するなら個々の作物の成長の段階を考慮してシステムを組むことができる。例えばある苗木または幼齢期の樹木は日陰に対して耐性があるが成長するにつれて耐陰性が必要でなくなるので、各々の作物種を木の成長期に合せて変えることもできる。方法としては①同じ高さに達しているが違った生命のサイクルをもった作物を植栽する。②違った高さの苗木を植栽する。③時期や年次を変えて植栽する。④葉が小さい種を利用して日陰を最少にするのである。

#### (2)土壌の取扱い

熱帯地域では土壌浸食や浸出によって養分の流亡が起りやすいので、 この危険性を減じ、肥沃度の維持、改良を図るような取扱い技術が必要 となる。すなわち、

1) 土壌表面を保護するために年間を通して植生または落葉により地表に被覆を保つようにする。これは陽光や雨が直接的に土壌に与える影響を和らげ、エロージョンの危険度を減少させることができるからである。すなわち、落葉は降雨の衝撃を和らげ、高温から土壌を保護しうるのはもちろんのこと、作物によって土壌が覆われているときも同様の働きをする。

- 1)土壌の表面に有機物を堆積しておくことは養分の保持能力を改良 し、水分の浸透を良好にするため、地表流を減少させて、その分 だけ養分が土壌中に浸透する。
- m) 収穫時に有機物の持出しを少なくすることは有機物や養分を農地 に還元することになる。
- w) 表層の養分を吸収しやすい根系を維持する。
- v) 焼畑地では火入れ回数を減じて、養分消失や揮発による窒素の消失、灰に含有されている養分の浸出を防ぐ。

といったことが必要であろう。具体的な方法は次の通りである。

### a) 土地整備の方法

播種や植栽のために農地を整備したり地拵えする方法としては人力、あるいは機械化とし、その後除草剤、火入れなどを行うが森林伐採にはチェンソーによる動力伐採が好ましく、重機による搬出は土壌の堅密化、土壌表面のかく乱をもたらせるので避ける。火入れは省力化に都合のよいこともあって熱帯地域の大部分では今日も伐採後の火入れは断たれないが、養分の消失に結びつく。また一時的に灰に含まれる養分が土壌に還元されて肥沃度か高くなることもある。除草剤は高価であるばかりでなく、公害上も問題があるのと作物に良い影響を与えない。

### b) 耕耘の方法

耕耘は主に作物の直播きや植付けのためのほか、雑草の除去や 苗木の植栽のためにも行われる。もっとも多いのは人力による鋤 の利用と動力耕耘である。降水量が多く、高温のところで耕耘を 頻繁に行うと土壌の地力低下や流出をもたらすことがある。また 重量のある耕耘機は土壌の物理性を壊し、堅密化させてしまうた め、土壌による水の浸透能力が減じてしまう。また植栽時におけ る耕耘は雑草の生育を疎害させるためであり、人力か軽量機を使 うことによって行われるのが望ましい。ただ熱帯土壌を継続して 耕耘すると、作物栽培を3~5年間行なうとしても収量は減少することが観察されている。

## c) エロージョンの制御

急斜面てエロージョンの危険性のあるところで植栽するには等 高線沿いの植込み、防御壁の構築、溝の造成がある。

### d) 土壌の肥仸度維持

熱帯土壌では地表流、養分消失が多く、施肥効果が少ない。しかも、肥料が高価であるため、経済的な土地生産力維持のために 堆肥、落葉の利用のほか窒素固定樹木の利用を取りあけることが できる。しかし、土壌が落葉等から有機性養分として攝取するに は長時間かかるのが欠点である。

いま傾斜地土壌のエロージョンに対する落葉波覆の影響を考えてみると、傾斜度 10%のとき、耕耘している裸地のエロージョンは 100<sup>ト</sup>/ha/yı であったが、ha あたり 2 トンの落葉を適用したところエロージョン量は 10<sup>ト</sup>/ha/yı となった。同様に 4 トンの落葉を施すと 1 ト/ha/yı 以下となった。しかし、 6 ト/ha/yı での効果は期待できなかった。またこの実験で耕耘が行われていないシステムでは慣習的に耕耘しているシステムに 4~6 ト/ha/yı の落葉を適用した場合に匹敵していた。つまりアクロフォレストリーでの樹木の役割の大きさかわかるというものである。

# (3)病虫害の取扱い

植物種が多様になると作物に集まる昆虫も増すがそこには天敵もまた ふえてくる。単作では害虫が容易に植物から植物へ移動するが植物が多 様化していると或る種の化学物質を含んだ植物が存在する機会がふえる。 たとえば物質が有害な毒性を有していたり、なかには肉食動物に対して まで影響するものもある。多角的作物栽培に比べて単作栽培の方が単一 虫類による葉の消化量が多いことが示されている。また単作では葉の層 が単純なため生産面積が小さく、葉生産面積当りの虫類による葉消費量が大きくなる。しかし、Risch(1983)によると病虫害によって引き起こされた損害はアクロフォレストリーによって出来上がった生態系の方が他の生態系よりも小さかったと述べている。

このことからしても病虫害の取扱いでは組合せの種が共通した病虫害を持たす、また他の植物に影響を与える病原の寄生主でないことを確かめて組合せたり、ローテーションすることである。トウモロコシとタイズを同時に植えるのは虫害を防ぐためにはならないということである。そして薬剤は最悪の時だけ使用するようにすることが大切である。

# 2 アグロフォレストリー・システムとその取扱い

第2章においてアグロフォレストリーの分類をその組合せから述べた がどれが典型的なシステムだと断定はできない。むしろこの多種多様な 柔軟性が地域に応じて適応できるので都合が良いこともある。そこで、 実践的な面から広く利用されているシステムについて更めて述べるとと もに、その取扱いについてもふれてみることにしよう。

# (1) 遷移式 (短期的) アグロフォレストリー・システム(Short term agroforestry system)

農作物と樹木の生産には時間的な流れがあり、例えば休耕と作物栽培を繰り返す移動式焼畑による農業形態と、植栽された樹木が成長して樹冠を閉鎖するまでの数年間のみ農作物を同時並行的に栽培しその後は林木のみを育成する方法がある。つまり農業と林業の二つの要素が遷移する場合である。

# 1) 移動式農業(Shifting cultivation)

移動式農業は食糧、燃料などの生活必需品をその場所で充足し、 住居も簡素な一時的なものを構築するもので、生活資材が得られ なくなれば放棄して他の場所へ移動するが、いずれ数年後には元の場所へ戻って来て同じ生活を繰り返すものである。このシステムは多様で遊牧民による狩猟・動物飼育を行なうものから種族の生活の安定化をねらいとするもののほか、焼畑農業、山地農業などがある。この種の農民は世界の総人口の5%にあたる3億人が世界の農地の30%にも相当する144億haで実施しているといわれているが、今日ではむしろ森林破壊の最大の原因ともなっている。

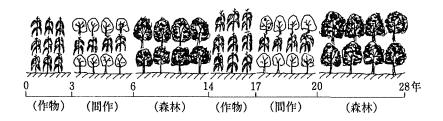
移動式農業は森林を伐開した後に火入れを行ない、土壌が肥氏な数年間だけ耕作して生産性が劣ると新しい場所を求めて移動してしまう。この休耕期は数十年前は10~20年であったが最近は早くなり3~5年の回帰といわれている。この方法では樹木は天然資源に頼っているため更新は必ずしも良好とはいえず、時折、ギャップを作るもとにもなっている。こうした土地の一時的な利用は如何にして物質循環を早くさせるかにあり、雑草の増加こそが土地を放棄する際に期待する重要な要因となる。

休耕期間中に二次植生によって土地がうまく占有されると養分循環も進むようになる。そして数年以上経過すると徐々に作物栽培が可能な状態に回復する。ジャワ島東部の先住民が行っている Kebuntalun では作物栽培が終了すると土地を放棄するのではなく、計画的に休耕させる方法をとっている。この遷移的アグロフォレストリー・システムは熱帯各地の先住民が利用しているが、伝統的な形態は今も儀式、祭典、信仰に深く結びついた文化や社会的生活の一部として定着している。しかし、現代の社会的な流れをみているとこのままでは非生産性を招くシステムといわれても仕方のないものであり、林業サイドから見れば近隣地から山引き苗を選び植栽することが加わればもう少し改善され、不法侵入耕作者などといわれなくなるのではないだろうか。

つぎに移動式農業の取扱いを考えると、重要な特徴として土地 整備、火入れ、休耕の過程が注目される。全体的には労働力の配 分と休耕期間中の土壌の肥仸度の回復である。このうち、休耕の 取扱いではこの期間に利用可能な種を播種しておくことは前述の 山引き苗を植えることと同じ意味を持っている。なかでも初回に 果樹を導入しておくことは将来のためにも有利となるであろう。

## n) タウンヤ・システム(Taungya system)

移動式農業のうちで樹木と作物が一時的な遷移によって確立されているタウンヤ・システムでは農作物は林分が完成するまでの期間のみ樹木と混生して存在し、その後は樹木だけが成育するシステムであるが、たとえ数年間の農作物栽培期間であっても、その収入は農地を持たない農民にとってはかけがえのないものである。



図ー7 タウンヤ方式による一時的アグロフォレストリー

タウンヤ・システムの発端についてはアグロフォレストリーの歴史の部分で少しふれたようにチーク(Tectona grandts)の再造林コストを低下させることを目的に1806年(一説に1856年というのもある)にビルマ(現ミャンマー)で開発され、その後ラテンアメリカをはじめ熱帯アフリカなど数多くの熱帯諸国で実施され普及したシステムである。

--- 41 ----

ナイジェリアでは木材や食糧の生産を目的として北部の乾燥熱帯と南部の湿潤熱帯とで採用されているが、そこで採用されたタウンヤ・システムには賃金式と所有式とがある。

多くの国で見られる賃金式は自分の土地をもたない農民が農作物の耕作を許可してもらい木を植えて耕作できる数年間農作物を収穫し、木の手入れを行なうのであるが、ナイジェリアの場合は収穫物の所有権や特定の地区を割当てられない代りに政府から給料を受取るのである。また所有式というのは森林の特定地区で耕作を行なうもので、農民は森林を伐採後火入れして森林局の指導のもとで作物の植付けを行ない、その後森林局との契約で作物の列間に樹木を植える。すなわち農民は除草と保育の義務を負わされることになる。そして樹木の生育状况によって契約金が支払われる。作物栽培は樹冠が作物に触れるまでの3~4年間継続され、この時点で農民に他の土地が割り与えられるという方法である。

いずれの方法も植栽の費用を軽減させている点で土地所有者の国や国営企業、公社などが経費の節約と保有管理を農民に委譲することによって双方が利益を得られるのである。だから本システムでは樹木による遮光が強くなると作物栽培が終了し、それからは樹木のみによる森林生産が始まることになるのである。もし林木密度が高くなるか、成長か速やかであるときには作物栽培期間が短くなるが枝葉の拡張しない樹種を選定すれば日光が射し込むため作物栽培期間を延はすことができる。

つぎにタウンヤ・システムにおける社会経済的なメリットについて考えると第1の利点は森林造成のための費用の低減が可能になる。ナイシェリアの例では賃金式は60%、所有式で40%もコストタウンできたことが Mercer(1985)によって報告されている。第2の利点は所有式では参加農民が作物収入の他に現金収入も可能になったことである。しかし逆に農民が作業に熱心でなく、樹木の手入れを怠ることがある。これは樹木の手入れを行っても直接利益に結びつかないからである。また作物栽培期間の延長を常に望む農民と行政側との間でトラブルを生じることであ

る。同様に作業内容、植栽計画、契約内容などで農民サイドと行政サイトとの間でキャップを生じることが多い。

この遷移式システムにおける焼畑移動農業ではもともと植林する意志 がなく、あくまで天然更新による修復に期待しているのに対してタウン ヤ・システムでの目標はあくまで人工林の造成にあるところが異なって いる。

タウンヤ・システムの取扱いについて考えてみよう。このシステムでは社会的側面に住意を払うことが必要である。その理由は作物や樹木が必ずしも農民の所有となっていないからであり、移動式農業と同時に生活のための重要な部分をも含めるからである。したがって、このシステムを実践に移す際には社会の受入の度合、農民にとっての経済的価値を考慮しなけれはならない。アグロフォレストリーでは森林の生産物から土壌に還元される養分を作物が利用しているが収穫により土地から持出される量は作物の方が多い。肥沃度に関しては元の森林の伐採方法、土地利用、伐採からアグロフォレストリー・システムの設定までの期間がこれに関係してくる。このため地力が低下してしまった土地にシステムを設けても樹冠が閉鎖するまでの期間に地力を回復させることは困難だからである。

タウンヤ・システムを行なうことにより期待される成果の1つにエロージョンの防止がある。このことも取扱い上考慮に入れておかねはならない。このことはシステムで取扱う作物種の選択と樹種の植栽密度にも関係することで、例えは収穫時に樹木が妨げになるような塊茎を形成する作物は必ずしもタウンヤ・システムに適した種とは言えない。単年作物で収穫までの期間が短いものではローテーションが早いだけに収益は高くなり農民にとって喜ばれるが、地力は早く衰退するので少しでも養分循環を早くすることのできる樹種選定が必要となる。植栽密度が低い場合は樹木の分枝活動が盛んに行われるので、木材生産が目標の場合には 剪定や枝打か必要となり、それだけ労働力が増すので労働配分を考えて

おかなけれはならない。

既に設定されている人工林に作物を導入する場合は樹木の整枝、剪定 を前もって実施しておくことが必要である。

# (2) 同時式(長期的) アグロフォレストリー・システム(Long-term agroforestry system)

同時式のシステムは農業や林業が長期にわたって、同一土地に共存するもので、遷移式が初期の数年間だけのシステムであったのと対象的である。

このシステムの利点は生産物の多様性と、作物と樹木が共生的な関係を保ち、生産性の向上と収入が毎年確実に期待できることである。した



写真7 コーヒーとマメ科樹木(エリセリーナ)の組合せによる システムは多い (ラ・スイサ、コスタリカ)

がって、この方式には多種の商業的な活用ができ、例えばココヤシのプランテーションと作物栽培、コーヒーとマメ科樹木の植栽、トウモロコシとマメ科樹木、木材用樹種とカカオのプランテーションなどがある。

この種のシステムの一つを写真7に示した。システムの要素間の関係の一つは庇陰と微気象の調整である。養分の循環は樹木から土壌へ、作物から家畜を経て土壌へ行くかあるいは作物から直接土壌へ、家畜から林木へと多岐にわたっている。庇陰樹として窒素固定のできる樹木が利用されることは多くみられる。作物同士の競争は作物の生産性にマイナスの面を与えるので、コーヒーやトウモロコシは単作栽培とする方が良好な収穫をあげることができる。

同時式アグロフォレストリー・システムが作物栽培上に与える利点を 挙けると次のようになる。

- a) 毎年作物の収穫が着実に期待できる。
- b) 生産性の収穫量や質が改善される。
- c) 生産物を多様化させることにより経済的危険度を减少できる。
- d) 作物の生産性が単作に比べて低下することもあるが ha あたりの 単位生産量は単作を上廻る。

つぎに典型的な同時式アグロフォレストリー・システムとして、①永年生作物と樹木との組合せ(Agri-silviculture)、②植栽樹木間での1年生作物栽培(Alley cropping)、③混作自家農園(Home garden)、④混牧林(Silvo-pastoral)を考えることにする。

