

(4) 農業振興の一助としての小規模工業

(抄訳)

1. はじめに
2. 小規模工業
3. 薪
4. 木炭
5. 木質燃料
6. 製材業
7. プライウッド (略)
8. ファイバーボード (略)
9. チップボード (略)
10. 木彫 (略)
11. プレカット建材 (略)
12. マッチ工業 (略)
13. 家具製造業 (略)
14. 紙およびパルプ (略)

1. はじめに

ケニアは鉱物資源のない農業国である。このため、人々の生活は再生可能な資源に依存しなければならないが、この中でも、とくに林産資源は個別的、地域的な所得源として全ケニア人の生活に深くかかわっている。それ故、林業の振興は、ケニアの社会、経済発展にとって、きってもきれない強い関係をもっているといえよう。

この報告は、この林業振興の一助としての小規模工業の役割を明らかにしようとした。振興という言葉は相対的な表現であるが、いろいろの角度から検討して、人々の生活水準を高めるということである。個人所得が高まれば高まるほど、生活水準が高まり、逆もまた同じである。政府が振興を意図する場合、その対象は主として低所得階層である。これらの低所得階層は食糧を第1とし、林産物は二の次とせざるをえない階層である。貧困の克服、このすべての発展のための大きな課題は、ケニアにおいては、木材産業、木材工業の貢献なしには決して達成されないといえよう。

小規模木材工業の一つの大きな特徴は、林産物がかさばることのために、それは多く農村地域に立地していることである。農村地域には全人口の90%が居住しているので、そこへの小規模木材工業の立地は雇用を創出し、その他の社会的施設を整備することにより、地域社会の発展にとってきわめて好都合である。すべての政府施策が農村開発を優先させているのもこのた

めである。この点で、木材工業による地域林業振興は農村地域開発のきわめて重要な起爆剤である。

国内総生産に占める木材工業の公式の貢献度はかなり小さい。統計によれば、全体で872.61百万ポンドの総生産額のうち林業は4.76百万ポンド、すなわち、林業は全体の0.55%にすぎない。しかしこれは十分な表現とはいえない。林産物の一つの特徴は、その大部分が非商業的部門であって、このことが消費量の把握を混乱させていることである。「1979年統計要覧」では林業は5.87百万ポンドであり、これは全体の41.21百万ポンドに対し、14.2%を占める。

国内産物が類似産物の輸入を押え、これによって開発のために必要な外貨を節約していることを評価すれば、林業振興は全体の経済成長に対し非常に大きな貢献をしていることになる。反対に、代替資源もなく、木材工業も欠如した国においては、いかなる開発努力もことごとく失敗し、貧困をもたらすことが避け得ないであろう。

2. 小規模工業

ケニアは580,369 km²の国土面積に15百万人の人口を有するが、公式に林業目的に供される地域は約3%である。信託地(Trust Land)と私有地が林業経営に可能だとしても、気象条件からして、木材工業を支える森林は全体の3分の1以下である。以上の数字からして、ケニアにおける木材工業は世界的基準に照らして、きわめて小さいことは明らかである。ある調査、分析は、木材工業が林業振興の一助であるとの位置づけ、見透しを与えている。

3. 薪(Fuelwood)

農村地域の100%に近い人々がエネルギーを薪に依存している。エネルギーはすべての開発にとってきわめて重要であって、産業上、薪の役割を強調しすぎることはない。薪は、農村地域を中心として炊事、暖房のために推定約15百万トンが消費されている。病院、学校、刑務所などの公共施設も薪に大きく依存している。このほか、タバコ、茶工場、ライム生産、東アフリカ産業(East African Industries)など開発促進のための産業も、薪に依存している。現在のところ石油を使用している他の産業も、薪に依存している。現在のところ石油を使用している他の産業も、石油価格の高騰にしたがって、代替品としての薪を求めることになる。

薪材林育成に適した土地に限りがあるため、薪は十分ではないが、利用の効率化を進めることによって、発展への貢献を続行できよう。薪消費の一つの特徴は、それが再生可能な資源であるとはいえ、とくに農村地域において消滅の過程をとってきたことである。しかし、エネルギー危険が一部の地域で認識されはじめ、このための資源保続への努力が、ようやく注目されはじめたのは、ごく最近のことである。少なくとも、森林として公示されている地域においては若干の薪材林植林がはじめられつつある。現在12,220 haの面積があるが、これは薪の需要量に対し極端に小さい面積である。

薪材林の造成、維持、収穫、流通は労働集約的である。薪産業はとくに農村地域住民に対し資材を供給し、波及的効果を及ぼし、住民所得の向上に資しているのので、その衰退による衝撃は容易に予知できることである。薪は非常に多くの人々にとって不可欠の物資であり、それなしには、社会的、経済的、発展はもとより、政治的発展さえも得られないであろう。

4. 木炭

林業振興に果す木炭業の貢献は薪の場合と同様である。しかし木炭の場合は、生産は迂回的であるが、エネルギー目的に使用するには輸送しやすく、便利な材料である。木炭のない都市部では、灯用石油、ガス、電気が代替されることになるが、大部分の住民はそれを得るのが困難であるため、燃焼の際煙の出ない木炭は都市部において幅広い用途がある。木炭は、炊事用のほか、その吸着性を活用した利用ができる。林業振興に貢献できる小規模工業があるとすれば、それは正に製炭業である。我が国の製炭業には大きなものはなく、材料のかさばりのため、小規模製炭業が今後も引き続きその役割を演ずることであろう。個人の製炭者は官許によって製炭を行っているが、これらの官許を保た製炭者は非常に多くの人々を雇用している。この仕事は労働集約的であって、生活の苦しい農村地域の雇用の創出に非常に貢献している。製炭業による所得と雇用機会の供給は、林業振興の重要な一助となっている。木炭のもう一つの意味は、都市地域における低所得者にとってとくに重要な物資であることである。これらの都市低所得者が木炭以外の代替エネルギーを使用した場合、かれらの貧困を増幅し、貧困の克服という政策目標に逆行することになる。

木材から木炭へのエネルギー変換は、かなり非効率である。少なくとも木材に含まれる3分の1のエネルギーが製炭によって失われる。ケニアでは木材エネルギーの12%ないし25%が回収されているにすぎない。ケニアでは毎年、5.6百万 m^3 の木材が木炭に変換されていると推定される。もしおがくずのような廃材から固形燃料を作ることになればその効率はかなり高まるであろう。

5. 木質燃料

薪にしても木炭にしてもエネルギーの観点では、いずれも木質燃料である。木質燃料の特色の一つは、ケニアで消費される全エネルギーの約75%にのぼっていることである。水力および石油エネルギーは25%であるが、水力エネルギーにおいてさえ電力のかなりの部分は石油による火力発電であるので、石油が大部分を占めていることになる。年間石油購入額は約155百万ポンドであるが、かりにこれが全エネルギー重要量の25%にあたるとすれば、木質燃料は465百万ポンドに匹敵する。これは、外貨事情の悪い我が国にとって調達する事の出来ないような大きな金額であって、その外貨は林業振興ひいては国の全開発に確実な影響を及ぼす金額である。木質燃料は典型的な小規模工業である。木材の生産から輸送流通にいたるまで、我が国の木質