## 1) 永年作物と樹木の組合せ(Agii-silviculture)

中南米では作物の栽培と組合せる樹木としてクロフ、ゴム、ヤシ類といった商品作物のほかユーカリ類、コルディアなどの用材樹種とカカオやコーヒーの組合せがある。なかでもコーヒー栽培と庇陰樹としてのマメ科樹木の組合せはラテン・アメリカの各国で実行されているように、高地や肥沃地においてはこのシステムが基本になっている。また東アフリカでは多層生産システムがごく普通に行われている。Albizia spp や Grevillea spp も庇陰樹として用いられ、インゲンやバナナが組合されたりすることもある。



写真8 第1層にコーヒー、第2層に庇陰樹のエリセリーナ、第3層に家具材となるコルデアからなる立体的システム(ラ・スイサ、コスタリカ)

通信網や流通機構が整備されていて、市場を持っているようなところでは肥沃土壌という条件が重なると問題なく成功するシステムである。それだけにこの組合せでは単位面積あたりの土地生産性を高め、土地利用をも有効にすることができる。従来から単作で農薬などのコストの高いものを使用していて経済的にも不利になり、肥料代すらまかなえないという事例ではこのシステムを導入して商業ベースに乗せうるような定期的収入を得られる方法であることも認められている。

# 11) 単作作物と樹木の組合せ (Alley cropping)

1年生作物と樹木の関連は前述のシステムとごく類似しているが、このアレイクロッピングと呼ばれる樹木の列間に作物を栽培する方法は耐陰性の高くない作物にも利用できる。例えばトウモロコシ、大豆、インケン、ピーナツなどと樹木との組合せがある。この方法はナイジェリアで開発され、マメ科樹木の間に1年生作



写真9 マメ科樹木とユーカリ樹の間に植えられているパイナップルとの アレイクロッピング (ラチャブリ、タイ)

物を栽培している。そしてこのシステムが持っている利点は土壌 の肥仸度が高められることである。しかし、反対に作物栽培面積 が樹木にも占有されるために生産量が減ることとシステムを確立 する際に多少労働力を必要とするためにコストが掛ることである。

今一つの樹木の働きは微気象の調整である。本数密度が高くな

ると病原菌にとって好ましい温度や湿度条件を作る可能性を生じることで、コーヒーの黒菌病が発生するチャンスが増加するので、剪定や枝打の取扱い1つにしても組合せた作物の結実、着花に影響を与えるのみならず、収穫量や品質にまで影響が及ぶからである。コスタリカではコーヒーの庇陰樹として広く使われている E-rythrma spp では剪定や枝打ちを少なくとも2回は実施することにより、コーヒーの実の熟成を均一化させたり、遅延または促進させている。

## (3)農家園または混作自家農園 (Home garden, Farm garden)

自家農園は移動式農業と同様に極めて古くから食糧確保のために農家が無意識のうちに行ってきたアグロフォレストリーの一形態と考えることができる。つまり家族や共同生活体の食糧や生活必需品を自給するために利用されたもので、場合によっては余剰生産物を販売して現金を稼いだり、物々交換することさえある。従って、混作自家農園や農家園は樹木、作物、場合によっては家畜など多様な要素による複雑な多層構造によって特色づけられているほか、多種多様な種を利用し、小面積ではあるが年間を通して何かが生産できるように組合せたり、家族が必要とする食糧を供給できるという基礎的な役割りを寅じることが可能である。

農園ではフルーツ、野菜、薬用植物、香辛作物、繊維植物、観葉植物のほか鶏、牛、魚というあらゆる食料から商品作物までが計画に従って組合される。

そこで混作自家農園の特色をまとめてみると次のようになる。

- a) 年間を通じての労働配分が必要とされ、短期間に労働の集中化を 生じないようにできる。
- b) 労働力は殆ど家族中心である。
- c) 収入は少ないが支出は一定で、家族または小さい共同体の消費に とっては安定した生産力を持つシステムである。

- d) 資本力の乏しい人のためにも経済的需要を満たすことのできるエ コシステムである。
- e) 生態的には種の多様性、太陽エネルキーの高い吸収能力、生物的な抑制のメカニズム、閉鎖系の養分循環、空間の効率的利用、高い安定性などを持っているため、エコシステムにとっては過酷な農業システムである。
- f) 生産物が多様化しているので市場の不安定、不確実性に耐えうる 農業システムである。

伝統的なジャワ島の家庭農園は、農薬を使うことなく続けられてきているし、小規模で投資資本や労働力が不足していても、生産性は経済的にみて傑出したものがある。タンザニアのチャガ族の自家農園では土地不足でこのシステムの拡大ができないという問題はあるが、同一土地で食糧、商用作物、家畜、多目的樹木が組み込まれている。すなわち、樹木はコーヒーの庇陰のほか生垣柵に使用したり、飼料用や土壌のマルチ用に葉を利用する。花木は養蜂用として利用しているし、混植が病虫害の発生に対して保護作用を果している。

熱帯アメリカにもこうした混作自家農園が多く、古いシステムから新 しく改良されたものまでバラエティに富んだものが見られる。

このシステムの取扱いでは種の選択技術、農園の設計などが重要であるがこうした点は農民の方がより熟知しているほどで、肥沃度を保持するために残飯、糞尿の利用や堆肥、窒素固定植物の利用も考えられている。大径木となった樹木は伐採して利用するのはもちろんであるが、明るくなった空間を使って一年生作物を新たに導入することができるなど経営方針さえしっかりしていると農家にとって楽しいシステムでもある。

#### (4)混牧林(Silvo-pastoral)

この混牧林システムは果樹を含む樹木と家畜飼育を組み合わせたもので、大規模な産業造林と家畜を放牧した組み合わせから、農家が数頭の

家畜を飼育するといった小規模なものまである。大規模なものとしては カリヒアマツを植林した林内に馬を放牧しているコスタリカの例がある。 マツ林の林内は光の透過も十分てそこでは草が心行くまて繁茂していた。

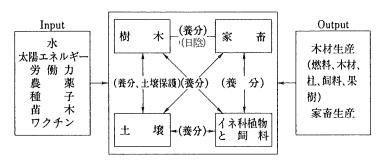


図-8 シルボ・パストラル・システムの概念

このシステムの要素間の特徴には以下のようなことが考えられる。

- a) 家畜の存在によって養分循環が促進される。
- b) 樹木は家畜に都合のよい日陰を与える。
- c) 家畜が種子を食べて排出することが発芽を助長する。
- d) 家畜の放牧密度か高いと、土壌が堅密化され、作物や樹木の成長 に影響を与えるほか樹幹を傷つけることがある。
- e) 林内の雑草は家畜の食物嗜好によって必ずしも均一に食べられな いため、成長に影響することがある。

従って、このシステムは功罪相半ばする面もあるが、経済的にみると 家畜にとっても樹木にとっても収入確保は可能になる。しかし、牧場と しての土地利用効率は劣るものの薪、用材、果実が収穫されたり、飼料 としての枝葉の利用を考えると生態的にも価値のあるシステムで、マメ 科樹木の利用は牧草収穫量を高めうるので、生産性や安定性を改善する ことができ、また飼料価値の高い樹木を利用すると乾燥期にも牧草を維 持できる。ただ多くの農民は大規模な牧草地を作りうるだけの土地を所 有していないか小規模経営者や生垣柵として利用する場合は可能であるし、マルチパーパース・ツリーを植えれは飼料や薪として以外にレジンなども採取することができる。 樹種選定にあたっては Glu icidia sepium のほかに飼料樹木としての各国で植栽されている Leucaena leucocephala があるが、これは平坦な低地や土壌の pHか 5 5 以下では成長率は極めて低い特性をもっている。熱帯土壌では乾燥化の著しい地域で塩性土壌のところが多数現れてきており、ハワイでの実験で得られたこの樹種のha/年あたり葉量 11~14ton、枝量 9~10ton の生産量を得ることはかなり厳しく、幹の生産量すら 3~5 m³にしかならないことが多い。中央アメリカの Erythi ma poeppigiana や E berteroana では萌芽性や枝葉の生産量が大きいために利用されている面積も広い。

つきに 根牧林システムの代表として牧草と樹木の組合せ、樹木や果樹と

な牧の組合せモデルを述べることにする。

### 1) 牧草と樹木の組合せ

このシステムは牧場経営を主目的とし、植林された樹林は家畜 の日陰地となる。樹木が成長すれば薪、木材なとの利用も可能で



写真 1 O 牧場内にグアシモの小林分を作り、家畜の休息所とする。 (グアナカステ、コスタリカ)

あるが生産は2次的とするものである。もともと森林を伐開して 牧場を造成するときは樹木を全て伐り倒して林地を野焼きするこ とが多いが中央アメリカではセドロ(Cedrela odorata)やローレ ル(Cordra allrodora)といった家具用の高価値材は伐らずに残す 方法がとられている。この残された有用樹は家畜のための日陰地 や避難場所として利用するが将来は用材として売却することにな る。本数が少ないときは植栽して、単純な牧草地とならないよう にする。これによって土壌のエローションを抑えることも可能と なる。

## 11) 林木、果樹植栽地における放牧

このシステムは薪炭材、用材林、果樹林といった樹木の植栽地 内に家畜が放牧されるタイプで、雑草の抑制ができると同時に、 伐期もしくは果実の収穫期以外には家畜を放つことができる。こ の組合せができるのは樹木の植栽後、家畜によって樹木が被害を 受けなくなる樹齢に達してからである。草類は家畜が食べるので 造林地の除草費が軽減される点で牧草と樹木の組合せの場合と同



写真 1 1 牧場に果樹 (グアバ) を植栽した混牧林の例 (ラ・スイサ、コスタリカ)

一である。

このシステムの運営上住意すべき点は果実に被害を与えないようにすること、特定の場所に害虫(蝶類)の繁殖や土壌のpHの変化を起させないこと(牧草の成長に影響を与える)などがある。

シルボパストラル・システムでは飼料の生産量、栄養的な成分が年間を通じてみると、たとえ熱帯という条件の下でも変動があるので、飼料内容の供給を安定化させる必要がある。また家畜の取扱い上の基本は ha あたりの放牧頭数にあるので牧草の生産量と家畜の種類が関係する。他の重要な点は牧場のローテーションの取扱いである。家畜については体重の増加、牛乳、妊娠している頭数、妊娠の間隔、飼料の生産の栄養価などがポイントになる。つぎの問題として牧草の生産がある。過度の放牧による踏みつけは土壌の堅密化をもたらせ、また、斜面での放牧はエロージョンを起こしやすくなるので注意が必要となる。

## (5)生垣柵(Live fence, Hedge)

本来、畜産経営では牧場の所有範囲と家畜の逃亡を防くために木杭と 有刺鉄線による柵が作られる。この場合、木杭の耐久年数は5、6年ぐ らいが普通で、大面積の牧場を所有しているオーナーにとってはこの修 理も並大抵のことではない。そこで考えられたのが生垣柵であって、中 米諸国でその例がみられる。気候や成育条件によって多種多様な樹種が 利用されているが萌芽性の盛んな種かマメ科樹木を植栽することが多い。 この生垣柵の利点としてつぎの幾つかが見出される。

- a) 植栽する樹種によって食糧、飼料、薬品、薪などの経済的価値の ある生産物を供給することができる。
- b) 斜面ではエローションを阻止する防壁として役立ち、土壌に対し て有利な働きをする。
- c) 長期間利用ができる。

- d) コストが低い。
- e) 風の当る場所での生垣柵は防風林の役割りをも果し、強風から牧 草や家畜を保護することができる。



写真 1 2 Gliricidia sepiumによる生垣柵 (グアピレス、コスタリカ)

生垣柵の取扱いにおいては作物と動物との関連が明瞭でなく、他のシステムほど集約的でない。したがって取扱い技術は樹木をどう選ぶか、あるいは維持の方法に住意が集中される。まず樹種の選択には成長が早く、剪定、枝打後の早期再生萌芽、分枝の盛んなこと、病虫害に対して抵抗性のあること、柱、薪、飼料にも提供できるものが好まれる。さらに繁殖については"さしき"のできる方が実生によるものよりも早く柵が完成することなどを挙けることができる。こうした性質を有するGlurada sepum がコスタリカでは最も一般的に使われている。この樹種はメキシコ南部からパナマにかけての太平佯側に天然分布し、虚気の多いところや砂礫地では活着率は必ずしも良くない。

### (6)防風林(Wind break, Shelter belt)

農家の畑や家を風から守るために常風を受ける地域では数世紀も前から防風林が試みられてきた。アメリカやロシアでは砂漠からの砂と過剰な土壌水分の蒸発に悩まされていたことがあった。ロシアではウラル川を越して西側に移動する土砂防止のためにウクライナとウラル川の間に160haのシェルター・ベルトを造成した。同様にアメリカでも29000kmのシェルター・ベルトが7年がかりで作られ、タコタの小麦収量が50%増加したといわれている。いずれも1930年頃のことであった。中国やインド西部のタール砂漠でも植栽されたが、その後アフリカでの試みとして、エジプトでの造成やサハラ砂漠の北側で実施された。やがてシェルター・ヘルトの防風林効果が農耕地の飛砂防止のみならず、農作物の乾燥を抑えたり、土壌の保水力にも有効であることか明らかになるにつれて、チュニジアやスーダンでも実行されるようになった。つまり防風林としての樹木の存在によって農作物が収穫されるようになったとすれは、これはアグロフォレストリー・システムの1つとして見做すことが出来る。

このシステムで大切なことは樹種の選定にあたって、ます風に対する抵抗性をもち、倒れない地下構造を有するものが望まれる。すなわち、直根性の樹種で、耐乾性かあり、樹冠に枝葉量が多くて風圧は受け易いか風に対して強い樹種が望まれる。さらに早生樹は防風効果を早く現わすことができ、植栽方法では主風の方向に列状に複数列植えるとか、樹高による風上、風下側の水分蒸発阻止効果や减速などを考えねはならない。もちろん作物自休も種類や形態によって耐風、耐乾性を異にするので微気象の変化や強風に対する保護効果を考慮する必要がある。ナイジェリアではベルト巾を 9 列 27mに植栽しているが、主風方向に平行して3 m間隔、直角方向に 2 m間隔で 1 ha あたり 1600 本植とし、ヘルトの長さを 3 2km 続けている。ベルト相互の間隔は 200mとしている。一般に風上側で樹高の 5 倍、風下側では 20~30 倍の距離まで効果が認めら

れるとされる。しかし樹高の4倍以内の風下側では樹高と関係なく、風速は40%減少される。またベルト巾は広いほど和らげる効果が大きく、



写真 1 3 強風の吹くサバンナに造られた幾条ものEucalyptus camaldulensis の緑の防風林 (ザリア、ナイジェリア)



写真14 上記の防風林によって風速が緩和されて農耕が可能となった ため、農民が戻ってきた (ザリア、ナイジェリア)

横断面の形が山形か台形か長方形かなどによっても効果が異なることが知られている。こうした効果は Eucalyptus camaldulensis で飛砂と水分蒸発が抑制されて、ミレットの収量を87%、ピーナッツ148%、バンバラナッツ16%の増収を得ている。(ナイシェリア北部の事例)。

アメリカやロシアからの報告では1~3列の植栽で防風効果もあがっているがイエメンのように低地から吹上ける場所や風向が一定しない場所ではチェス板のようにジグサグにする方法も提案されている。

広大な土地を保護するためには地形によって風向きに変化を与えることと植栽列に沿って潅木を植栽することも可能である。

なお、参考としてインドのラジャスタン州で行われた数樹種による防風林の防風効果試験 (表 -1) では樹種による差と時期による差が見られたほか、土壌流亡量の調査結果については (表-2) 降水量や降雨の強さによる違いが大きいと思われるが、防風林の有無による差は極めて明確である。

表-1 インドでの防風帯樹種による風化の風速低下率(%)

					雨季			
防風林の樹種	(October~June)			'	(July~September)			
	防風林か	うの距離(	樹高 hの倍数	() B	抗風林か	らの距離(	樹高hの倍数)	
	2h	5h	10h	-	2h	5h	10h	
Prosopis julifiora	33	17	12	- 1	38	26	21	
Cassia siamea	36	17	13		46	36	24	
Acacıa tortılıs	36	25	13	•	46	36	20	

(Gupta *et al.* 1984による)

表一2 インドでの異なった防風林による土壌流亡量

防風林の樹種	土壌流亡量(Kg/ha)	(市季初期の4月20日~6月26日の調査)			
りの風やり倒生	1979	1980	平均値		
Prosopis juliflora	93.2	609.3	351.2		
Cassia siamea	91.5	277.1	184.3		
Acacıa tortılıs	106.0	494 1	300.0		
裸地(無防風林)	262.7	831 0	546.8		

(Gupta et al. 1984 による)

# 3 アグロフォレストリー・システムの評価

アグロフォレストリーは極めてダイナミックで、時間の経過につれて 条件が変動するため、目標が果されているかどうか時折、取扱い計画を 評価する必要がある。ひどい時には目的すら変っていることがあるので 再評価の必要性が生まれてくる。

システム評価のポイントは次のようである。

- a) 実践に移してから農場が以前と比較して変ったかどうか。
- b) システムによる生産性はどうなったか。
- c)システムが循環に何らかの影響を与えたかどうか。土壌浸食、*汚* 染などか生じたかどうか。
- d) 地域の他の農民へ普及して行ったか。
- e) 地域への普及度はどうか。

こうした評価にあわせて、変動した生態、経済条件にシステムを適合 させたとき、収益性、生産性、維持性などがどうなったかについても取 組まなければ真の評価は得られないであろう。

# 4 システムで利用される樹木と作物

アクロフォレストリー・システムで利用される樹木の役割りには①将来は用材やパルプ材を採取する、②農作物を直射日光から守るための庇陰樹とする、③地域の木質エネルギー用の薪炭材とする、④家畜の飼料とする、⑤環境保全の役目を果す、⑥マルチパーパスに利用する、⑦果実を採取する、⑧その他といったように極めて多様な目的を持っている。したがってシステムが地域社会やその地域の自然条件、さらに住民や農民のニースを背景として組立てられる以上、樹種も極めて多様である。

作物種についても同様で①食糧となるもの、②香辛料や香料となるも

の、③フルーツの穫れるもの、④嗜好料となるもの、⑤薬用となるもの、⑥繊維のとれるもの、⑦抽出物の得られるもの、⑧その他数多くの種類の樹木がある。

こうした見方からすれば樹種を選択するにあたっては、①早生樹種か 長伐期樹種か、②利用の用途は上記のどれに当るのか、③立地条件はど うなっているか、④種子や原材料の入手は容易かどうか、⑤活着率は良 いかどうか、⑥地域の人々が求めているのは何か、⑦その他などが関係 する。作物についても、①比較的短期間に換金もしくは利用できるのか どうか、②生育が立地や気象条件に適しているのか、③短期作物か、長 期あるいは連作できるのか、④労働量が多いか少ないか、⑤その他など について考慮した上で選択が決定されるであろう。

現在使用されている代表的な樹種については主要な国別に作物と併せて巻末の別表1に示した。また農作物や有用作物については栽培可能な標高や年降水量などをも示しながら一覧表として別表2に示してみた。いろいろな条件を考慮するとさらに多くの種類の樹木や作物が利用できるので、いかにアグロフォレストリー・システムの内容が多彩であるかが分るであろう。なおアグロフォレストリーでは土壌改良や空中窒素の固定を期待してマメ科の樹木が多用されるので、とくにそれらを別表3にまとめておいた。

# 第4章 地域特性とアグロフォレストリー

熱帯とは南北両回帰線に挟まれ、しかも年平均気温が 20℃以上で、年間を通して温度変化の少ない地域のこととされている。しかし本書のアグロフォレストリーではもう少しこの範囲を拡大して亜熱帯や高地熱帯の事例も含めている。したがって以下の地域区分における熱帯アジア、熱帯アメリカ、熱帯アフリカも大陸別の地域を意味する程度に解釈していただければ幸いである。

さて上記三熱帯の違いでもっとも大きい点は熱帯アジアと熱帯アメリ カの両者は気候的に見て湿潤熱帯であるが、熱帯アフリカだけは乾燥熱 帯ということである。いずれの熱帯域にも熱帯而林があり、そこが湿潤 なのは当然であるが熱帯アフリカの場合は熱帯域の全面積に比べて湿潤 地帯が極めて少ないのである。また歴史的な背景をみても熱帯アジアで はヨーロッパのなかでもイギリス、フランス、オランダなどのほかアメ リカがほんの半世紀前まで手中に収めていたので言語はもちろんのこと 生活習慣までそれぞれの国で違っていたのである。ところが熱帯アメリ カの場合は殆んどの国がスペインの統治下に置かれていたのでその文化 が今も残されている。たた大囯フラジルだけがポルトガル領であったが 文化的には周辺国と相通じるものがあり、相互間にはそれ程違和感があ る訳ではない。熱帯アフリカについてもイギリスやフランス、ドイツな どが宗主国ではあったが先住民の生活や文化の中に西欧文化や宗教がラ テンアメリカのように浸透していなかった。文化人類学的には素人の筆 者が各地域を歩んだり住んでみて感じたのは熱帯アジアには根本的に東 佯人の文化や社会が存在するのに対して、熱帯アメリカにはカトリック 教をベースにした欧米文化が一般的に存在するように思われる。しかし 熱帯アフリカには今も、種族を中心とした黒人社会が存在し、同じ国内 にも多くの宗教と異文化が栄えていて、ヨーロッパ文化が定着している ところはないと言っても差しつかえない程である。それだけにアグロフォ

レストリーを地域別に比較してみるのも興味あるように思われる。

# 1 熱帯アジアのアグロフォレストリー

### (1) 地域の特徴

年々、土地面積に対する人口の比率が各国で高くなり、人口増加の圧力が急な山岳地での営農、樹木の過度の伐採、山火事などを起している。アジア、太平洋地域の農業人口は世界の農業人口の69%にも達しているのに用地については世界の28%で、1人当りの農業用地は027haと計算され、他の地域のそれが164haであるのに比べるといかに狭いかがわかる。

熱帯林の特徴の一つとして、この地域にはフタバガキ科の有用樹木が 多数生育していて、伐採の対象となっていたが、その跡地の更新は本来 天然更新によって再生されるものと期待されていた。しかし、劣化した 土壌や長年の焼畑や火入れによって生じたチカヤ類の二次草原での造体 成績は必ずしも良い結果を生むことはなかった。そこで早生樹種の導入 が図られることとなり、近い将来のパルプ材生産を目指してきたが、こ れとて成長量のわりには収量の少ないことが各地で明らかになってきた。 ただ、そのような中でチークやユーカリ類では成功した所も見受けられ た。しかも熱帯アシア各地の森林には熱帯性タケ類が混生しており、地 域産業として巾広い利用が行われる可能性を秘めており、焼畑跡地にお ける 2次生のタケも早急に活用を図る必要がある。

しかし、この地域では土壌や土地の退化や肥沃度の回復が早急に求められなければならない状況にある。本来、アジア地域にはヒマラヤの高山帯からインド佯や南太平佯の島しょ部にいたる広範囲な地形や地質を擁している割りに持続的農業生産の可能性は14~18%しかないといわれている。その理由としては80%以上が干ばつ、養分不足、浅い土壌層、排水不良などの生産低下原因を持っているからである。なかでもヒマラヤ山地にかかる地域で、薪と木材利用を基盤とした人間生活と家畜



写真 1 5 樹林に囲まれた狭い土地で野菜を栽培する農家 (ホアイシー、ラオス)

飼育の関係は集水域の土壌退化をもたらせ、幾多の問題を下流国にまで及ほしている。例えはインドでは年々500万 ha 余りに及ぶ供水が300万 ha 近くの農地に彼害をもたらせ、パキスタンでは傾斜地農業の開発と移動畜産農民の過放牧が上地の劣化を起こしている。さらに山地における休閑期の短い焼畑移動耕作が各国でみられるのはもとより、急地形での耕作、樹木の過伐、山火事などが集水域劣化の原因となっている。

### (2)アグロフォレストリーの形態

アジア地域で見られるアグロフォレストリーの形態には多くの地域が 湿潤熱帯であるということから、あらゆるシステムのものが見出される。 その代表的なものを幾つか示しておくこととする。

- 1)混農林、農林複合方式(Agur-silvicultural system) 農作物と樹木 初期のアグロフォレストリーであるタウンヤ(Taungya)方式では樹木が整然と植栽されるとその後に農作物が一時栽培される生産中心の土地利用法であるが最終目標は生産(経済)林化にある。ただ、数年間は農家の家族に収入と生活の安定性をもたらすが農家にとって土地所有権が保障されないという欠陥もある。例として新タウンヤ方式、ツンパンサリ方式がある。また、樹木との間作(Intercropping)方式では下植え(Underplanting)、小道植えまたは列間植え(Alley cropping)、生垣囲い植え(Hedgegrow planting)とも呼はれ、5~10mの間隔を空けて植えられた樹木の列間に農作物が植えられる。樹木が十数年単位で収穫されるのに対して作物は通年的に収入があるので農家にとっては都合がよい。主な利用作物としては以下のものが多い。
  - ① 換金作物 … コーヒー、カカオ、丁字、胡椒、ニッケイ、 ナツメクなど
  - ② 香辛(薬味)作物 唐辛子、ショウガ、キンマ、ウコン、胡椒、 ニッケイなど

- ③ 果実作物・バナナ、パイナップルなど
- ④ 根菜類 ・ "キャッサバ、ヤム、サトイモ、サツマイモなど
- ⑤ 穀物類 … メイズ、ソルカムなど
- ⑥ 食用豆類 ・・・・ 落花生、大豆、カウピー、シカクマメなど
- ⑦ 食用油類・ ゴマ、トウモロコシなど
- ⑧ 食用草類 パクチー、ニラなど

上記のいずれの作物も日陰に耐えられる種では生産量の増加が 期待できるが穀物類や落花生などのように日陰を好まない作物で は日陰とならない樹種との混植が行なわれている。

Alley cropping では Leucaena leucocephala や Gliricidia sepium を列植し、作物の植えつけ中はこれを刈り込んで日が当たるようにする。刈った枝葉は土壌上に敷いてマルチとして土壌を肥仸化させるのである。

11) 混牧林、林畜複合方式 (Silvo-pastoral) 樹木と家畜

これまで家畜を放牧することが多かったが農地の増加によって 家畜が畑に侵入して被害を与えるようになった。このため家畜の 管理として飼料の有効利用と牧場の設定の必要性が認識されるよ うになった。

m)農家林、農家園(Home garden, Forest garden, Homestead garden) 作物と多様な樹木類

熱帯アジアの景観の一つとして水田の中にある土地に農家があり、その周囲には自家用の菜園、バナナ、ココヤシ、香木、果樹、樹木などがある。つまり、緊急の場合でも自給できるというメリットを持ったこの種のシステムはバングラデシュ、インドネシア、タイ、ミャンマーなどで見られ、全体では数百万 ha にも及ぶといわれている。

w) その他

水産と樹木を組み合わせた Aqua-forestry はマンクローフ林と養魚 や毎老の養殖を組合せてタイ、フィリピン、インドネシアで行な われている。

## (3)熱帯アジアでの実態

この地域でのアグロフォレストリーの定着がみられたのは 1856 年に チークの再造林を行なうにあたってミャンマーでU Pan Hle が実行し た農作物との混植が最初とされている。この方法が高く評価されて、そ の後、インドやインドネシアでも続いて行われたが、いずれも小規模で、 個人が優先権を持ったものだった。やがてこのタウンヤ法は放棄されて しまったが、その理由は樹木が育つにつれて農民は農作物の栽培ができ なくなり、林地に立入ることもできなくなったため、農民らはこの方法 に不満を感じるようになり、農作物だけの単作を始めたからである。

その後、各国が順次独立して、経済の自立を図るために森林資源の伐 採と売却が行われ、熱帯林の急速な減少がもたらされた。しかし、その 後の造林面積は少なく、森林の再造成よりはむしろゴム、ココナツ、ア ブラヤシ、パイナップル、バナナなど多種の有用作物栽培が活発に行わ れるようになり、土地利用の様変わりが各地で見られるようになった。

この地域にアグロフォレストリーが再度浮上するようになったのは19 78年に ICRAF が設立されてからである。それは各国がアグロフォレストリーの意義を考えるとともに国情や地域に応じたシステムを作りだすようになったからである。

アジアの各地域におけるアグロフォレストリーの実態はつぎの通りである。

## 1) 南アジア地区

所有面積が小さい上に、土壌の劣化した土地に追いやられている貧しい農民に樹木の植栽費用を政府が負担し、代りに保育管理は農民に行わせる方法がとられている。例えば所有者は樹木の保

育を行うための補償として 10 年間、毎年一定額を受取ることができる。もちろん作物栽培による利益は農家の収入となる。といった例のほか自家農園(ホーム・カーテン)ではユーカリ栽培をしたり、北イント地方では改良ポプラの造林を行ってインドの貧困農民から喜はれたが、逆に裕福な農民には支援がないため反対され、長期的には成功しなかったようである。バングラデシュ、ネ

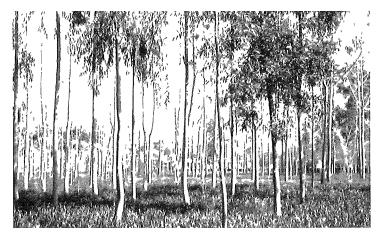


写真 1 6 小麦とユーカリ樹によるアグロフォレストリー (ペシャワール、パキスタン)

パール、パキスタン、スリランカといった国々では社会林業がとりあげられ、パイナップル、バナナ、タケなとの収穫に要する期間が短い作物やグアバ、ジャックフルーツなどの果樹とチークの組合せが見られる。パキスタンの半乾燥地帯ではコムギとポプラあるいはユーカリ、ソルガムとプロソピスの組合せがある。ここで使われているプロソピスはProsopis cineraria で飼料不足に悩まされている地方の農民にとっては栄養価の高い飼料源となっている。これはまた、家畜に日陰をも与えることのできる樹種であり、作物とも共生的に利用できると評価されている。

ただ、プロソピスはアフリカにも見られるが、その種の多くは中 南米原産であり、導入したものであれは成功したものの一つとい える。

#### 11) 東南アシア

インドネシアではタウンヤ法による各種の組合せのほか多種多様なアグロフォレストリー・システムが実行されている。例えは、幼齢木の間に陸稲やトウモロコシを栽培するもの。チークの植栽を行うとともに、下層部に薬用植物を栽培するものがある。この場合薬用植物の種類にもよるか、短期的なもの長期的なものがある。さらにチークと燃材用のアカシアを混植していることもあるが、これはアカシアが短伐期ということから、チーク材の収穫が長期間を必要とするため、中間収入を得るための方法であり、一見、アグロフォレストリーとは呼ひがたいように思われるが、主目的がチークで伐期が異なる組合せだからあえて、アグロフォレストリーと解釈しているようである。