燃料の供給はすべて小さな規模のもとに行われている。エルドレ（Eldoret）の相当大規模の製炭においてさえ、その過程は一般の基準からすれば、かなり小さい。我が国における社会、経済発展への木質燃料の重要性は、全エネルギーの観点からよく理解されたであろう。エネルギー危機とインフレが進行している現在、木質燃料産業は非常に大きな役割を果たしてきたが、これからは林業活動を期待出来なかった地域においてさえ、林業振興に大きな期待がもたれることになる。林業振興に必要な適当な土地を半乾燥地帯に向けて拡張することが必要である。エネルギー木質燃料への信頼性を確保するためには、主として公的森林地域に限定されている現在の林業振興対策を、より幅の広い規模にする必要がある。

6. 製材業

木びきを含む製材業はもっとも古い木材関連産業の一つであって、林業振興にとってもっとも重要な産業であるといえよう。まず木びきについてみると、これは建築用木材生産の主要な方法であったが、この方法は現在にいたるまで残っている。しかしながらこの木びきは、本来不経済な方法であるため、廃物利用の処理のためになされるのが普通である。実際の木びきは、製材業と製炭業の中間的な過程である。このほか、保安林のごく軽い択伐の場合に、製材活動が行われていなかった所で木びきが行われる場合もある。この場合木びきは環境に対する損害が少なくすむ。このほか、地形が複雑で、高価な空中集材を必要とする場合にも木びきが採用される。このような悪条件の地域で木びきは不可欠である。この場合、丸太は取扱い易い梁や板として、谷を越して道路端まで人手によって運ばれる。

木びきの大きな特色は、他に雇用の場のない個人に利益をもたらす小規模な産業であることである。この仕事は特別な技能は必要でなく、見習うことによって訓練される。木びきは若干衰退の傾向にあるが、なお林業振興にはかなりの役割を果たしている。

製材業もまた、ある面では小規模工業である。製材工場の大部分では、丸鋸がすたれ、縦びきあるいは横びき鋸であるが、一部には帯鋸やおさ鋸もある。鋸の種類はともあれ、そのねらいは丸太を製材することである。立木の伐採、集材、積み込み、輸送、積みおろし、製品加工、製品販売といった全過程で、製材業は多数の雇用をもたらす。林業振興の考え方は、元来、製材業の要請に応えるべき国産材が、保続的に木材を供給できなくなったことに由来する。このことが大規模植林計画を発足させ今日までのところ約1584haの外来針葉樹と少しの広葉樹植林が行われて来たのである。要するに、ケニアにおける林業振興を語る時各地域での人工林の造成が言外に含まれることになる。製材のための森林資源の造成、保育、収穫は、農村地域を中心とする経済に大きな影響を及ぼす。また、これに付随する道路の開設、家屋の建設、その他の社会的施設といった諸活動は、林業振興に貢献し、それはまた、開発投資からの所得、生活水準の向上に反映して行くにちがいない。

現在、長期官許の製材工場が100、短期官許のものが1,178工場ある。このほか、全国には多数の製材工場があるが、これらは原料を私有林に依存するもの、またある場合には製材工

は多数の製材工場があるが、これらは原料を私有林に依存するもの、またある場合には製材工場からの半製品に依存しつつ、森林局からのライセンスをもたなかったり、1年といった短期間のライセンスを持つにすぎない製材工場に原料を供給するものなどがある。これら小規模製材工場の一つの特色は、その大多数が小規模であって、地域の各階層の生計を維持していることである。

年間の製材用素材は大体45万 m³と記録されている。製品は建築、建具、家具等生活用材に使用される。林業振興は製材業ときわめて密接な関係にあり、それ故製材業はすべての開発の重要な一環をなす。製材品の少量はいくつかの国に輸出されている。製材品は、主にスーダン、中東のほかヨーロッパに僅か輸出されているが次の通りである。1977年……17,044 m³、1978年……4,622 m³、1979年……5,300 m³。

ここで、重要なことは、あるいくつかの国が行っているような製材品輸入でなく、国内資源を活用し、外貨を節約していることである。

製材品はその60%を占めるナイロビを含め、主として都市部で消費されている。これは雇用による所得の分配にとって製材品が望ましい商品であることを示す。農村地域住民が生産過程で利益を得るのに対し、都市住民は建設その他の利用の面で分配にあずかる。総じて、製材業の自家従事者と被雇用者が多数にのぼることは疑いない。製材業は非常に重要な雇用機会を提供する一つの産業なのである。エルブルゴン (Elburgon) のように町全体の生活を製材事業に依存しているところもある。ここでは、いくつかの選ばれた製材工場だけでも2,689人の人々がこれに従事している。製材業では多くの未熟練労働者が職を得、農村地域における貧困を克服しつつあるのである。

7. ブライウッド (略)

8. ファイバーボード (略)

9. チップボード (略)

10. 木彫 (略)

11. プレカット建材 (略)

12. マッチ工業 (略)

13. 家具製造業 (略)

14. 紙およびパルプ (略)

(5) ケニアのエネルギー危機における木材の役割 (全訳)

D. M. カムウェッティ

目 次

1. 緒 言
2. 消費構造
 - (a) 薪と木炭
 - (b) バイオマス廃材消費
3. 供 給
4. エネルギー均衡
5. 木質燃料の消費効率
6. ケニアにおける戦略
7. 参考文献

1. 緒 言

薪炭材のエネルギー利用は非常に古くからの習慣である。実に6万年前の火の発見は、炊事と暖房のためのエネルギー利用をもたらしたのである。近代経済でも、エネルギーが不可欠かつ貴重な必需品であることは同様で、薪炭がエネルギーを供給する以上、木材はケニアにおいて非常に貴重な必需品であり続けるであろう。ケニアはすぐれた伝統的なエネルギー源である。石油、天然ガス、ウラニウム、石炭などをもたない。ケニアは基本的には農業国であって、石油、天然ガス、石炭、ウランは有限の資源であるのに対し、薪炭材(薪と木炭)は再生可能な資源であり、理論的には無限に利用することの出来る資源を持っていることが唯一の慰めである。それ故、十分な土地を確保し、資源を節約し管理すること、そのことによって必要なエネルギーを永続して確保することが一つの課題である。

石油、天然ガス、石炭は減少しつつあり、おそかれ早かれこれらの貴重なエネルギー源は枯かたつすることが心配されている。すべての経済を無力化するエネルギーの代替資源が懸命にさがし求められている。おそらく核エネルギーの利用が進むであろうが、それは深刻な環境問題のためエネルギー需要の大部分に匹敵するような大規模な利用には不適である。核エネルギーの得られるウラニウムもまた有限の資源であり、事実、すでに使用を控えたとしても枯渇が心配されている。ケニアでは、風力、地熱、太陽熱といった再生可能な新しいエネルギー源の開発についてのいくつかの研究がなされている。技術的には太陽熱や風力エネルギーは再生可能である。しかしそこには機械的な問題や、不適切な風速、曇天や夜間の日照不足などの問題がある。地熱エネルギーは、これまで有望視され、とくに発電の分野で推進されてきた。しかし、これらのエネルギー源はエネルギー需要のほんの一部に貢献するにすぎない。人類歴史の初期