インドネシアの Perum perhutanı(造林公社)はジャワ島で集約的タウンヤ法やツンパンサリを行っている。これは従来の植栽木の間に農作物を栽培するタウンヤ・システムを改良したもので、施肥や農薬を投入して集約化し、陸稲やチークの収量を増加させるだけでなく、森林地帯の周囲に燃料木を植え、あるいは村落の近隣地域では燃料木を防火線状に植えて、村民には植林のための支援活動を政府が行なっているとしている。もっともここでは種子や切り株は村民に与えられるのでこれを持帰り、種子は植栽用に、切株は燃料に利用している。敷地内に燃料木を植栽することが奨励されているからである。この他ジャワ島では社会林業(Social forestry)も行なわれているなど、とにかく多彩である。

フィリピンでは移動焼畑農民(カインギネラス)をある特定の 土地あるいは場所に定住させるために社会林業を行なったり、タ

ウンヤ法を取り入れたルセナとトウモロコシの列間植栽などのほかにも苗畑造成を行なって農民に苗木を分譲している。

タイ国では Forest village の造成を各地で行なって多くの人々を入植させて成功している。そのあらましは政府がまず入植者に住居を提供するほか農耕地を一家族当たりにつき 2 5ha 貸与している。人居者には給水、道路、学校、などの他、簡易インフラ整備や作物販売の援助も行なっている。その代わりに住民は森林造成に従事し、10 年間樹木を保育する程度の面積の中央に生佸拠点となる村落が設けられる。その他の条件としては家族の中の一人は終身森林造成のために従事でき、また、最初の3年間森林の作業に従事すると村民はボーナスを得る権利が出来る。さらに最初の3年間を過ぎて16haのタウンヤを継続すればその村民には毎年ボーナスを得る権利が与えられる。と言ったような各種の奨励策をとっている。

中国では1950年初頭に森林伐採が急速に進み、その結果、広域的に裸地や劣悪不良地が生まれ、一部で砂漠化が進行してきた。このため、防風林を設け、670万 ha の農地と340万 ha の牧草地が保護され、地域の産業発展に貢献している。この防風林が設置されている地域ではトウモロコシ、大豆、ソルガム、ミレットに増収が見られたと報告されている。

東部で人口密度の高い中国も、西部や中央内陸部では農地の周辺や常風地帯での防風林の造成、樹林と農作物の間作、道路ぎわや河川敷への並木造成、住宅の周囲への植栽などアグロフォレストリー・システムはもちろんのこと緑化によって農民の生活水準の向上を図ることで、最近顕著な成果をあげている。そこに導入される樹種として桐が多いのが特徴である。また南部ではゴムが多い。

韓国では森林の大半が民有地であるが、これまでアグロフォレ

ストリーと呼べるものはとくに存在していない。しかし食用の果 実と木材を利用するための栗の木、チョウセンゴョウとその他の マルチパーパス樹木の植栽などがある。

韓国と同様に熱帯地域と直接関係のないわが国においては各地で19世紀の前半から20世紀中頃にかけてスキやヒノキの造林に際して焼畑造林が行われ、火入れの後植栽前後にソバ、オカボ、カフなどの作物が作られてきた。また今日ではスギ林内にオウレンを栽培したり、シイタケ栽培を行なうなどタウンヤ式のアグロフォレストリーを見出すことができる。参考までに記しておくことにする。

#### 皿)太平洋島しょ国

この地域の国々では主食にヤムイモ、タロイモ、バナナを食べている。このため、食糧用作物や菜園の混作が多くみられる。サモアではタロイモやヤムイモをエリセリーナ属の樹木の間作として栽培している。パプアニューギニアではサツマイモ栽培地にマメ科のルセナを植栽したりコーヒーやカカオの庇陰樹としてユーカリやルセナを植栽している。ソロモン群島でも同様に、小規模なアグロフォレストリーが行われている。

このほか南太平洋の諸国ではココヤシの林の下にイモ類、キャッサバ、タロイモ、バナナ、コーヒーなどが栽培されているほか、ココヤシ林内に水牛を放ち、糞尿を土壌に還元して、雑草を牧草代りとするようなシルボ・パストラルも散見することができるが、概して土地面積の少ないところでは休閑期を減らせて農作物を収穫できるようなアグロフォレストリー・システムの確立が必要となろう。

# 2 熱帯アフリカのアグロフォレストリー

--- 69 ---

### (1) 地域の特徴

熱帯アフリカの面積は熱帯アジアの面積のほぼ2倍であるが、北回帰線から南へ向ってサハラ砂模やリビア砂模が拡がっているのみならず、さらに南に向って半乾燥地のサバンナが存在している。したがって森林の多くはサバンナ林、疎林てあって、他の2つの熱帯地域とは異なっている。しかしながら、東アフリカではケニアやタンサニアの一部に森林が標高の高い1500m以上のところでみられる。また西アフリカではギニア湾に面した各国、すなわち、リベリア、コートシホアール、ガーナ、コンゴ、カメルーン、ナイシェリアなどに森林があり、海岸線に近いほど雨量も多くなっていて熱帯雨林もみられる。



写真 1 7 サバンナでも潤沢なキリマンジャロの伏流水によって庇陰樹の下でコーヒーの栽培が行われる(アリューシア、タンザニア)

このように大陸の内部に広大な砂模やサバンナなどがあって植物資源 が少なく、バイオマス生産の低い地域が存在する一方、最近では疎林地 帯での人口増加が激しく、生活エネルキー用の薪炭材の利用や、伐採量 の増加に伴って砂模化が進行している。こうしたことが薪集めや水汲み に日常生活の大半を費やしてしまわねはならない婦女子の労働を苛酷な ものとし、社会的な問題となりつつある。地域によっては家畜の糞さえ 燃料にされている。

地下水の极み上げや潅水による水問題は単に住民の生活だけに留まらず、砂漠化による地温上昇などと相まって、近年、各地で土壌の塩性化が現れるようになり、それでなくても少ない植物の生存をより危うくしている。すなわち、全ての土壌には微量の塩類が含まれているが、いつも降雨のある地域では、これらの塩分は重力水となって流され、地下水に入るか、河川へ押し出されて、いずれは侮へ連はれて行くことになる。この場合はいすれも塩分が土壌に蓄積されることはない。しかし降雨量か少なくて蒸発量の多い乾燥地域では土壌中の塩分が多くなり、場合によっては土壌の12%を占めることもある。塩性化は土壌中の塩分のハランスがくずれると生じ、作物の根の部分に塩分が蓄積したり、さらにこれが進行すると地表に塩の白い層が浮上り、植物は生育できなくなる。水分中にナトリウムや火山によってもたらされる炭酸ナトリウムを含んでいると、更に悪くなり、土壌はアルカリ化してしまう。



写真18 遊牧の牛が通り過ぎると少ない植生が一掃されてしまう。 (カノ、ナイジェリア)

また農業で常に潅漑するときは乾燥地でも塩性化をもたらす原因になるともいわれている。排水のよくない土地での潅漑は当然地下水位の上昇をもたらせるので土壌中の塩分は地表に運ばせるということになる。パキスタン、エジプト、イラク、インド、アルゼンチン、ペルー、アメリカなどでも塩性化は起っている。

熱帯アフリカにおける大きな問題は遊牧による牧畜が行われていることで、ただでさえ少ない植生が多くの家畜によって食べられてしまうため植生回復がはかばかしくなく、砂漠化への道を急速に突っ走らせていると考えられる。

植生が脆弱になりつつあるにも拘らず家畜の頭数が増していることもこの地域の特徴であるが、家畜とて決して胃袋が満たされていると思えないのは痩せた動物の多いことからも判断できる。

### (2) アグロフォレストリーの形態

熱帯アフリカで実施されるアグロフォレストリーの形態を考えるとき、 導入する地域の環境によって住民が好んで利用する植物が違ってくるは ずである。思いのほか乾燥するサバンナでも遊牧民が牛を追っているの で、半乾燥で生育の可能性のある樹木、例えば薪炭材と作物の組合せが 実施されたり、数ヶ月のみの乾期を伴う半乾燥地では樹木と牧草の組合 せ、常風地帯や高地で雨の降りやすい場所でのシステムの実施が見られ る。アラビアゴムモドキ、セネガルアカシアなどタンニンやゴムの採取 できるマルチパーパス樹種が各地で利用されていたりするがシステムの バラエティーは限定される。

## 1) 混農林 (Ag11-silviculture) 農作物と樹木(薪炭材)

天然性の樹木がランダムに残されていて、その樹間に作物が作られるタウンヤ法の一例としてシャンバ法が導入されたり、庇陰 樹の植え込みとコーヒー栽培が行なわれたり、等高線沿いに樹木 を植えて土砂止めしながら作物栽培を行なうなど各種の形態が取 り入れられている。また、成長の早いユーカリを防風帯(Shelterbelt)として設置し、樹林による防風効果が土壌水分の抑止をもたらせて農業を可能にさせている。半乾燥熱帯における風衝地ではこの両者は切り放せないものである。

11) 混牧林 (Silvo-pastoial) 牧草と家畜飼料木 (Biowse fiee)

混木林のようなアクロフォレストリーは一部で見られるのみで、アフリカの場合は所有権の明確でない土地での放牧が盛んである。多くの土地では天然木が保護されていて家畜の休息地になったり、高タンパク質の飼料や果樹が植えられることもある。メイズやミレットの茎や葉も家畜の飼料となるのが普通だけに家畜の遊牧は土壌の退化か激しくなる一方である。このため最近では他人の家畜の侵入阻止だけでなく土地の権利や境界を明確にするために生け垣や生木の柵を設けることも行なわれるようになり、囲い込んだ内部で安心して農作物や牧草を育てている風景が各地で見られるようになってきている。

m) 自家菜園と村落林業 (Home garden and Village forestry)

熱帯アフリカては住居近くの小さな土地でも散水しやすいと野菜、香辛作物、薬用植物の菜園として利用することが多く、土地が少しでも広ければ換金作物、燃材木、果樹などが栽培されて食料の確保や現金収入源にしている。雨量の多い高地山岳地帯では特に自家菜園や Alley ctopping の形態を持ったものが多い。また、村落や部落単位でピーナツ、イモ類、マメ類などの農作物と果樹や薪炭樹種がランタムか列条に植えられて村民による共同管理が行なわれている。こうした Village forestry はCommunity forestry とか Social forestry という言い方をしているところもある。

## (3) 熱帯アフリカでの実態

広大な大陸だけに個々のアグロフォレストリー・システムの実態を網

羅することは困難であるが、前述したように熱帯而林はキニアから東およひ南ザイールにかけての沿岸地帯やコンコ川流域、東アフリカと南アフリカの一部に存在するのみで他の地域は全般に乾燥地もしくは半乾燥地のサバンナ地帯である。したがって湿潤熱帯と乾燥熱帯に対応できるアクロフォレストリー・システムが存在することと、ケニアにあるICR AF の指導で効果をあげている国々もある。

ナイジェリアでは集約化された一時的な移動耕作によるタウンヤ法が行われていて、農作物には食糧生産に基づいた植林がみられる。当初は1920年代の後半にサポバ州で実施したところ成功裏に事業が進んだため、その後も各地で、まず農民に小区画を割当てることにより彼らが樹木の伐倒から地拵えを行ない、雨期に入ると直ちに農作物を植えつけ、その後に山地局の作業員が植林するかあるいは個々の農民に苗木を与えて植林させてきた。苗木の養成に関わること以外の作業については農民の自己あるいは自家労働力によって進められ、3年目まで農作物の栽培が許可される。植栽後2年目からの樹木に対する管理作業は山林局が行なう。このようにして耕作ができなくなると新しい土地が割当てられる。作物は多種でヤムイモ、キャッサバ、ピーナツ、メイズ、マメ類、トマト、コショウなどがあり、永年作物は許可されない。

ナイジェリア国内の南部にある半湿橍地域でIITA(国際熱帯農業研究所)が実施した Leucaena leucocephala や Glurcidia sepium をヤムイモの支柱とし、ここにメイズの栽培をアレイクロッピングで行なったところ、ルセナの枝葉がマルチとなって土壌の肥沃化が起こり、メイズの収量が大幅に増大した。すなわち、10トンの枝葉を土壌にマルチングしたところ1ha あたり13~32トンの増収となったために大きな関心を呼んだことが知られている。

シェルターベルトについては樹林帯の巾と高さによって防風効果がかなりあることは北部の半乾燥地帯で大規模に行なわれた結果からも明らかで、これについてはすでに述べたところである。

タンザニアでは傾斜のある中高地で耕作を行なう際に等高線に沿って 樹木を植え、その樹間下にレモングラスを栽培する FAO のプロジェク トがある。こうした樹木の植栽を行なっても表土が流出するので下部に 溝を掘り、集積した土を再度耕地に還元している。溝掘りと樹木植栽に は労力が必要であるが恒久的な耕地造成には有効な方法であるだけに、 果樹、有用樹木といった利用価値の高いものの植栽が望まれる。植生帯 の巾と傾斜による土壌についての D ROCHELEAU らの報告は以下の如 くである。

植生(樹林)帯の間隔(m) 植生(樹林)帯の巾 傾斜 (%) (m) 浸食されやすい土壌 浸食されにくい土壌 5 15 45 80 20 35 70 10 3.0 30 60 15 20 40 26 53 30 60 23 44 40 8 0 20 36 50 10.0 17 30 14 26 60 120

表-3 山地傾斜と1植生帯の巾とその間隔

ガーナでもタウンヤ法が用いられていて、トウモロコシ、ヤムイモ、 バナナ、野菜類がターミナリア、チーク、セドロなどの樹木と組合され ている。

スータンでは古くからアラビアゴム(Acacia senegal)が植栽されてきたが、それは①刺のある枝が家の垣根として使える ②樹幹は建築用とし、枝は燃料となる ③マメ科だから土壌の改良に役立つ ④枝葉は飼料となる ⑤列状植栽すると防風林として使うことができるなどの利点があるからだといわれている。経営方法としては 25ha を四等分し、食糧生産地を四分の一、残り四分の三はアラビアゴムを年次毎に区分して植栽している。

ケニアでは農作物を間作物として取入れて造林を実行するシャンバ法

が広く行われている。すなわち、国有林の造林対象地を農民に貸し、2ヶ年間の耕作を認める。3年目には針葉樹を造林し、さらにその後の3年間の農耕を許可するものである。樹木はマツ、サイプレスを、作物としてはニンジン、ジャカイモ、マメ類、メイズなどで他の国と大きな違いはない。なお借地料は毎年更新する。このほか燃料、果樹、飼料木などが使われる。

広大なサバンナ林を持つこの国では今日でも耕地のなかに点々と天然性の樹木が残されている。しかし、所によっては人工で植栽されることもある。標高1,000m以上では Cordia abyssimca や Grevillea robusta がコーヒー栽培の庇陰樹として利用されている。農家菜園では果樹が好まれて植えられており、換金作物が概して多く見られる。ケニアに隣接したタンサニアでは Community Forestry として集落(ウジヤマ Ujama)を核としたタウンヤ法がよく見られ、樹木には燃材が活用されている。よく植栽されている樹種として、Cassia siamea, Azadnachta indica, Eucalyptus spp などである。一般農民は雨季に入ると耕作可能な場所に素早く畝を作り、トウモロコシ、豆、カボチャなどの種子を播く。その後を追うよ



写真 1 9 生活エネルギー用の薪運びは女性の重労働の一つでもある (ムエンベ、タンザニア)

うにしてユーカリの苗木を植栽する。この間の数年間は作物の収穫は可能であるが、5~6年もすれは樹冠はうっ閉して林内への光が通らなくなるため自然に農地は减少することになる。もともと植林地域と失められている土地でも村民の生活のためには町や州でも黙認することが多いようである。高地では自家農園も多くみうけられる。苗畑造成による養苗と苗木の供与によって植林する場合も多く、農民が苗木を買っている姿もみられ、こうした樹木の列間にメイズを棍植し、小さな農地を有効に使おうとする意欲がみられるが、これも「一本伐ったら三本植えよ」と教えた故ニエレレ大統領の精神が今も生きているからたと言えよう。

このほかザイール、カホン、カーナなとでもタウンヤ法によるシステムが見られるか、植林そのものがこれらの国々にとっては国家事業としてよりも1人1人の生活に影響を与えるほどのインパクトを持っているだけに真剣に取組んで行く姿勢を伺い知ることができるのである。



写真20 インガの樹陰下で栽培されるカルダモン (タペロア、ブラジル)

# 3 熱帯アメリカのアグロフォレストリー

### (1) 地域の特徴

熱帯アメリカにおける森林地帯の開発が低地から進んだのはスペイン やポルトガルによる侵略と征服が始まってからのことで、それ以前はむ しろ南米を中心としたアンテス地帯で栄えた先住民インテオのインカ族 文明と農耕、その後のクアテマラからユカタン半島にかけての農耕民族 であるマヤ族の文明、さらにメキシコ高原を中心に栄えたアステカ人の 農耕文明といったように、先住民の多くは風土病や疫病が少なく気候風 土の良い高地帯で生活をしていた。これらの先住民の文明はやがて滅ぼ される運命を辿ったが、他の地域と異なってアマゾンの低地帯のみが今 日まで自然状態を取り残してきたのは生活条件が悪かったためである。 このように本地域の各国には低地のほかに丘陵地帯を含む高地台地が存 在し、両地帯がそれぞれに開発と発展を遂げていったのである。なかで も高地帯は有用作物であるコーヒーを栽培する条件に適していただけで なく、侃和な気候が人々の生佸条件を満たすものであったために、時代 とともに定住する人々が増加して一層地域開発が進んでいったといえる。 ただ、現在も熱帯高木林の 46 4%が熱帯アメリカに存在し、残りの 173 %が熱帯アジアに、363%が熱帯アフリカに残っているといわれるが、 この熱帯アメリカの森林面積の広さはアマゾン川やオリノコ川流域にま とまって残っているからであって各地にあるというものではない。南米 の西岸部のアンデスには雨量の少ない地帯があり、亜熱帯地域には草原 が拡がっているために熱帯アフリカよりも植物生産量はおおいが熱帯ア ジアにはとても及ばない。熱帯林のなかの針葉樹の大半を占めているマ ツ類がこの地域に植林されているのも特徴で、その代表種としてカリビ アマツがある。

標高による作物栽培区分が明確で、例えば低地帯ではバナナやサトウキビ畑として早くから農地化してしまい、カリブ海沿岸のジャマイカ、

ハイチ共和国、ドミニカ共和国、さらにエル・サルバドルといった国々では農地としての転用が早くから行われたために森林は殆んど消滅してしまった状况にある。また標高が高くなるにつれてカカオやコーヒーの栽培が盛んとなっただけでなく、丘陵地や平地の多くが牧場として利用されている。おまけに私有地も多いため、農耕に対する熱意も高く、生産性の向上が常に図られている。それが地域全体にアグロフォレストリー導入の素地を作り上けているともいえよう。

## (2) アグロフォレストリーの形態

この地域におけるアグロフォレストリーの形態は大きく分けて高地帯における混農林と低地帯における混牧林からなっている。もっともこの両者のいずれもが両地帯で絶対的なものではなく、適宜混っているのはもちろんである。混農林のなかでも各国の高地帯で広く行なわれているのが樹木とコーヒーの永年的組合せであり、同様に低地では樹木とカカオの組合せがみられる。低地でのパナナの大規模栽培ではあまりアクロフォレストリーの形態はとられていないが、小規模の栽培では樹木と混植されているのをよく見掛ける。一方、低地帯での混牧林は概してこれまで大規模な囲い込みと野草による飼育が主であった。しかし、最近では生垣による柵作りや牧場内の小樹林地作り、さらに果樹の導入による土壌保全と土地の多目的利用を考慮した仕方に変わりつつあるところが僅かながら増えつつある。

アクロフォレストリーの形態としてはこれまで述べてきたあらゆるものが見出される。以下に項目だけを明示しておくことにする。

1) 混農林(Agu-silviculture)… 単年作物と樹木、永年作物と庇陰樹、 その他の組合せ

農作物としてはフリフォーレスおよびその他のマメ類、メイズ、イモ類などとマメ科の樹木、コーヒー、カカオと庇陰樹、香辛作物と樹木、香辛作物とパーム類

- 11) 混牧林(Silvo-pastoial)・ 牧草や野草と樹木、牧草とマメ科樹木 の混植、牧草と果樹、放牧と生垣柵、枝葉の飼料とマメ科樹木の 組合せ、プロテイン・バンクなど
- m) 列条植栽 (Alley cropping) 作物と樹木の列条間作としてメイズとマメ科樹木、マメ類とマメ科樹木など

なお、生垣として Glu codia sepium, Erythi ma spp、カシュナッツなどがよく利用される。



写真21 クロブの幹にバニラをよじ上らせ、地面にはパチュリ (香辛 作物) を組合わせた例 (タペロア、ブラジル)

## (3)熱帯アメリカでの実態

この地域の各国はコスタリカにある CATIE での研修会や指導を通してアクロフォレストリー・システムを習得している。従って、各国とも研究レベルにしろ、実践レヘルにしろ理論的な基礎知識を少なからず持っている。そのため、それぞれの担当者が必要とするシステムを構築しうるので、他の熱帯地域に比べて実践例は多く、充実している。

コスタリカのアクロフォレストリーを述べる前に、まず、CATIEで

のアグロフォレストリーの実情を見ておくことにしよう。

元来、CATIE は中米やカリフ海沿岸諸国の小規模農家が抱えている 農業問題に対して技術面から解決するための研究、教育、普及を行なう 国際機関として発足したものである。その中でコーヒー、カカオ、果樹、



写真22 上部に森林、中部にコーヒーと樹木のアグロフォレストリー、下 部に牧場と生態系を考えた土地利用(アラフエラ、コスタリカ)

パーム類といった植物を中心とした農業のほか林業や畜産問題に取組んでいる。ところが、この両者とも地域問題として農地の劣化、収穫の保続的安定、エロージョン防止といったことが共通しており、これらに対処するため、アクロフォレストリーの導入が考えられたのである。そこでコーヒーやカカオと庇陰樹の問題、土壌保全対策、牧草と果樹や樹木との組合せ、Alley cropping、マルチパーパストリー、各業種の収益と社会経済問題など多彩なテーマでアグロフォレストリーと取組んでいる。

コスタリカ国内ではタウンヤ法としてコルティア (Cordia alliodora)、ユーカリ類、メリーナ (Gmelina arborea)、ターミナリアなどとトウモロコシ、あるいはトウモロコシとマメと樹木による一時的アグロフォレ

ストリーのほか、コーヒーやカカオと庇陰樹としてのエリセリーナあるいはインカ (Inga spp) などのマメ科樹木との組合せや果樹とハナナなどの永年的な組合せがみられる。樹木の多くはマメ科のものが積極的に利用されて空中窒素固定による土壌改良と飼料としての利点が店用されている。とくに森林を伐開して新たにコーヒー園やカカオ園を造成する際は伐期前の有用樹種はそのまま残して図-9で示されるような多層配置によるシステムか実行されている。

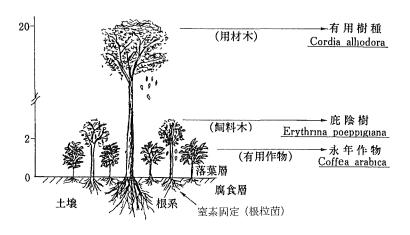


図-9 理想的な多層林型のアグロフォレストリー

畜産との組合せによる Silvo-pastoral では牧草と樹木、牧草と果樹、林内放牧などがある。また生垣柵としてはグリリセディア、エリセリーナ、ルセナなどのマメ科樹木の利用がある。

メキシコでは典型的なタウンヤ法としてトウモロコシやコーヒーとプロソピス、ルセナなどの組合せやブロシミウム (Brossmum alıcastrum)、その他の樹木を飼料木として利用しているケースがある。

グアテマラ、パナマ、ニカラグアといったコスタリカの隣接国では C

ATIE の指導を受けて多くのシステムがみられる。とくにトウモロコシ、 コーヒーその他の有用作物と庇陰樹との組合せでは数多くの樹種が利用 されているがいすれもマメ科のルセナ、エリセリーナ、カシア、クレベ リアなどとなっている。

グアテマラについてはます先住民がかなり伝統的な生活を継続しているだけにアグロフォレストリーも確実なタウンヤ法がとり上けられていて、チーク(Tectona grands)とトウモロコシの組合せがある。この国は火山国であるために農業も盛んて、食糧生産にも熱が入っている。西部の火山地帯は東部の平坦地に比べて土壌は肥氏であるが傾斜地も多く、土壌浸食や土壌の劣化がみられるだけにアクロフォレストリーに対する熱意が見出される。

ニカラグアでは南部に森林が残されているかマツの疎林も多く、土砂 流出を防ぐために伐採制限かあるので施業改善の余地は十分に存在する。 この国はカシア (Cassia siamea)、ユーカリ(Eucalyptus camaldulensis)、 ルセナなどを用いたシェルター・ヘルトも作られている。もちろん混木 林による家畜の飼育がみられるのは当然である。

ホンジュラスはアクロフォレストリーの導入が遅かった国の1つであるが、COHDEFOR(森林開発協会)が FAO の支援のもとで牧場に有用樹種である Cordia alliodora を用いたり、生垣柵、コーヒーと庇陰樹の組合せ、タウンヤ法によるチークとトウモロコシの組合せなどが行なわれている。

つぎにカリブ海諸国に目を移してみると、ジャマイカでは東部のフルーマウンテン、ジョンクロウのほか中央のコクピット地方、モントデアプロ、西部のドルフィンヘッド山に人工林があってカリビアマツが植栽されている。全体として流域管理、保全などとの関係からアグロフォレストリーが見直されている状態にある。またトリニダード・トバコでは森林の426%が国有林で105%は私有林となっている。この国有林の大部分が半落葉樹林と熱帯降雨林で、これ以外にサハンナ、スワンプ林など

がある。保護林も 12 万 ha はある。このような変化のある森林を有しているがアクロフォレストリーは約 65 年前にタウンヤ法が取入れられ野菜、マメ類の生産がチークやマホカニーとの組合せで行なわれてきただけでなく、マンクローフ林でも魚類の収穫にプラスになっているといわれている。

最後に南米の幾つかの国をのそいてみよう。カイアナには今も森林が多く存在していて、有用な商業用材も多いがアクロフォレストリーにはカリビアマツ、メリーナ、ユーカリ(E grandsfolia)、アカシア類が用いられ、土壌改良と冶山を目標としたシステムが採用されている。スリナムでは今から約20数年前にタウンヤ法が森林局によって実施され、コルディアとイネ、セドレラ(Cedrela angustsfolia)と麻、キャッサバなどが組合されたり、飼料とカリビアマツなどが取上げられている。またベネスエラでも南西部地方でチークと農作物とのタウンヤ法が行なわれている。

これまでコロンビアでは伝統的なアグロフォレストリーのシステムは 殆んどなかったが集落を単位とした地域開発を行なう目的で近年、囯の 行政組織が取上けている。例えば Bajo Calima 地方は高温多湿の熱帯雨 林帯にあって素材生産に従事している現地労務者と囯有地の労務者である地域住民とによってコルディア、アルヌス (Almus acummata) などを 庇陰樹としたコーヒー栽培が大規模に行なわれている。いわゆるコロン ビアコーヒーの生産である。同様な方法はカカオでも実践されている。 昨今はアクロフォレストリー・システムをより広く導入しようとの傾向 があり、一般化している。それにはアグロフォレストリー推進のために コロンビア大学、開発公社などが積極的に取組みつつあることからもわ かる。その一つがココナツの列植間にキャッサバを植えたり、セドロ林 の植林初期にヤムイモを植えるなどのタウンヤ法がみられるからである。エクアドルでは Agu-silviculture として森林を伐採後、火入れして裸

地化し、その跡地にトウモロコシ、大豆、イモ類の作物を耕作し、数年

後に牧草が播かれて飼料地とされる。そして地力低下が起り始めると森林に戻されるため、森林の生産量も低くなっている。また急傾斜地の森林が伐採されるとトウモロコシやジャカイモが耕作され、数年後に森林に戻すタウンヤ法や Silvo-pastoral としての林間放牧も行なわれている。畜産の盛んな囯だけに林地を利用した放牧には各種のシステムが考えられている。

ペルーは高地のアンデス地方とアマソン流域の森林地帯、そして太平 洋沿岸の低地乾燥地帯があり、多くの問題点のあることが指摘しうるが、 全般的に植林は低地帯で行なわれる。しかし総合的なアグロフォレスト リーの導入や農・畜・林各産業を組合せた放牧システムも行なわれてい る。前者では永年作物としてコーヒーが、樹木としてはインガやグリリ セディアのほかクアバなどが利用されている。

以上の概要でも明らかなように中米のアグロフォレストリーは標高の高いところと低いところで各国とも前向きの取組みが行なわれており、とくにこの成果は土壌浸食や土壌の劣化防止に見出され、下流域への影響を軽減させている。また南米でも畜産が盛んなため、Silvo-pastoralや高地での土地保全を含めたアグロフォレストリーの開発が行われねばならない状况下にある。

## 第5章 アグロフォレストリーの普及

アクロフォレストリー・システムは大規模な企業造林に比べると村落と地域を対象とした小規模なことが多い。したがって、情報の交換や技術指導が十分に行なわれる必要がある。またアクロフォレストリーは農業と林業の両分野の知識を持合せている人がもっとも好ましいが、普及には文化的活動、技術、社会経済などの知識を越えて、地方住民の生活水準を改善し、一般に利益を享受しつつ地方の発展に貢献できなければ意味がないので、この点の配慮ができる人が好ましい。

### (1) 普及の準備

もともと普及活動を行なうには地域の特徴を知るためのデーターやと のようなシステムを選択するのかの議論が必要となる。もちろん問題点 や目標については常に農民との対話を基礎に置くことが肝要で、これら を前提にして以下のことを心掛けねはならない。

- 1) 農民への普及を図る際、伝統的なアグロフォレストリー・システムの知識をどの程度普及員が持っているかを事前に知っておくこと。
- n)新しい実践方式を採用するための目的を普及員が十分理解しているかどうか検討する。
- m) 農民が必要とすることや関心を満たすための普及と実践の動機が あるかを確認する。
- w) 農民と一緒に作業しながら現場で指導する気があるか。またそれができるか。
- v) 普及かうまく軌道に乗るための場所(農場)やすでに特徴づけの明 らかな地域があるか下調べしておく。
- vn) 普及のサービスを享受できる人がいるかどうか。例えばアグロフォレストリー・システムの試行に関心を持っているかどうか。