には、人々は木材を主とするバイオマスにもっぱら依存した。歴史はくりかえし、エネルギーの諸形態についての詳しい費用便益分析がなくても、少なくともケニアにおいては、複雑な技術を要しない木質エネルギーに依存するであろうと思われる。すべての生物的生産に必要な適地は有限であって、ここに困難な点がある。しかし、与えられたすべての土地には、各種の巧妙な投資と遺伝的改良によって木材収穫と生産性を上げる大きな余地がある。それ故、木材は我が国のエネルギー均衡の有望な候補者であり、今後もあり続けるであろう。

この小論は薪炭材についてのものであるが、樹木はすべてのバイオマスの一部であって、非木質植物を含むバイオマスは、炊事や暖房ばかりでなく、技術進歩によって開発されるこれ以外の目的のエネルギーにとって大きな可能性をもっていることを高く評価すべきである。事実、全世界の年間エネルギー消費量は年間光合成によるエネルギー蓄積の10分の1にすぎず、全地球表面のバイオマスエネルギー蓄積量は全化石燃料埋蔵量に匹敵する（Hall, O. H. 1979年12月）と推定されている。ケニアもちろん、バイオマスエネルギーの可能性において例外ではない。ケニアはおそらく先進諸国にくらべバイオマスへの依存度は高く、将来も石油価格の高騰にしたがって、ますますその依存度を増して行くであろう。

ケニアは15百万人の人口と4%という記録的な人口増加率をもっている。そして人口の90%は農村地域に居住し、この人口の100%近くが炊事、暖房を木質燃料に依存している。都市在住の10%の人口の80%は炊事目的に木炭を主とする木質燃料を使っている。木炭はもはや貧者の必需品ではない。事実、インフレの進行が社会の下層階層の所得を浸蝕するにしたがって、これらの階層はエネルギー目的のために木炭にかえてきている。もし、木炭を利用できる家と格好なストーブがあれば多くの高所得者も、電力、灯用石油、ガスなど代替エネルギーに比較して安い木炭に転換したことであろう。木炭で料理した食べ物の味は、世間で好まれるようになっていく。それが望ましい味を与えればある人は木炭を選ぶであろう。この際燃料価格の比較は決定因子にはならないであろう。このことは、アラブ諸国において石油が木炭にくらべ安いにもかかわらず、木炭を使用したがる傾向をみてもわかる。これらのことは、所得の高低にかかわらず木炭が使用されることを裏書きするものである。

かくて木質燃料の総量はぼう大なものとなる。ケニアでは、全エネルギーの75%に相当する量が木質燃料であり、商業エネルギーは25%を提供するにすぎないと推定されている。石油購入のために必要な額に相当することを考えれば、全エネルギーの均衡にとって、木質燃料が決定的な役割を果たしていることが理解されよう。

ケニアで配慮されなければならない他の重要な事は、木質燃料それ自体が農業的商品であって、食糧の生産やそれ以外のたとえば木材生産、狩猟管理、土壌保全、流域保全といった農地の利用方法と直接競合することである。しばしば指摘されているように、我が国土の3分の2は乾燥または半乾燥地帯であって、十分な雨量のある地域は3分の1にすぎない。この地域では、木質燃料生産を含め、農地の各種の利用方法が対立し、深刻な競合がみられる。この地域

には皮肉にも大部分の人口が集中しているが、木質燃料はかさばる商品であるため輸送距離にきわめて敏感であって、適度の距離内での利用をはからなければならない。

このため、エネルギー植栽は半乾燥地帯（ここでは降水量500mm以下の乾燥、半乾燥地帯をさす）で行うべきだと提唱されているが、この場合、生物学的困難性（これらの乾燥地帯での生産力は適地の約10%である）のほかに、距離的な関係で深刻な問題があることを忘れてはならない。たとえば、80kmをこえる長距離輸送では木質燃料は高価格となり、時間的ロスが大きい。たとえば、主婦が薪採集に1日8時間以上も費せば、必要な家事の時間がなく、疲労によって家族のための炊事もできなくなってしまうことになる。このことは、相当量の木質燃料が地域周辺に集中して生産されなければならないこと、さもなければ大部分の国民が経済成長のために貢献する時間を得られないことを意味している。全国土面積のわずか30%に全人口が集中しており、人口の50%はほんとに恵まれた6%の土地に集中しているのである。

全地球的にはエネルギー需要の7分の1がバイオマスによってまかなわれている。いくつかの国ではバイオマスエネルギーへの依存度が高いこともあり、ケニアはその中でも非常にその依存度が高い国の一つであって、この傾向は今後も続きそうである。バイオマス資源は再生可能であり、熱、電力、蒸気、液化およびガス化燃料として有望である。

2. 消費構造

(a) 薪と木炭

薪と木炭に関する論点は、木質燃料の消費構造を分析することによって一層明確になる。不質燃料の消費は、その入手の難易によって一定の順序がある。木質燃料が豊富なところでは、多くの農村住民は単に枯木を集めるだけで済む。この理由は第1に枯木は湿気を含まず燃焼し易いためであり、第2は伐採の手間がほとんどなくて済むからである。木材が少なくなるにしたがい、住民は枝条の利用を始めるが、これは全木を伐採するより楽だからである。つぎの段階は樹木そのものの利用であって、さらに林木が枯渇するにしたがって、切り株や根を利用するようになる。そして、すべての木質物が枯渇した段階になると、おが屑、農業廃物を利用するようになる。したがって、異なる開発途上国においてもまったく同様にして、上記のいかなる消費段階にあるかを検討することによって、木質燃料の状態を察知することができる。

木質燃料は主として薪と木炭の2形態で消費されている。薪は直接木材を燃焼させることによって炊事、暖房のためのエネルギーを得る。これは、熱分解の過程を通して、エネルギーを発生し、それを主に炊事、暖房、その他の目的のための給湯に利用するのである。生木は約50%の水分を含んでいるが、燃焼の前にこの水分を蒸発させなければならず、この過程を通じてかなりの熱量が失われるので、炊事、暖房のための純エネルギーは乾燥した木材を使う場合に比べて劣る。事実、生木の乾燥の結果、熱量は同一容積の場合約10%から44%

上昇する。同一重量ならば、気乾木材は生木より67%多い熱量を有する（Morgan, R.P., 1979年6月）。300℃の温度上昇によって、ある種の熱分解が起り、590℃ではじめて燃焼がはじまるわけであるから、それまでにかかなりのエネルギーが温度上昇のために使用される。

木材の熱量はまた樹種によって異なり、木材の比重が高ければ高いほど、単位材積あたりの熱量は高くなるのが普通である。気乾木材1kgあたり3,700K.calである。たとえばアカシア類の数種は、他の樹種に優先して消費されて来たのも、この樹種固有の熱量のためである。