- vii) 生活や土地生産性の改良の必要性があるかどうか。
- vm) 使用可能な土地、時間、労働力があるかどうか。

なお、普及には経済的で効果のある、持続的な生産システムの採用に 重点を置き、過大な目標は避け、準備には現実的で実行可能な計画と人 数や場所を大きくとらすに余裕のある指導をとることも必要である。

### (2) 普及に必要な組織網と選択

アクロフォレストリーの普及を行なうには種々の政府機関、プロジェクト、共同体、地域クループなどを利用することができる。その例として、①研究機関を用いた政府プロクラム、②共同組合による組織、③共同体のクループやリーター、④共同体のサービスクラブ、社会グループ、⑤各種学校と教師、⑥農業組合、⑦企業と市場、⑧金融機関などがある。そして対話を通してこれらの組織網に取り込むのである。例えは農業協同組合について考えると、組合は組合員に生産物を分配して彼らの活動を多様化するためアクロフォレストリーの実践方式の利用に深い関心を持っている。また天然資原機関ではアクロフォレストリー・システムの



写真23 農家の苗畑と苗木の保育を指導する普及員 (ムエンベ、タンザニア)

利用によって土壌と他の資源の維持ができるからである。しかし逆に普及の妨げになる機関としては、土地や財産所有に関係しているところがある。もし農民が長期的な利益を受けられないとすれはアグロフォレストリーの実践を好ましいと思わないからである。

組織網の選択にはまず、ある事務所を訪問し、メンバーの関心事や活動調査を行ない、ついでアグロフォレストリーについて説明した後、普及の目的が何処にあるかを教える。地方共同体を参加させるには農民との直接的な接触も必要であり、苗木養成のための苗畑も確保する。機関としては信用のある政府系の組織の方が安全である。

### (3) 普及戦略と活動

普及員には農業はもとより林業と畜産や社会開発に関心があり、しかも技術を学ぶ意欲を持っている人が必要である。なかでも樹木の植栽方 法や種に興味があることは応用性がきくので指導上適任といえる。

小規模の試行では、ある農家をまず直接訪問し、活動の対象を絞って おくと効果的である。保守的な農村ではパイオニアの様子を常に伺って いるのが実情だけに、先行者の選択には注意を払うことになる。途上国 の多くではこれまで造林を個人が積極的に行なっていないので、この種 の会議や討論を多くとることも戦略上大切である。また一地方や地方共 同体の参加では土地を所有する農民だけでなく、労働者なかでも子供や 女性を加えることを忘れてはならない。例外的な場所では宗教もからむ ところがある。

なお普及活動で大切なことは農作物の栽培期間は出入りが多いが、永 続的システムでは庇陰樹のみが残される期間に普及活動の停止すること が時折ある。これは次の農作物栽培のステップに過ぎないので、この期 間こそ十分な対話が必要になる。

## (4) 対話の形態

対話には情報移転の方法としての役割があるだけに普及する者の立場としては優勢的であってはならない。たとえばシステムの実践に際して採用方法を強要するといったことなく、対等の立場で農民に尊敬と友情を示し、彼らと作業を一緒にすることである。外国の役人は往々にして、立場上自ら現場で働くことを行わないため、日本の技術者が土に触れ、泥に汚れることを嫌ったり、軽蔑したりすることがあるが、技術移転や普及にはこれを欠かしてはならない。むしろ、農民はこうした姿に心ふれるものを感じるので、ぜひ実行すべきことである。つぎに対話する際にはできるだけ平易な言葉を使い、科学用語や専門語は避ける。打合せや約束事は時間を厳守し、訪問前に連絡をとることも大切である。

最初に述べたようにアグロフォレストリーは失敗することもありうるので実践した際の利益を誇張しないことが鉄則である。このほか地域の文化、習慣も知っておくことが必要であるから、むしろ普及員は地元出身者の方が適しているとすら言われるほどである。



写真24 普及員への技術研修も欠かすことは出来ない (トゥリアルバ、コスタリカ)

### (5) 普及活動

有効な普及活動を行なうためには個人または共同所有の農地または農場を直接訪問することや苗畑、見本林、展示園などを設置することも有意義である。

直接、農民や農場へ出向いて意識、情報、教育、指導を行なうにあたっては、仕事に熱心な人から訪問する。この場合、固定概念やシステムを与えるよりは暗示またはヒントを与えて論じ合う方が農民自身の問題として立上がりがよくなる。そして新しいシステムを企画するときは巾広い情報を与えておいて、そこに疑問を残さないようにする。論じ合った後は全てを整理してマニュアルを作って渡すとともに控を作って持っておく。実際に行動を始めた時は必要な道具の利用を保証してやらねばならないが、農民はアグロフォレストリーの実行に必要な程度の道具は持っているものである。記録上の書類には投資、収入額や量、設計上の問題点などを収集しておけば評価する際に役立てることができる。

農民がアグロフォレストリーを実行するとき、問題になるものに財政的な資金、物品、道具が欠けていることがある。それらを補助したり、助成することが必要な場合がある。苗木、種子、土地資本、技術者の無料サービス、道具類の準備、食糧といったものはその中でも代表的なものである。このほかの助成には銀行からの貸しつけ、土地、収入税などの非課税や割引き、あるいは免除といったものもある。

アグロフォレストリーのプロジェクトを開始するとき、苗木の無償配付は有効で、とくに果樹などは共同体の土地で取り上げられることが多い。

共同苗畑の設置に関しては多くの農民の参加のもとで設置する。集中的に大規模な苗畑を1ヵ所設けるよりは小規模な苗畑を多数設置する方がよい。場所は交通が便利で水源のあるところを選ぶといったことを念頭にして苗畑を作る。苗木の育成にあたっては樹木の名前を記した札を立てておくとともに、苗畑を常に管理する人がいなければならない。苗

木を販売したり、配付した時は誰に何本、どの種類の木を渡したか、枯 死率や成長量がどうなったかを記録できるようにしておく。

見本林や展示園についてはこれまでの技術やモデル林を設けて普及に役立てるものであるが、造成にあたっては、なるべく多くの人々を雇用し作業の習得を図る。ただ共同作業を行なうときはリーダーとなる農民を選ぶことが必要であり、その人が日頃から尊敬されていなければならない。個人の土地にモデル園を作るときは金持ちの農民は避けるべきである。何故なら、金持ちだから出来たという意識が残るからである。公開される場合は案内者または説明者を配置し、できればパンフレットもしくは説明板などを取付けておくようにする。とくにこうした場所では技術取得のための講習会や現地検討会ができるようにしておく。

講義にあたっては視聴覚教材を使うと理解がしやすい。ビデオやテープを使用すればより効果的であるが、電気のないこともあるので図や表を作っておくか黒板を利用することを考えておくとよい。

以上のほかアグロフォレストリーの意義や実践方法の普及にはマスコ ミのテレビやラジオを利用することもできる。

# 第6章 社会林業とアグロフォレストリー

アグロフォレストリーという言葉が普及し一般にも定着してきた頃に 社会林業という言葉が知られるようになってきた。社会林業は Social Forestry という言葉の日本語訳であるが、外国では古くから Community Forestry として知られていた。つまり、これは Forestry for local commumty development の意味で地域住民(主として農村地帯の)にとけ込んだ 林業活動の形態であり、ある種の林業施策である。従って、地域共同体 も含まれるが、換金作物を得るために植栽される個別の造林行為や小規 模で家内的な、あるいは地域社会の活動に使われる木材生産や加工産業 に資する程度の木材利用を認め、地域社会の産業や福祉に貢献しうる範 囲の造林や林業を如何に定着させるのかを目指すものと考える。開発途 上国の大半が生活エネルギーを木質系資源から得たり、食糧や家畜の飼 料を植物に依存している部分が多いので、これらをより効率的に生産す るために導入する手法がアグロフォレストリーである。つまり、必要な 作物や樹木の組合せによるシステムの構築と実践である。例えば薪炭材 を得るために薪炭林を造成するとしよう。計画に従って、ある土地に薪 炭材の1つである Leucaena leucocephala を植栽する。単純に Leucaena leucocephala のみを植えて薪炭林とすれば社会林業のカテゴリーに入っ てしまう。しかし、この樹種は薪炭材以外にも庇陰樹として利用できる のでこの場所に農作物も栽培すれはアグロフォレストリーの形態を示す ようになる。だからアグロフォレストリーは社会林業そのものではない ことがわかる。しかし、社会林業のなかに取入れられるアグロフォレス トリーもある訳だから両者間で混乱を生じることも事実である。従来、 わが囯で行われてきた森林を造成するという行為の多くは数十年後にそ の樹木が成熟したとき、家具や建築用材のほか、パルプ材などとして利 用するために造林してきたものであり、たとえそれが国有林であろうと 民有林であろうといずれも林業経営を目的としたものであるから産業造 林あるいは企業造林と呼ばれる。これが林業そのものの本質というべきものである。少なくとも産業とか企業とかで「業」という用語がつく以上は経済行為が常に付帯するからである。ところが、森林には治山、治水、防風、風致など公益的機能も持合せているので防災や景観上保持しておかなければならない森林もある。これは前者とは違った立場で造林するので、これを環境造林と呼ぶようになっている。つまり、造林のための投資は行なうが資金の回収や採算面の経済的背景を無視した公益事業とするものである。



写真25 半乾燥地帯での薪炭材(Acasia arabica)は形も悪く、炭化するのも容易ではない。 (カラチ、パキスタン)

社会林業が住民のための造林であり、この中で行われるアグロフォレストリーも地域を対象とした造林であって経済行為が伴わなければ単なる社会造林だし、経済行為を伴わせるならば社会林業ということになる。この造林の対象地は村落もしくは地域の共有地などである。一方、産業造林は国有地、私有地などあらゆる土地で行われるが、少なくとも社会造林よりも対象面積は広い。また環境造林では面積の大小に関係なく、

必要なところで植栽が行われ、所属は公有地もしくは囯有地ということ になる。

社会林業で利益がもたらされた場合はいずれも住民に還元されるものだけに計画策定に地域住民が参加し、事前の調査を十分に行なって地域の特性、生活レベル、文化、宗教を把握しておく点はアクロフォレストリーの場合と全く同じである。少しでも早く収入を得たい所得者層も多く加われるようにすることが望まれるだけに、まず資本を必要としないで生活を確保し、併せて現金収入も見込めるようにする点では、社会林業とアグロフォレストリーは歩調を同じくしている。

ただ少し違うのはアクロフォレストリーがあくまで農民の生活の中に 緑のある自然が保たれることであり、自然(生物)と人間との共生的な 意義を持った育林方法だといえる。つまり、これが共生造林といわれる 所以である。

社会林業の例をとりあげてみるとインドの場合、州当局もしくは住民が行なう燃料材や飼料木生産を目的とする造林のときは道路、鉄道、水路沿いなどの公有地へ帯状に植林している。州当局が住民を雇用して行なうものには燃料材、飼料木生産や土壌保全を目標に国有地の荒廃地の復旧造林として実施している。住民のみが燃材や飼料を生産するときは共有林に植栽する。しかし、農家が単独で実行している場合、目的は燃材、飼料木、果樹のほか、アグロフォレストリーを含めて農家林に植栽している。このほか土地を持たない農民については苗木を援助して社会補助金をもとにした植林が行われている。これらのことをおこなうために州の林業当局は職員に研修や造林機材を与えて機能強化を図るとともに、普及による住民への啓蒙を行なっている。それにしてもインドにおける社会林業は農山村開発、とりわけ貧しい農民の福祉向上をはかるための手段としていることは明らかで、いずれの植林も地域住民の参加を通して彼らに利益となる森林造成をめざしているものであり、単に林業労務者として住民がかかわりをもつものでないことは確かである。

タイ国の社会林業には林業村 (Forest Village) の造成がある。1つは 王室林野局による人植民を雇用するもので囯有林内に不佉占拠している 農民を入植地へ移住、定着させて、天然林の保全を図る目的で国有林へ の入植造林をさせるものである。この方法では入植者への農用地の割当 て、住居地の割当て、設置された学校へ電気や水道の供給、診療所の所 要機器の配備などがある。そして今1つの林業村は木材(林産)公社に よるもので、これが前者と違う点は木材資源造成のための造林であると いうことである。したがって人植農民によるタウンヤ式アグロフォレス トリーを実施するため、植林地の割当てがあることや住居地の割当てが あることでその他は前者と同様である。このほか土地の無い農民に対し て耕地を提供し、割当て地の20%以上の植林を入植者に義務づけてい る入植組合の植林プロジェクトがある。この場合は苗木の無償配付や農 協の農業機械の無償貸出しなどが行われている。信仰の厚いタイ人にとっ て寺院は小さな村々にあって大切にされている。よって住民が公有地、 寺院所有地、学校有地に造林を行なうことが熱心にされている。ここで は燃材、小丸太生産、村落共有林の造成などがあり、このVillage Woodlot プロシェクトを通して林野局職員の研修、公有地でのタウンヤ法に よる農耕、経済調査なども行なわれている。

ケニアにおける社会林業については肥沃な農業地帯と称することのできる面積は国土の20%で、増加する人口の食糧を賄いきれなくなっている現状から、多くの人々は農業地帯に近い半乾燥地に集まって来ており、サバンナ林という低生産性の脆弱な自然環境では年間降水量の不足もあって生産向上に困難を極めている。この地域に入植する人達のパターンはまず疎林を伐採し、開墾するのであるが、伐採木は木炭か薪にする。この売却費を元手にメイズやピジョン豆を栽培するが、これも降水量次第で収穫量が変動する。もし収入が減れば樹木を伐って炭を焼くので、疎林がより早く減少するのは無理もないことである。問題は住民のニーズに合った森林や樹林を造成し、住民の生活向上に役立つ環境を作るこ

とにあり、国家が資金、土地、技術を有していれは何ら苦慮することはないが、それでも住民の好まない土地利用や樹木を植えたのでは不満のみが残ることになる。そこで行われるのが薪炭材の造成、住宅の周辺に庇陰樹を育てたり防風林を造成して生活環境を改善するための植林、干はつ時に収入が得られるための備蓄薪炭林造成などである。そしてこれらを円滑に行なうための技術開発などがある。この国に限らずアフリカでは女性の労働力は大きく、彼女らの協力なくしては住民による造林が成立しないほどである。苗木の無料配付、モデル農家の育成はこの点普及にも役立っている。しかし、技術面、作業のスローペース、収入問題など将来に残された課題は多い。

## 第7章 アグロフォレストリーの課題と展望

古くから、熱帯地域の各地で実施されてきたアクロフォレストリーには地域の社会条件、住民の生活にとって必要な食糧生産やエネルキーを求めるために始まったものが多く、したがって農作物の種類にしても土壌条件に合ったものが選択されている。ところが新しく開拓されたところでは土壌侵食や土壌の劣悪化などの環境破壊を起こしている場所も多くなっている。そうなれば今以上に科学的なアクロフォレストリー・システムと取組まねはならなくなるであろう。例えば半乾燥地では耐旱性や耐塩性のある種、土壌のpHに対応できる自生種を見出すか、逆に外来種を導入して定着させられるのか、地域住民が欲しているものが薪炭材なのか、それとも換金できる果物の採れる果樹なのか、あるいは土壌改良に主眼を置くのかなど課題も多いので、地域ごとに課題を探り、将来展望を行ってみることにする。