木炭は、もう一つの木質燃料の形態であって、これは、とくに都市部において広い用途をもつ。木炭は、空気の量を極端に制限した炭がまのような閉鎖されたところで熱分解によって得られる固形物である。空気を制限するのは、木材が燃焼し灰にならないためである。十分な空気がないので、ガス、水分、酢酸、メタン、タールなどが発散したあとには、炭素（約80%）と化学反応を起さない物質が木炭として残されるのである。一たん熱分解がはじまれば、自然にその過程は続き木材の燃焼によって300℃の温度まで上昇し、熱化学的分解がはじまる。空気は不必要で、蒸溜器の中におけるような熱分解過程では空気はまったく遮断される。蒸溜器の外表面まで熱され、各種の熱分解物が凝縮して得られる。

ケニアで行われている製炭方法は単純である。穴を掘って小規模の窯を作り、伐採木周辺に木を積む。さまざまな直径の木を枝条でおおい、土をかぶせる。この積み重ねの一方に穴をあけて火をつけ、燃焼がはじまれば土で穴を閉じて、焼分解を継続させる。木炭を得るのが目的であって副産物はまったく得られない。横穴があげられるが熱分解が進むにしたがい、木炭の完全な燃焼を避けるため土壌中のすべての開口部を確かめつつ閉じられる。一窯の過程には約7日を要する。この過程で木材エネルギーの3分の1が失われるが、原木との比較では、単位重量あたり約2倍の熱量（7,400K.cal/kg）を得ることができる。このため、木炭はどの地域においても大規模には行われぬ。それは個人的事業であって、1個の窯は各種の直径をもった6~10m³の原木量である。

東アフリカタンニン抽出工場（The East African Tanning Extract）は、タンニン抽出後の樹皮を除去したアカシア（*Acacia mearnsii*）から、煉瓦で作った窯を用いて製炭している唯一の会社である。ここの一窯あたりの木炭生産量は600袋で、卸売業者を通じて順次各市場に出回っている。窯は高さ3mの半円形で、底は幅6m、長さ13mである。窯の実容積は100m³、棚木で140m³である。

観念的には、エネルギー含有量からみて炭化の過程でかなりの熱量が無駄になるので、エネルギー目的のためには直接燃焼させることが理くつに合う。しかしエネルギー含有量だけが問題ではない。炭化しない木材は輸送に金がかかるし、貯蔵にも不便である。さらに薪は、都市部で使用される場合、好ましくない煙を発する。これに対して木炭は、袋での輸送が便

利で、貯蔵も容易であり腐敗による質の低下もなく、無煙である。しかも少量で売買することが出来、薪にくらべ単位あたり2倍の熱量をもっている。したがって、炭化過程におけるエネルギー損失は、とくに木質燃料の生産地と消費地が遠くはなれている場合には、輸送過程においてそれは償われる。

ケニアでは、木炭は主として炊事用に使われているが、それは冶金業（もし木炭生産のためのユーカリ20万haに適した土地があれば、木炭を利用した巨大な鉄鋼業が海岸に立地できよう）や、ガス吸収剤、食物の脱水剤、脱色剤として使うことも出来る。したがって、木炭のこのような利点を活用した利用も、他の一つの方向である。事実、木炭は石炭にみられるような硫黄その他の不純物もなく、この点で石炭にまさっている。

薪と木炭はつぎの3部門で全国的に（薪は主として農村部、木炭は都市部）消費されている。

(1) 家庭用 炊事、暖房を含む生活用。

(2) 商業用 ホテル、パン屋、肉屋、焼きトウモロコシやキャバサの道路に沿ったコーヒー売りなど、小規模な利用者。このほか、学校、病院、刑務所といった、非商業的施設もまた相当量の木質燃料を消費する。刑務所だけで年間、4,789.5トンの薪と132,84トンの木炭を消費している。

(3) 産業用 ここには砂糖工場、タバコ乾燥、茶工場、ホーマライム（Homa Lime）ティカタンニン工場（Thika Extract Company）とケニアベニヤ会社（Veneer Kenya Ltd.）といった製造工場などの多くの農業関連産業が含まれる。いくつかの大きな工場の消費量をあげると次の通りである。（年間、トン）

茶……118,377, タバコ……105,000, 砂糖……50,081, ホーマライム……96,000, ケニアベニヤ会社……26,000, 東アフリカ会社……26,000。

1979年実施の公式の農村エネルギー調査の結果、約20百万トンの木質燃料が農村地域において消費されていることがわかった。中央統計局（The Central Bureau of Statistics）による全国4,800世帯の抽出調査の結果、10.20百万トンの薪と、1.44百万トンの木炭が消費されていることが判明した。木炭を薪に換算すると、エネルギーのための木材消費量は20百万トンとなる。20百万トンという数字は低目の数字で、この調査には公共施設の消費を含んでいないのであるが、しかし、この調査は生活エネルギー消費を明らかにし、気味悪く迫りつつあるエネルギー危機に対し意味深い解決目標を示していることにおいて、きわめて重要である。

エネルギーの消費は木材の場合には、きわめて地域指向的問題であるので、各州ごとのエネルギー消費の検討は問題の解決に一つの考えを与える。農村エネルギー調査報告は、1世帯あたりの薪と木炭の消費量を明らかにしている。各州ごとの薪と木炭の全消費量は、特定の要因によって家庭用消費量を積み上げることによって算出されている。

各州ごとに算出された木質燃料の全量と、農村エネルギー調査委員会（Rural Energy Survey Committee）のそれとの間に若干の差異がある（前者では薪10.20百万トン、木炭1.44百万トンに対し、後者は薪10.33百万トン、木炭1.70百万トン）が、これは世帯人口の数とその切上げによるものと思われる。これとは別の森林官アキング氏（Mr. Akinga）の調査では、木質燃料の全消費量は約22百万トンとされている。このことから、農村エネルギー調査によって明らかにされた木質燃料消費量の20百万トンという数字は控え目ではあるが、他の調査と大体一致していることを示している。

年間木質燃料消費量

州・地域	1世帯当り薪 トン	1世帯当り木炭 トン	世帯数	薪消費量 トン	木炭消費量 (木材換算トン)
中央	5.145	0.716	335,428	1,725,777	240,160
海岸	3.667	0.706	131,428	481,946	92,788
東部および北東	5.580	0.795	388,142	2,165,832	308,572
ニヤンザ	4.576	0.636	440,000	2,013,440	279,840
ソフトバレー	5.159	1.061	462,857	2,387,897	491,091
西部	3.844	0.774	262,285	1,008,223	203,008
ナイロビ	2.076	0.779	119,285	247,635	92,923
合計			2,139,425	10,030,732	1,708,382

注1. 1世帯当り世帯員数7名として算出。

2. D.M, カムウェティ: ケニアエネルギー危機における木材の役割, 1980

アキング氏の報告にしたがえば、各部門において消費される木質燃料の量は、次表の通りである。

部門別薪炭消費量

部門	薪 (メートルトン)	木炭 (薪換算, トン)	合計 (メートルトン)	比率 (%)
家庭用	13,000,000	4,544,000	17,544,000	80
商業, 施設用	1,005,000	1,095,000	2,000,000	10
産業用	2,190,000	8,571	2,198,571	10
合計	16,195,000	5,647,571	21,842,571	100