## 1 地域の課題

## (1) 熱帯アジアの課題

## 1)研究分野から

熱帯アシアで実行されている農業は比較的恵まれた降水量があるために生産も良好であり、農民も永年にわたって作られてきた多様な営農体系の中で行ってきた。したがってアクロフォレストリーの発想もより有効に自然系を利用し、経済的、社会文化的条件下で推進されて来たものと思われる。しかし、多くの国々が海によって離れていたり、言葉の問題もあって必ずしも情報が十分に交換されていたとは思われない。なかんずく森林を伐開しての農業となれば決して都市周辺でもないだけに情報不足は一層のことである。そこでアクロフォレストリーの研究についてのアプロー

チとして、まず対象となる地域の農家の生活環境と社会の事情に 関する情報をうることが必要で、この基礎資料をもとにして実行 計画と実施設計を作る。実施には農作物よりも樹木の特性を十分 に理解するため苗畑での育苗観察を十分行なう。環境の異なる苗 畑での追試と普及活動を行なうことが求められる。

ここから得られる資料は古い古典的な耕作法の他に少なくとも新しい組合せによって農耕を持続させ、しかも土地の保全を図るため、多少収量上のデメリットはあっても生活の安定化が得られるようなものでなくてはならない。だから研究上の必要事項としては①立地条件に合った植物種を見出し、農作物との組合せを行った結果、どのような成果が得られたかのデータを集めてマニュアルを作ること ②地域に合った組合せを見出すこと ③社会経済と環境にどう対処できたかなどについて明らかにする。①については場所と植物生態上の立場から見て、どの種が組合せ上良いのかを調査し、記録するのである。また③では得られた組合せが生態的にうまく組合されていても社会経済的に見てうまく収益が認められるか、また土壌面や環境面に改善の余地があったか、あるいはどんな点により改善の余地がのこされているかを確かめる必要がある。

アジア各国には大学や試験機関が設けられているので相互に連絡をとり、例えばわが国とタイ、イントネシアの各国が協力し合ったプロジェクトの如く、相互の研究機関が情報と技術の交換を行えは問題も早く解けるのではないだろうか。アクロフォレストリーは従来の農業や林業といった単独の分野から前進したものだけに複数の専門的知識を持寄らねはならないので、より交流を保める必要がある。

#### 11)普及の立場から

一時的な組合せによるタウンヤ法であれはその場所はいすれ森

林になる訳だから林学的知識が豊富にある人が有利であるが、短期的なときはむしろ農学的知識を多く持合せている人の方が普及員として適していよう。しかしいすれの場合も意志の疎通を図る上て正しい態度と技能を持っていなけれはならない。どちらかというと保守的な農民に新しい技術を教え込むのだから普及員に自信と指導力が要求される。とくにアクロフォレストリーの真の意義を相手に理解させることが大切である。

この地域に多い私有の土地を持たない農民にとってアグロフォレストリーが何より自分達にとって有利なものであることを認識させることこそ、活動の大きな励みを与えることとなる。

#### m) 土地保有について

タウンヤ法でみられるように一時的にしろ農耕ができることは何よりであるが、樹木の保育を彼らにゆだねるのであれば樹木の伐期にも何らかの収入を得たいと望むであろう。たとえ不佉であっても土地を占拠している農民を立退かせるだけでは不満が残るので、労働に対する長期的な契約か、土地の所有権を認めるなど行政的な改革が必要なこともあると思われる。農民にとってのメリットとしては、その土地から得られた農作物を流通経路に乗せられるようにする、送料を安くして利益のあがるようにする、苗木の供給を考える、生佸のためのインフラを用意するなどのことも土地問題とともに考えねはならないことと思われる。

#### w) 集水域の課題について

上流での森林減少が下流域の国々に被害をもたらせているのは ガンジス川やインダス川のみでなく、中国の黄河も下流への土砂 流出で問題を起こしている。いずれも上流で耕作地が増し、家畜 が増え、燃材を求める人達があらゆるところの雑木を求めて伐る からである。これが水保全や土壌保全上に問題を起こしている。 これらの場所にアグロフォレストリーを導入してこそ、集水域の

— 99 —

保全が可能となる。環境保全の役割りこそこの地域の課題として 必要であろう。

### v) 移動焼畑耕作について

アジア地域における焼畑耕作は各国で認められ、熱帯林のみならす亜熱帯林の典地の山岳地帯でも行われているため土壌の劣化と俏失に大きな影響を与えている。その面積は7500万 ha にも及ぶとされている程である。推定約3000万人の焼畑農民にとっては生活そのもののために焼畑を行っているものであり、環境問題を意識してはいない。したがって移動耕作の持つ悪影響について改善させる方法を周知させるとともに対策を与える必要がある。その方法として樹木を一部残すこと、部分的に早成樹種を植え回復を早めること、休閑期を長くするなどが考えられる。



写真26 広大な焼畑跡地にはイネ科の植物のみが繁茂して樹木の2次 再生林すら出来ない (バンキ、ラオス)

一方、伐採跡地の荒廃地の多くがチガヤ類による二次草地となっている。これらは伐採後、早期に造林しなかったり、火入れを行っ

てきたからである。これらの土地にはアグロフォレストリーを定着させることによって地表植生を変えることも考えねばならない。 恐らく既に草地化したところを農地もしくは林地に転換するには 非常な困難と経費がかかるので国家事業として多額の援助も要す るであろう。

何はともあれ、湿潤地帯であり人口が多いことと、開発の進行 が早いことから森林資源の消失が早く、多くの問題を残している 地域である。

### (2)熱帯アフリカの課題

## 1) 研究分野から

熱帯アフリカにおけるアグロフォレストリーの一番の問題は半 乾燥地を如何に林地とするか、あるいは当面住民が必要とする燃 材をいかにして供給できるようにするかである。つまり①半乾燥 地でのアグロフォレストリーとして樹種の選択、②遊牧されてい る家畜の飼料をどう供給できるようにするのか、③飼料生産のた めのシルボ・パストラルの確立、④防風林の設立による農業生産 地の増大、⑤耐塩性樹種との組合せによるアグロフォレストリー の確立など数多くの課題がある。

熱帯アシアのアグロフォレストリーが焼畑移動耕作に問題があるとすれば、ここでは将来の森林をめざすことよりも明日の燃料をどこに求めるかの方が大切であるだけに住民との関わりの多い社会林業や村落林業についての対応がむしろ緊急課題である。

## 11) 普及について

アフリカ大陸は広いのでどのあたりまでアクロフォレストリーの普及が可能なのかを検討すべきであるが、ケニアには ICRAF があり、資料や情報収集は容易である。数多くの国の代表者がここでトレーニングを受け、国内事情に合った指導やガイダンスを

作ることもできるであろう。すでに述へた普及のあり方で示したように住民とのコミュニケーションの大切さが強調されるところである。アフリカ各国でアグロフォレストリーを実施する際に多くの農民が果樹の導入を希望しているかこれは自家用の食品として使えるだけでなく販売して現金収入か得られるからである。日毎に近代文化が浸透する傾向にあるアフリカの国々にとって、収入増大による生活の安定化か求められているだけに一次産業を中心とする農村地帯にとってアクロフォレストリーの普及は極めて重要と考えられている。

### m) 家畜の遊牧について

中近東からアフリカにかけての広い地域で農民が多数の家畜を 連れて遊牧しているが、年々その頭数が増えており、乾季には少 ない植生を求めて多くの家畜が動き回っている。アフリカでは植 林しても諸経費の70%ほどを家畜の侵入防止のための柵代に費や



写真27 アグロフォレストリーの拠点となっている ICRAF (ナイロビ、ケニア)

さねはならないという状態にあり、この種の問題は地域課題の1つとなっている。植林された木の周囲を有刺アカシアの枝で囲んだり柵を設けるなど、少なくとも数年間は家畜の侵入防止にやっきにならざるを得ないというのが現場からの声である。遊牧民に対して、アクロフォレストリーの意義を知らせることも重要である。

### (3)熱帯アメリカの課題

### 1)研究分野から

アグロフォレストリーに関心が持たれるようになってからこの 概念が一層多様化し、工夫がみられるようになっている。この地 域でのコーヒー、カカオ、バナナなどの栽培は地形と環境をうま く利用しているだけにアクロフォレストリーの重要性が認識され ている。なかでもコーヒー栽培はこの地域で標高の高い 1000~ 1500m附近で行われているだけに単純に農業に踏み留まらず、治 山、冶水にまで影響することが多いと思われる。現在、アグロフォ レストリーに関する研究は CATIE で有用作物、冶山、冶水、畜 産、土壌、病虫害、樹木などそれぞれの立場からの基礎研究と応 用研究が行われている。そしてこれらを組合せたアグロフォレス トリーとしての役割りも独自のセクションで研究されている。概 して多目的利用樹木、倱作自家農園、果樹、かん木との組合せに 主眼を置いて研究が進められている。これらは小農家を対象とし たものだけに価値があると考えられる。問題は成長の遅い有用樹 種をどう組込むかである。例えは従来は有用樹のローレルやセド ロなどは森林の伐開時に伐期に達していなけれは残存させる方法 をとっていたが、今後はどうするのか検討することも必要になる。 一般にアグロフォレストリーのシステムは単純で手間のかからな いようにしなけれは農民は追従しない。



写真28 ラテン・アメリカにおけるアグロフォレストリーの先端研究 を行っている CATIE (トリアルバ、コスタリカ)

今後、土壌の保全や改善を考えるとマメ科樹木が一層多用されると思われるので肥料木としての研究推進を図らねばならない。

### 11) 普及戦略について

普及の努力はアグロフォレストリーのような小農家を対象としたものの場合、とくに重要であることが CATIE では認識されていて、年間 60 回以上の農・林・水産各部門の研修が行われている。アグロフォレストリーについては JICA のコース、GTZ のコース CATIE のコースなど年間 6 本ほど対象レベルを変えて行われてきた。かつて実施されていた JICA の第3国研修は大学レベルでの研究と普及が中心であるが希望者は極めて多く、人選に苦慮していたほどである。

経済的な支援として苗木の配布や森林破壊を減じる補助金制度 も一部で考えられるようであるが実現していない。しかし、将来 の構想として課題は残るものの、牧草、樹木、作物の結びつきな どの説明に視聴覚教材を利用する等の試みが生まれている。

### m) 畜産とのかかわり

ラテン・アメリカの畜産は低地から高山帯までの広範囲に拡っており、殆んどの森林地帯の開発はこのためだと指摘されているほど盛んである。植生の脆弱な地域で畜産が営まれると地表植生がはぎ取られてエロージョンを起し、最悪の事態が生じるが比較的降雨量の多い地方は牧草が茂るので、前者ほどのタメージは生じないと思われる。しかし、単位あたりの面積に放たれる頭数が増せば牧草の生産量を上廻る収奪が起るのと、地表流や土壌の流出も決して無視することはできない。とくに傾斜地ではこの種のダメージを生じることになる。したがってシルボ・パストラルについては今後検討しなければならない問題点の一つだということができる。

アフリカと違ってラテン・アメリカの畜産はいずれも牧場の中で管理されているだけに牧場経営者にアグロフォレストリーの意義を十分説明し、理解させることが必要で、農耕を営む人達とは違った感覚での対応が求められねばならない。

## 2 アグロフォレストリーの展望

各国の経済発展が進み、世界の人口が増加するにつれて地球上の資源の急速な減少と環境の悪化を各国相互間で気付いたのは 20 世紀の後半であった。なかでも熱帯林の減少の著しいことは環境問題、とくに二酸化炭素の増加による地球の温暖化問題とも絡んで早急に解決しなければならない課題だと指摘され始めてから実に久しい。このため、例えば、植物資源の消費を押さえた地球環境に優しい生活をと叫ばれて再生紙利用や使い捨ての木材資源の再利用を行なおうとしてはいるが、森林破壊や減少阻止に成果がみられるのはほど遠いことのようである。これは先

— 105 —

進国だけでなく世界中の人間が木材の消費量を抑える方向に協力しあえ る状况にはないからである。すなわち、今日でもなお依然として生活エ ネルギーを木質系燃料に頼らねばならない人達が多く、また、生活の向 上を目指している途上国や人口増加の傾向が強い国々で紙の消費量が飛 躍的に増加しているからである。食料についても同様に、食文化が向上 し、消費量も多くなる傾向にある。主食はもとよりタンパク質源として の肉を多く摂取する人が増えているだけに畜産が减ることはなくとと 考えていくと、将来、地球上のどこから資源を得るのか改めて考えざる をえなくなるのである。これは決して食糧だけでなく、生活資材も絶え ず必要とするからである。つまり、今後は現在より一層土地の合理的利 用が求められるはずである。こうしたことから総合的に判断すると土地 利用の有効性や合理性が思慮されることなく過ごせるはずはないのであ る。その一手法としてのアクロフォレストリーの導入は同一土地上にお いて農業や畜産業に林業を複合して利用できるものだけに今後一層注目 されなければならない方法だと言うことが出来るであろう。ただ、これ は伝統的手法としてこれまで取り入れられてきただけに、そのままでは 問題や課題も多いのである。科学的根拠から理論が確立されれば技術改 善も自ずから起こってくるであろう。さらに新しいシステムの開発も問 題なく解决できるであろう。

従来、熱帯の各国では大地主や大資本家が全ての産業を取り仕切ってきたのであるが、アグロフォレストリーは小規模な農家や小資本家が自立して行くために欠かせない自衛の手法として自らが開発して行かねばならない分野でもある。

# 別表-1 アグロフォレストリーに利用されている 主要な樹種と農作物

Tree species	Utilization of trees	Crops
1 The Philippines  Cocos nucifei a  Leucaena leucocephala	Fruits Fuel	Lycopersicum esculentum Oryza sativa Pamcum sp Saccharum officinarum Sorghum bicolor
2 Indonesia Agathis lorantifolia Leucaena leucocephala Pinus merkusii Tectona grandis	Timbei Fuel Pulp Timbei	Arachis hypoqaea Glycine max Ipomoea batatas Manihot esaulenta Nicotiana tabacum Oryza sativa Piper nigrum Zea mays
3 Thailand Albizia falcata Alstonia maci ophylla Cocos nucifei a Eucalyptus camaldulensis E citi iodoi a E degliipta E i obusta Litsea gi andis Paikia javanica Swietenia maci ophylla Tectona gi andis	Pulp Timbei Fiuits Pulp Pulp Pulp Timbei Timbei Timbei Timbei	Capsicum annuum Gossypum spp Oiyza sativa Phaseolus spp Zea mays
4 Mexico Diospyros conazofti Diospyros rosei Leucaena esculenta Puthecellobium dulce Prosopis juliflora	Foddei Fuel, Shade Oinamental Timbei	Zea mays
5 Guatemala  Cassia spectabilis  Eiythi ina spp Gliricidia sepium Grevillea robusta Dyphysa robinoides Leucaena leucocephala Inga spp Pinus spp Pithecellobium saman	Timbei Shade, Foddei Shade, Fuel, Timbei Timbei, Fuel Shade Shade Shade, Soil improving Timbei Timbei	Coffea arabica Solanum tuberosum Theobroma cacao Triticum spp Zea mays