注 D.M, カムウェティ: ケニアエネルギー危機における木材の役割 1980

この表をみれば明らかなように、木質燃料の消費量は薪 16,195 千トン、木炭 5,647,571 トンである。このことは、全国をあわせて 65 百万トンの木質燃料であることを示す。したがって、1 人あたりの年間薪炭消費量は 1.45 トンであり、これは木材に換算すると 1 人当たり 2 m³ に相当する量である。この推計では木炭生産のために消費される木材は、木炭の消費量から推定されている。推定のための換算率（回収率）は 25% と仮定されている。実際の伝統的な製炭法では、木炭 1 kg は木材 11 kg から生まれるとの仮定が妥当であろう。この場合、換算率（回収率）は 9% になるが、これは不経済な製炭法によるものである。この換算率によれば 1,412,185 トンの木炭を生産するための木材消費量は 15,534,033 トンとなり、エネルギー目的に消費される木材の総量は 31.7 百万トンとなる。この 31.7 百万トンという数字は農村エネルギー調査報告（T. S. Tuschak, 1979 年 8 月）で示された木質燃料消費量が社会施設や商業用消費を算入していないことを考えあわせる時、一つの信頼出来る安全な数値であろう。

(b) バイオマス廃材消費

木質燃料の顕著な特徴の一つは、木質燃料が枯渇して来るにしたがって、人々がだんだん廃物を利用しはじめたことである。さし当り利用される廃物は、刈り残しの株、トウモロコシの軸やもみがらなどの農業廃物である。これらの農業廃物の消費は、いくらかの熱エネルギーを供給するが、同一の熱量を得るためにはかなりの量の廃物が必要である。事実、これらの廃物は安定した熱を得られないために、短時間の料理を行う場合に、主に使われて来た。この結果、いくつかの家庭では肉料理を減らし、またある場合には、料理の時間を短縮してエネルギーを節約するため、時間のかかる料理を採用して、食習慣を修正して来ている。もし、これらの廃物が圧縮されれば、単位容積あたりより多くの熱量が得られ、また輸送も便利となり、各種の調理用のストーブの使用も出来るであろう。

熱エネルギーのためのこれらの農業廃物の収集に消費されている時間は無視出来ない長さである。廃物はその量の割には少量のエネルギーしか供給出来ないため、生活時間の 25% が燃料収集のために費されている場合もあり、木質燃料収集のため一世帯平均年間 300 人を要していると推定されている。廃物利用の他の有害な特徴は、非木質バイオマスを含むバイオマスの収奪過程が環境の悪化を招き、砂漠化の非常に重大な要素になっていることである。農業廃物のこのような消費は土壌の肥よく化にとって好ましからざる影響を与えるのである。

多くの地域、とくに生活を養畜に依存しているような乾燥地帯においては、炊事目的に牛糞を利用するのが一般的である。牛糞自体は、kg あたり約 2,875 K. cal の熱量をもっており、各種の農作物から得られる欠点のある廃物にくらべ、密度の高い燃料である。しかし、牛糞を直接燃焼して使うことは不経済である。なぜなら、牛糞 1 トンは 50 kg の穀物を育てる栄養素に相当するからである。牛糞 1 トンで年間約 1 頭の牛を育てるだけの収穫がある。すなわち、1 頭の牛を 50 kg の穀物を育てる栄養素を生産し、その他たとえばバイオガスの生産に使

用した場合には、とにかく栄養素は残留するわけであり、可能ならば燃料としての使用は避けるべきである。すべての植生がとり去られ、草に減退してしまったサバンナでは、それがマニヤッタ地域（Manyattas）に集中しているために、牛糞が唯一の燃料を供給している。散在した牛糞の収集はまた、マニヤッタで使用が生産を上回る時に行われる。事実牛糞は炊事目的以外にも、丸屋根構造の各種建造物の貴重な接合材料としても使用される。牛糞はまた、しばしば農業廃物と混合して、立方体または球形にして燃料にされる。牛糞は良い接着剤であるが、全体のエネルギー量は減退する。しかしながら、単位重量あたりのエネルギー量は農業廃物や他のいかなるバイオマス廃物よりも高い。

ある地域では、おが屑がよく利用されている。適当な炊事用ストーブに合うように圧縮されたおが屑は、2 kgのおが屑で炊事のための安定した熱量を5時間にわたって供給することができる。おが屑は扱いにくく、ばらばらの物資であるが、固めて固形燃料にすることもでき、そのことによって輸送費用を減じ、かなりの量のエネルギーを供給することができる。

製材あるいは各種の（非エネルギー目的のための）木材加工によって排出されるかなりの量の廃物がある。枝条、末木、樹皮、切株、その他の端材は木材工場の周辺の農村地域において相当量の木質燃料を供給している。たとえば、製材のための木材利用の場合、枝条、切株、のこ屑、樹皮、端材、葉の部分の構成比は全体の70%にのぼる。

全体として、これらの廃物は非常に重要なエネルギー源であるが、その量を推定はかることは困難である。穀物の廃物については穀物の収量に対する廃物量の率が明らかにされれば、穀物収量からそれに応じた廃物の量を算定できる。その他のバイオマス廃物量の推定はかなりめんどろである。したがって、木質燃料の消費は22百万トンといわれているが、この場合廃物の消費は算入されていない。これらの非農業廃物の大部分は、たとえば再生木材のような最終製品に転換されうるので、ほんのわずかの部分がエネルギー部門に入って来ると見るべきである。その量は、たとえばボイラーにおけるエネルギー生産や蒸溜器における熱分解過程での還元に必要な量であろう。農業廃物に関しては、いくつかの環境上の理由があり、これにエネルギー供給を依存することはできない。

エネルギーのために利用可能な年間廃棄物の推定がマウング（Maung）による技術調査団によって行われているが、これによればその量は次の通りである。

コーヒー——20,000～25,000トン

カシューナッツ——10,000トン

のこ屑——50,000トン（ナクル地区）

木材くず——120,000トン（ナクル地区）

パイナップルかす——30,000トン（チカにおいて飼料として利用）

サトウキビかす——650,000トン（キスム地区での燃料）

糖みつ——50,000トン

他地域での廃物量は計られていないが、その量はかなりのものであり、もし有効に利用されればエネルギー問題を非常に緩和するであろう。

3. 供給

木質燃料の利用にとって、その資源供給についての検討が不可欠であり重要である。木質燃料のような再生可能資源の概念は単純であって、消費量が生長量を超過しない限り永久に資源利用が可能であることを意味する。この場合、消費量と生長量が均衡し、技術的には保続生産を基礎とする理想的な経営が成立する。もし消費量が生長量を上回れば基礎になる資源は減少し、消費量が生長量を下回れば次の世代のための資本が増加するのである。

ケニアでバイオマスの総量を実際に計算したものはないが、バイオマスの消費量はその生長量を大幅に上回っているとの見方には妥当性がある。たとえば、いたる所で低カロリーの廃物が使われているという事実からみても、木質系の物質が底をついてきたことが容易にわかる。また、うっ閉した森林が一般に少なくなって来たことも、生長量以上の速度で森林が伐採されていることを示す。

供給の問題は土地の利用可能性から出発する。土地利用の構成状況は次のとおりである。

森林 (Forest Reserves)	1.7 百万 ha	3 %
農用地 (Agricultural Land)	5.4 "	9 %
原野 (Range Land)	26.4 "	44 %
国立公園、動物保護区	26.5 "	44 %
計	60.0 "	100 %

今日まで木質燃料のために排他的に管理されて来た唯一のまとまった土地は、林地である。これらの林地は、製材用丸太、パルプ材、合板用材、繊維板、くい、燃料、その他木材工業のための各種木材の生産のために法律によって公用地化された土地である。この土地はまた、洪水阻止や侵蝕阻止にとって非常に重要な意味を持っている。このほか、レクリエーションや野生動物といった各種の目的をも兼ねることが必要である。したがって、土地利用は木質燃料生産以外にも考慮が払われなければならないのである。事実これまでは、木質エネルギー供給には問題がないとの確信から、木質燃料生産のための土地は二次的に扱われて来た。

公示されている全森林面積は約 1.7 百万 ha である。このうち 445,754 ha が生産的森林である。現在約 16 万 ha の植林地がある。将来においても 32 万 ha 以上の植林地は不可能であろう。いずれにせよ現在では、この 16 万 ha のうちわずかに 12 千 ha が木質燃料生産に適した樹種の植林地である。ただし、燃材林のうちの高齢の植林地については、電柱用材といった他目的での択伐も行われる。また、木質燃料需要が非常に高いところでは、ユーカリ植林のように、もっぱら燃材林目的で管理され、重要圧力のために 7 年周期に輪伐期を下げる場合もある。結局、植林地のうち燃材林の占める割合は、約 7.5 % である。かりに ha 当たり年間成長量 20 m³ とすれ

ば、燃材林からの年間生産可能量は24万 m³あるいは168千トンとなる。

アキング氏の調査によれば、植林地面積中の燃材林の分布は次表のとおりである。

地区別燃材林分布

地 区	燃 材 林 面積, ha	植 林 地 面積, ha	燃 材 林 面 積割合, %
キ タ レ	435	8,114	5.36
キ ス ム	400	5,253	7.61
ツ ル ボ	112	12,534	0.89
エ ル ド レ	430	22,398	1.91
ロ ン デ ィ ア ニ	806	12,111	6.65
バ リ ン ゴ	201	13,441	1.49
エ ル ブ ル ゴ ン	1,345	27,808	4.83
ニ ヤ フ ル ル	755	13,949	5.41
ニ エ リ	789	11,969	6.59
ナ イ ロ ビ	3,194	17,210	18.55
マ カ コ ス	2,595	3,417	75.94
モ ン バ サ	289	4,168	6.93
ラ ム	71	71	100.00
ケニア 大 学	324	2,050	15.80
エ ン ブ	479	1,883	25.44
計	12,225	156,376	7.81

人口集中によって燃材林への需要が非常に高くなっている都市近郊地域は別であるが、植林地域における間伐林、のこ屑、端材、樹皮、枝条、末木等の木材残廃物からの燃材の量はあてにできる程の量ではない。これらの木材残廃物は人口が比較的少ない森林地域に存在するが、これらは腐敗したり、焼却されるのが極く普通である。また、これらの廃物は、木材に組み立て直したり、製紙用として利用される傾向があるため、エネルギー均衡の役に立たない。しかし最近では、これらの廃物の産地で廃物が大量に燃材として使用されることによって、木材消費を節減している場合もみられる。

また在来樹種の地域では、少量の枯木などに依存している人々に対し、かなりの量の薪を供給している。試験植林地では相当量の薪炭を供給出来るが、もし植林地への転換がなければ、保続的基礎をもった薪炭の供給は不可能であろう。在来森林からの利用可能量（ha当たり年間3 m³の成長量と考えられる）は、先に示した燃材林生産可能量の168千トンが植林のおくれや失敗のために産出されない場合の補いになるものと考えられる。結局、森林から全体として

168千トンが供給可能である。実際には、森林地域からの記録された消費量は7万トンである。燃材林は各地に分布しているが、ナイロビ、ラム、マカコス、エングといった大量消費地においては、植林地に占める燃材林の割合が比較的高い（前表参照）。

林地以外からの木質燃料の供給は、きわめて把握困難である。筆者の簡単な調査によれば、雨量が多く人口稠密な農業地域では、新らしく得られた大規模農場を除いて、1世帯当たり木材換算で1~4 m³あるいは0.75~2.8トンを保有している。これは蓄積であって、もし仮に成長率を年当たり7%と見れば、上限で0.2トン、下限で0.05トンが生長することになる。人口稠密地域の土地面積は全国土の9%に当たる5.4百万haである。また、この地域には全人口の50%が居住している。上限の筋書きをたどれば、保続的収積によって可能な木質燃料は1世帯当たり0.2トンである。したがって、林地以外からの木質燃料は20万トンとなる。（1世帯当たり7人、50%の人口は百万世帯に相当するとの計算である）。仮に1世帯あたりの林木蓄積が2.8トン以上あったとしても、同じ木材が建築、家具用材として使用されることを銘記しておかなければならない。しかし優良土地の不足のために、最小限度の樹木だけが温存され、代替品がない時だけ伐採するために保持されている。いくらかの樹木を保有しながら調理用にこの屑を使用している典型的な農家に対し、筆者が質問したところの答えは、燃料用に伐採すれば2か月で木がなくなってしまうとのことであった。1世帯当たり平均2.8トンという推定は、一つの平均的な値である。もし、キアンプ、ムランガ、ニエリ、エムブ、メル、キシイ、ニヤンザ、ケリコ、カカメガといった地球を旅行すれば、住民保有の樹木の集中度に差異のあることがわかる。しかし、1世帯当たりの木材の総量は大体均一であり、年間の木材利用は、この推定値を基礎として行われている。木材利用可能量を過大視しがちになる他の原因は、小規模保有では木材が燃料としてのみ使用されているとの仮定に立っているためである。たしかに大規模な建築事業用木材は、多くの場合、国有林や委託林から供給されているが、木炭用建築用、家具用木材を供給している小規模保有者もいる。

何がしかの木質燃料を供給する第3の土地は原野であって、それは一応26.4百万haとみなされる。これは、降水量から見て潜在的な木材供給能力を有するとみなされる土地である。ここでは原野の約8%が1,000~1,500mmの降水量、残りが1,000~500mmの降水量をもつと仮定する。もし降水量による単位面積当たりの生産量（供給量）がわかれば、原野地域における木材の年間生産量を大略推定することができる。ウェスターン氏（D. Western）は、ケニアの木質エネルギーの現在及び将来の需給についての報告書の中で、各地帯の潜在的木材生産力を整理しているが、この結果を（詳細な資料はないが）大略の推定値を組み合わせることによって、次表の結果を得ることが出来る。