Shade

Sambucus mexicana

6 Honduras

Tectona grandis Timbei Zea mays

7 Nicaragua

Fuel Gossypium hii sutum Cassia siamea Fuel, Shade

Eucalyptus camaldulensis Leucaena leucocephala Fuel

8 Surmam

Cedrela angustifolia Timbei Manihot esculenta

Cordia alliodora Timber Musa spp Oryza sativa

9 Trinidad

Cedrela odorata Timber Cordia alliodora Timber

Shade Erythi ina glauca Inga spp Fodder Timber Swietenia macrophylla Shade

10 Costa Rica

Tabebuta pentaphylla

Artocarpus incisa Fruit

Oil, Fruit Bacti is gasipase Bromelia pinguin Fruit Cocos nucifera Oil, Fruit Cordia alliodora Timbei Timber

Cupi essus lusitanica Elaeis guineensis Oil E oleifera

Erythrina glauca E globocalyx

E peoppigiana Shade Tımber E vei tei oana

Timber Eucalyptus deglupta

Ficus goldmanıı F pertusa

Gliricidia sepium Fodder Salıx humboldtıana Timber Swietenia humilis Timber Tımbeı Tectona grandis

Yucca elefantipes

11 Ecuador

Alnus acummata Tımbei Timber Juglans spp

12 Colombia

Cedrela odorata Tımbei

Ornamental

Theobroma cacao

Coffea arabica Corrandrum sativum Cucumis sativum Cucin bita maxima Manthot esculenta

Musa λ paradisiaca Phaseolus vulgaris Saccharum officinarum

Sechum edule Theobi oma cacao Zea mays

Annual or perennial crops, grazing and fodder species

- 108 -

13 Central America, Caribbean and South

Andna mennis Coffea arabica Artocarpus integrifolia Fruit Theobroma cacao

Brosimum alicastrum Foddei

B galactodendron

Cocos nucifera Fruit

Dendropanav arboreum

Erythrina spp Shade Ficus spp Shade

Guarea trichiliodes

Guazuma ulmifolia Timbei Inga spp Timber Leucaena leucocephala Fuel

Pithecellobium dulce Ornamental

P jn inga
P lobatum Fruit
Timbol

P saman Timbei Prosopis chilensis

P juliflora Timbei
P tamarugo Fruit
Psidium guajaya Fruit

14 Biazil(States of Amazon and Paia)

Bacti is gasipaes

Beitholetita excelsa
Beitholetita excelsa
Biusei a simai ouba

Hedge

Musa x par adisiaca
Ricinus communis
Theobi oma cacao

Colubi ma spp Vegetables

Erythi ina poeppigiana Shade

Spondias purpurea Fiuit

15 And regions of South America

Prosopis chilensis Fruit Varied crops

16 East Africa

Grevillea robusta
Olea hochstetter:
Timber

Pinus patula
Timber

Pinus patula Timbei
Podocarpus milanjianus Timbei
P usambarensis Timbei

17 Arid regions Sahel

Adansonia digitata Multipurpose

other non-exotic fruit trees

Lannea acıda Fıut
Parkıa bıglobosa Frut
Tamarındus ındıca Fıut
Vıtellarıa paradova Frut

18 Northern Chile and Africa

Acacia cyanophylla Foddei Grevillea 1 obusta Shade 19 Cameroon

Albizia gummifera Fuel, Shade Coffea canephora A Malacocai pa Fuel, Shade Theobi oma cacao

A sygia Fuel Bombay spp Tımbeı Cassia nodosa Fuel Fuel C siamea C spectabillis Fuel Shade Ceiba pentandia

Deguelia microphylla

Distemonanthus benthamianus

Ficus voegliana Inga edulis Fuel I sessilis Fuel I striata Fuel I tropica Fuel I vera

Leucaena leucocephala Musanga cecropioides Several mimosaceae

20 Gabon

Theobroma cacao Termmalia superba Fuel Triplochiton scleroxylon Tımbeı

Fuel

Fuel

21 Nigeria

Entandrophragma angolense Tımbeı Dioscorea spp E cylindi icum Timber Manthot esculenta E utile Timbei Zea mays

Gmelina ai boi ea Timbei, Pulp Khava ivoi ensis Timbei Lovoa trichilioides Timbei Nauclea diderrichii Tımbeı Timbei Tectona grandis Terminalia ivoi ensis Fuel, Shade

22 Kenya

Acrocarpus fraximfolius Shade Brassica oleracea Tımbeı Camellia sinensis Daucus carota Cupressus lusitanica Pulp Solanum tuberosum

Tımbeı

Timber, Pulp Pinus patula Zea mays

P 1 adiata

Zea mays Cupressus lusitanica Pulp

24 Zane

Rwanda

23

Terminalia ivoi ensis Timber Musa x paradisiaca Theobroma cacao Timbei T superba

別表-2 アグロフォレストリーに利用されている 主要作物

	Local name	Scientific name	Annual rainfall (mm)	Planting A.S.L. (m)	limitation Min.Temp. (°C)
1	穀 類 Maize Finger millet Sorghum	Zea mays Eleusme coracana Sorghum bicolor	700—1,300 400— 700 400— 500	1,600 1,700 1,300	12 13 16
2	塊茎類 Potato Sweet potato Yam Taio Cassava	Solanum tuberosum Ipomoea batatas Dioscorea spp Colocasia spp Manihot esaulenta	500-1,200 900-1,000 1,300-1,600 1,500-1,600 500-1,300	2,000 1,500 1,300 1,200 1,000	10 15 16 17 18
3	マメ頬 Mung bean Cowpea Pigeonpea	Viqna radiata Viqna unquiculata Cajanus cajan	400-1,000 400- 900 400- 700	1,500 1,400 1,100	15 15 18
4	由糧作物 Soya bean Rape seed Peanut Sesame	Glycine max Brassica campestris Arachis hypogaea Sesamum indicum	700-1,200 400- 600 600- 800 500-1,300	1,700 1,200 900 700	13 14 19 19
5	果 物 Pineapple Banana Papaya	Ananas comosus Musa spp Carica papaya	1,200-1,400 1,500-1,700 800-1,400	1,500 1,500 1,200	15 15 16
6	嗜好料 Coffee Cacao	Coffea spp Teobroma cacao	1,000—1,400 1,600—1,700	1,800 400	12 20
7	香辛料 Tuimeric Gingei Peppei Clove Cinnamon	Curcuma longa Zingiber officinale Piper nigrum Syzygrum aromaticum Cumamomum zeylanicum	1,300-1,500 1,400-1,600 1,500-1,600 800-1,000 1,400-1,500	1,200 1,100 900 700 600	16 17 18 19
8	繊維料 Sızal Kapok	Agave sisalana Ceiba petandra	700—1,100 700—1,000	1,200 300	17 20

(PKR Nair, 1980による)

別表-3 アグロフォレストリーに適した主要な マメ科樹種の環境

	<b>A</b> *	В	С	Dry season (month)	Rainfall (mm)
Acacıa albıda	3*	1	3	7 — 9	250-1100
A aun iculifoi mis	1	2	3	4 - 6	1300-1800
A catechu	1	2	3	6 - 8	500-1500
A mangium	1	1	1	3 - 4	900-2000
A melanoxilon	2	2	3	2 - 3	1000 - 2000
A nilotica	1	1	2	6 — 9	200-1400
A salıgna	1	2	1	6 — 8	600 - 1200
A senegal	1	2	1	6 - 8	200-5000
A tortilis	1	2	3	6 - 8	100- 300
Albızıa falcata	3	1	1	0 - 2	2000-4000
A lebbek	3	1	1	2 - 4	500-1500
Callıandı a calothyı us	3	3	1	2 - 4	1000-3000
Cassia siamea	1	2	2	4 - 6	650-1500
C spectabilis	1	2	3	5 — 8	600 - 1000
Dalbergia sisso	2	2	3	5 - 6	500-4000
Erythi ina bei tei oana	3	1	1	3 - 4	800 - 1200
E poeppigiana	3	1	1	3 - 4	1000 - 3000
Glu icidia sepium	1	2	2	4 - 6	800 - 2300
Leucaena leucocephala	1	2	1	2 - 4	600 - 1700
Parkinsonia aculeata	1	2	3	6 - 8	250- 800
Prosopis chilensis	3	2	1	8 - 10	200- 600
Samanea saman	2	1	3	2 - 4	800-3000
Sesbama sesban	3	3	2	4 - 6	400 - 1000
S grandıflora	3	2	1	0 - 3	1000-2000
Tamaı ındus ındıca	3	2	1	9 - 10	200-1400

Note: A Fuelwood or charcoal, B Shade, C Fodder

Number in colum 1 Superior, 2 Ordinary, 3 Inferior

別表-4 多目的樹種のバイオマス生産量 (乾重量 Kg/ha/yr)

囯 名	土地利用	樹 種	1 次生産量(ネッ	ト) 報告者
マレイシア	植栽	Acacia mangium	18,000	Lim(1985)
(サラワク)	植栽	同上	15,500~18,300	Tsai & Hazah(1985)
フィリピン	植栽	Albīzīa falcata	11,300	Kawahara et al (1981)
フィリピン	植栽	Gmelma arborea	12,700	Kawahara et al (1981)
ハワイ	植栽	Leucaena leucocephala		Pound & Cano(1983)
各囯	植栽	L leucocephala	40,000~80,000	Biewbakei (1987)
コスタリカ	生垣	Callı Calothyı sus	4,390	Baggio & Heuveldiop(1984)
コスタリカ	上 促農	Erythi ma poeppigiana		Russo & Budowski(1986)
コスタリカ	<b>混農</b>	Cordia alliodora	9,720	Alpizai et al (1986,'88)
-717 774	<b>混農</b>	C alliodora+カカオ	16,360	同上
	<b>混農</b>			同上
	化展 促農	Erythi ina poeppigiana	8,710	同上
コロンヒア	化展 混農	E poeppigiana+カカオ コーヒーと日陰樹	15,740	
メキシコ	化层 倱農	コーヒーと Inga spp	4,600~13,000	Bornemisza(1982)
メキシコ		コーヒーと <i>Inga</i> spp 同上とハナナ	8,400~ 9,500	Jimenez & Maitines(1979)
ノインコ	混農	国上とハソソ	10,250	同上
准半湿潤(類似)地				
ナイシェリア	生垣	Cassia siamea	7,390	Yamoahetal (1986b)
/ 1 4 / /	生垣	Flemingia congesta	2,370	同上
	生垣	Glu icidia sepium	5,410	同上
	生垣	同上	4,770	Sumberg(1986)
	生垣	同上	3,000~ 4,500	Bahıru Duguma et al (1988)
	生垣	Leucaena leucocephala		Kang et al (1985)
	生垣	同上	8,000~16,000	Bahiru Duguma et al (1988)
	生垣	Sesbania grandiflora	1,000~ 3,500	同上
	7-24	sessuma granantora	1,000 - 3,300	PJ_L
半虚潤(類似)地				
スリランカ	生垣	Leucaena leucocephala	2,800	Weerakoon(1983)
		•	,	( - 1 - 1 )
半湿潤地				
インド	植栽	同上	38,200	Mishia et al (1986)
各 国	植栽	同上	10,000~25,000	Pound & Cano(1983)
사 . 그는 데 베 나				
乾・半湿潤地 インド	4± +1\	D 1.0	****	~
1 / 1	植栽	Prosopis juliflora	30,000	Gurumurti(1984)
乾燥地				
アメリカ	森林	同上	3,700	Dundal et al (1092)
7 7 7 74	<i>ለ</i> ማላ ባለጉ	PJ -1-	3,700	Rundel et al (1982)
乾燥地、地表水あり	)			
アメリカ	森林	同上	4,000	Virginia(1986)
	Alete Li	• •	,,000	(1700)
乾燥地、催水				
アメリカ	植栽	Prosopis spp 4種	7,000~14,500	Felker et al (1983)
				\ \ /

## 参考図書(一般書物)

岩佐俊吉(1974) 熱帯の有用作物 熱帯農業研究センター 熱帯農業研究センター(1977) 熱帯の有用樹種 熱帯林業協会 H O Mongi, P A Huxley(1979) Soil Research in Agroforestry ICRAF P K R Nan(1980) Agroforestory Species ICRAF

GTZ(1981) Agroforestry G T Z

JICA(1983) アクロフォレストリー計画基準手引書 J I C A

CATIE(1986) Systemas Agroforestales CATIE

GTZ(1987) Advances in Agroforestry Research GTZ

D Rocheleau, F Weber, A Field Juma(1988) Agroforestry in Dryland

Africa ICRAF

内村悦三ほか(1988) アグロフォレストリー 熱研集報No.52 熱帯農業研究センター

PKR Nau(1989) Agroforestry Systems in the Tropics ICRAF

石 弘之 (1989) 地球生態系の危機 ちくまライフラリー

FAO 編集 (1989)土地利用管理の改善とアグロフォレストリーアジア・太平洋地域 FAO

環境庁長官監房総務課編集(1990)地球環境キーワード辞典 中央法規

A Young (1990) Agroforestry for Soil Conservation C・A・B 内村悦三 (1991) 熱帯林のすがた 研成社

Zhu Zhaochua, Cai Mantang, Wang Shiji, Jiang Youya(1991)

Agroforestry shystem in China The Chinese

Academy of Forestry & IDRC

H W Fassbendei(1993)Modelos Edafologicos de Sistemas Agiofoiestales GTZ y CATIE

### 著者略歷

1932 年 京都生まれ

1956年 京都大学農学部・林学科卒業、

1956年~1962年 同大学農学部・助手

1962年~1973年 熊本県林業研究指導所・研究部・主任研究員

1973年~1990年 農林省林業試験場(現・森林総合研究所)関西支場

・造林研究室・主任研究官、木場・育種第3研究室 長、毎外林業調査科長等(この間、1975~1977 年 フイリピン国立林産研究所・客員研究員、同国立 林業試験場・研究顧問、1987~1989 年在コスタリカ

国際研究機関・熱帯農業研究教育センター (CATIE)

研究教授)

1990年~1996年 大阪市立大学理学部・教授、同附属植物園・園長

1996年~1999年 (社)日本林業技術協会・技術指導役

1997年~1999年 全日本竹産業連合会・会長

1997年~ 竹資源活用フォーラム・代表

その他、現在、地球環境 100 人委員会・委員、竹

文化振興協会・常任理事他

### 1 主要な著書(単行木)

クヌギの造林(1971)熊本県特産シリーズNo 5 熊本県

熱帯林のすがた(1991)研成社

熱帯のアグロフォレストリー(1992)国際緑化推進センター

竹への招待 - その不思議な生態 - (1994)研成社

#### 2 主要な著書(分担執筆)

森ーそのしくみとはたらきー(1974)共立出版

林業技術者のための「肥料ハントフック」(1979)創文

竹と建築-空間演出のバイプレイヤー(1986)

INAX ブックレット Vol 6,No 4

東南アジアの植物と農林業(1989)日本学術振興会

植物遺伝資源集成(1989)講談社

図説 樹木学(1993)朝倉書店

建築学用語辞典(1993)朝倉書店

植物の世界№121 (1996) 朝日新聞社

森林の百科辞典(1996)講談社

和風建築と竹-造成と意匠-(1997)学芸出版社

熱帯樹種の造林特性 第3巻(1997)国際緑化推進センター

自然保護ハンドブック(1997)朝倉書店

竹炭・竹酢夜の利用事典(1999)創森社

## 実践的アグロフォレストリー・システム

平成 12 年 3 月 20 日

著 者 内村 悦三

編 集 (財)国際緑化推進センター 発 行

〒112-0004 東京都文京区後楽 1-7-12 (林友ビル)

TEL 03-5689-3450 FAX 03-3689-3360

FAX 03-3689-336

印 刷 ヨシダ印刷株式会社

〒124-0022 東京都葛飾区奥戸 4-21-4