平均降水量別 mm	原野面積 km ²	年間木材生産量 km ² 当たりトン	年間木材生産量 トン
1,200	21,120	375	7,920,000
750	242,880	199	48,333,120
合計	264,000		56,253,120

以上の潜在的木材生産量は、ケニアにおいては重要な意味をもつ農業活動に余地を与える必要上、かなり割引かなければならない。たとえば、原野は多くの場所で過放牧であり、とくにそれは入会原野に個人所有の家畜が入る場合に多い。羊の放牧も深刻であって、それは将来燃料となる樹木のもとになる在来の植生の新芽を食べてしまう。最近では、比較的降水量の多いところのほか、生態的にもろい原野地域にまで耕地が拡大して来ている。また大部分の牧畜者が行う火入れも古くからの問題であって、これによって耐火性が非常に強いものを除いて、樹木の大部分が壊滅的な打撃を受ける。森林植生は徐々に草地へと移行する。以上を考慮した場合、この地域での潜在的な木材生産量のわずか10%が木質燃料として利用されるにすぎないと推定される。このことは原野からの木質燃料利用量が5.6百万トンであることを意味する。もちろんこの量は、原野火入れと放牧を規制する思い切った計画と国家的事業によって増大させることが出来る。

第4の土地は、国立公園と動物保護区である。国立公園もまた木質燃料供給に貢献すべきであるとの専門家の意見がある。しかし一般的にみてケニアでは観光や野生動物への依存度がきわめて高いことを考えれば、国立公園や動物保護区はエネルギー均衡の計算外に置いておくべきである。観光は外貨を獲得し、それによって石油その他の必需品を購入出来るのである。また国立公園の植生の現状は野生動物にとって十分ではないことは明らかであって、現存するバイオマスの利用よりも、むしろその強化が必要な段階にある。動物保護区においては、野生動物と家畜間の放牧についての厳しい競合がある。木質燃料生産はこれらの各種目的の競合のため、実際には、その生産、供給は非常に少ない。国立公園や動物保護区からの木質燃料の生産はすべて、消費の中心地に対し遠距離である。輸送経費、野生動物管理、水利施設の経費がかさむため、木質燃料の生産費は高くつく。

結局、以上を総合すると、木質燃料の供給は以下のとおりとなる。

1. 森林	168,000トン
2. 私有農用地	200,000トン
3. 原野、国有地、委託地	5,600,000
4. 国立公園、動物保護区	不適
木材供給量合計	5,968,000

4. エネルギー均衡

前述のとおり木材の年間消費量は31.7百万トンである。一方、木質燃料の年間供給量は、控え目に見て5,968千トン、すなわち約6百万トンである。したがって、年間25.7百万トン不足となる。このことは不足量が蓄積の食いつぶしによってまかなわれており、木質バイオマスが急激に減少していることを意味する。この状態が続けば悲惨な結果をもたらすであろう。砂漠化のほか、木質燃料を採りあさることによる環境の全般的な悪化が、とくに農村住民に対し未曾有の貧困をもたらすであろうことは想像に難くない。また、もし木質燃料問題が解決されなければ、これにともなって、すべての政府の開発事業に悪影響を及ぼすという問題もある。ある地域で木質燃料が枯渇した場合、飢饉、戦争、疾病の流行の場合と同じように、住民がその地域から逃げ出すことは、世界各地において見られることである。たとえば都市への大規模な移住は、順応性とか適当なサービスの欠如といった社会的問題をひき起こすので、住民の定住条件を整備することは一つの政策眼目でなければならない。したがって、木質燃料の不足はあらゆる可能な手段を講じて解決しなければならない社会問題の一つである。

各種の報告書を見ると、木質燃料の将来のある時点での重要量を予測してあるが、これは、重要あるいはその一部を充すために関係者がどのような行動を取るべきかを示すためである。ケニアの場合、人口増加率に対応する簡単な方法によって、西暦2000年、2020年、2050年の消費量の予測が行われている。この場合、人口1人当たりの消費量は不変との仮定が置かれている。所得が向上すれば木質燃料への依存度が低下する点にも考慮が払われている場合もある。しかし、ここでは石油価格の高騰とインフレーションの全般的な進行によって、所得の向上が相殺されるものとした。また、より多くの人々が、木質燃料を実際に頼りにするものと予想されている。同様に公共施設の多くも、木質燃料価格が他の燃料価格以上に高騰しない限り、暖房用木材を使用するものとしている。

ケニアにおいては現在、熱量当たりの価格で、石油は木質燃料の4倍である。もちろん、高価格にかかわらず石油が好まれるのは、熱効率、運搬、貯蔵の便利さ、利用の装置といった価格以外の要因がある。たとえば、木材燃焼器具にくらべて高価である。このように木質燃料の選好には、数多くの未知の要因がからんでいるので、ここでは単純な増加率による方法によって木質燃料の需要を予測している。この方法によれば、木質燃料の現在および将来の消費量は次のとおりである。

年間消費量（百万トン）

1980年	32	2020年	153.6
2000年	70.1	2050年	498.3

すなわち、木質燃料の需要ないし消費量は、2000年において70.1百万トン、2020年において153.6百万トンであって、約5倍の急増であり、また、2050年という近い将来での需要である498.3百万トンは現状の実に15.5倍に相当する。各年次の需要を満たすために必要

な全植林面積は、対象優良地の年間1 ha当たり生長量を20 m³とすると、大略以下のとおりである。

要植林面積（百万ha）

1980年	2.3	2020年	10.8
2000年	4.9	2050年	35.1

この面積は優良地を仮定した場合である。半乾燥地帯では同量の木材を生産するのに10倍の土地面積を要するであろう。この種の土地は単純であって、食糧生産に供しなければならないので、部分的にしか利用できない。意義のある、理にかなった接近方法は、あらゆる方法を駆使して土地の生産性を向上させることである。そしてもう一つの差し迫った危機への対応は、エネルギー目的のための木材利用の効率化でなければならない。

5. 木質燃料の消費効率

木質燃料の需給ギャップをうめるための戦略、選択について検討する前に、エネルギー部門における消費効率について議論しておくことは、非常に重要である。エネルギーの浪費は、より大量の木材需要をもたらす。しかし、木材生産のための土地は有限であって、その需要を満たすためにはもっとも効率的な手段を採用する以外にない。

ここでいう効率とは、ある一定量の水を沸点にまで上昇させるための熱量の理論値に対する、同一の気象、標高条件のもとでの実際のエネルギー量の比率、パーセントをさす。たとえば、調理のために消費される実際の熱量は、同じ量の仕事に要するエネルギー量の理論値より常に高い。

木質燃料消費の場合、その効率は7～10%と推定される。このことは、現在のたき火式調理では、90%のエネルギーが浪費されていることを意味する。たとえ30%の効率が得られたとしても、利用された木質燃料は3分の1であるが、原料と、その採集に費す時間の節約はほぼ大なものとなろう。効率向上のため適切な調理ストーブの必要性が提唱されて来た。木材燃焼器具は熱を集中する必要がある、簡単な土製ストーブの使用によっても効率を高めることができる。また寒冷地では暖房も必要であって、生活習慣についての検討も残されている。しかしながら、調理用エネルギーがはるかに重要であって、そのための効率のよい器具、装置を安価に供給することは、その影響するところ大きく、木質燃料の節約に役立つ。

木材供給のひっ迫とか採集距離の遠隔化が悪化しない限り、木材を効率的に燃焼させる工夫が、真剣に認識され取り上げられないという問題がある。たとえば、前述の農村エネルギー調査は、木材の58%が住居の1 km以内、80%が2 km以内で調達されることを明らかにしている。またマカコス（Machakos）における研究では、住民の74%がその地域から無料で木材を入手していると述べている。このような状況のもとでは、住民は効率的な調理ストーブを使って木材を節約しようとするほどの切迫感をもたない。事実、木材が豊富な場合、木材をさがし求め

なければならない住民にくらべ、約2倍の木材を使用している。多くの場合、木材の利用可能量が利用の水準を決定する。たとえば、木材を採集するため50kmも歩きまわらなければならないような半砂漠地帯においては、木質燃料不足のためにやむをえず肉料理を減らさなければならないほど、1人当りの木材消費量は少ない。

調理用エネルギー利用についてのもう一つの特徴は、調理に長時間を要する料理があることである。一たん沸点に上昇した食物を、さらに長時間ぐらぐら煮続けることは全くの浪費である。さらに、たき火式の調理では、火力の調節がほとんど不可能であり、これが10%以下という熱効率の低さの原因になっている。この点土びんのような熱保存のよい調理道具は、直接放熱するものにくらべてエネルギー利用上好ましい。燃料のいらぬ保温器の概念もエネルギー保続議論では忘れてはなるまい。特別の保温器の使用によって50%に近いエネルギーを節約できる。たとえば、沸点まで上昇した食物はそれ以上熱する必要はなく、かなり高い温度を維持したまま煮えるものがある。この原理は魔法びんのそれである。フライをあげたり、蒸したり、焼いたり調理についてもこのエネルギー節約の工夫が応用できよう。

木質燃料消費の他の特色は、以下にのべるように大量の木材が木炭の形で利用されていることである。観念的には木材から木炭への転換によって30%の回収率が得られるはずである。しかし、25%の回収率を得ているエルドレット（東アフリカタンニン抽出株式会社）のような場合は数少なく、大部分は実に10%かそれ以下の回収率であって、きわめて低い。製炭過程でばう大な浪費がなされているといえよう。このように、状況が非常に悪いので、現在、製炭用材の売却は森林地帯における丸太の量を基礎にして算定されるようになっている。以前は、官許使用料は生産された木炭の量を基礎にして算定されたために、人々は丸太価格について心配することがなく、このことが原木の浪費を助長したのである。現在の原木価格による算定方式では、人々は原木からの回収率を高めて、最大の木炭生産を心がけるようになる。もう一つの、好ましくない無駄な点は、現在でもなお、全原木が完全に炭化しないうちに木炭を窯から出してしまうことであって、かなりの木炭が灰になってしまい浪費を続けていることである。

技術的にみると、製炭によって木材の3分の1エネルギー量が失われる。いくばくかのエネルギーが得られる副産物の回収は行われていない。蒸溜装置の利用によって副産物が回収されれば、製炭のために失われる木材の絶対量は減少するであろう。木材を木炭に転換した段階においても、若干のエネルギー節約は可能であり、現に実行されている。たき火式の場合は熱量の調節は困難であるが、木炭ではどうにか可能である。また木炭は小量でも販売できるし、ジコの大きさや必要とする熱量にあわせて、取引の単位を調節することが出来る。たとえばお茶をわかしおえれば、空気を遮断することによって火を消すことが可能であり、その木炭はあとで再び使用できる。効率化は木炭ストーブの改良によってもできる。もともと木炭ストーブはたき火式の調理の場合より効率的であるが、普通のコンロ（ジコ）の熱効率は10%である。ポーランドの科学者であるワクラウ・ミクタ氏（Mr. Waclaw Micuta）によって設計

された新しいコンロは30%の熱効率をもつといわれる。このほか異なる熱効率をもったいろいろのジコーがある。これはすべて、熱エネルギーを持続することによって熱効率を高めるように工夫されたものである。

炊事用コンロの設計の細かいことは別にして、一般に、熱量の損失は次の事柄によることに注意することが肝要である。

- (1) 燃料の不完全燃焼
- (2) 火力の調理鍋への熱伝達機構
- (3) コンロと鍋、釜からの対流、伝導、輻射の損失

熱効率を高めるための工夫は、すべて以上の諸点の改善に結びついている。たとえば、煙突や空気穴のような装置は空気と燃焼を調節するためである。たとえば、陶器のような物質による断熱は、輻射や伝導による熱損失を避けるとともに、同量の熱量を鍋、釜に集中させることにある。炊事コンロの改良はエネルギーの持続ばかりでなく、煙を減少させ、炊事中の子供の火傷の危険を回避している。効率化の及ばず全体の問題と関連して、森林伐採は単に木質燃料の不足を補うためばかりでなく、農作物生産に場所を提供していることを銘記しておかなければならない。トウモロコシや他の作物の耕作には、限界地をはじめ広大な面積が必要である。専門家の意見では、農作物の現在の生産量は、先進的技術のもとでの生産量の約半分であるという。単位面積あたりの生産性を向上することによって、いくらかの農地はエネルギー用の農地として開放できるとともに、さし当り、木質燃料用の土地を農地に転用する必要性もなくなる。木材生産のために大面積の地域を必要とし、将来ますます必要となることからみて、この農業進歩の状況は、農業者と同様、林業者にとっても大きな関心事である。

6. ケニアにおける戦略

- (1) エネルギー危機を回避するために行わなければならない第1の当然の措置は、生長量に関する情報に基づいて、全国のバイオマスの総量を詳細に調査することである。
- (2) 利用可能な土地に対する食糧生産と木質燃料管理の非常な競合のために、木を育てるための優良な土地が不十分である。それ故、太陽、バイオガス、地熱といった代替エネルギーを開発することが必要である。これらの代替エネルギーは、貧弱な木質エネルギーを補うであろう。現に、いくつかの国では森林を十分に育てる時間を得るために、政府が石油燃料を供給することに解決点を見出している。ここで注意しておかなければならないことは、バイオガスは悪名高い牛糞の燃焼によるエネルギー利用とちがって、農作物に不可欠の窒素を副産物として豊富に生産することである。同様に、現在ちがった方法で排棄されている人糞もまたバイオガスの発生に利用することができ、それは牛糞にくらべより適当である。バイオガス発生過程で大部分の病原生物体が破壊されるので、人糞やその他の都市排棄物に適した方法である。インドや中国における小規模なバイオガス生産の経験はケニアの条件に合致し

している。

- (3) 適切な樹種の造林は不可避の方策である。すでに指摘したように、森林面積の中での燃材林はわずか12千haにすぎない。ha当たり年間生産量を20m³とみても、木質燃料の収穫可能量は24万m³すなわち168千トンである。かりに32百万トンが必要であるとすれば、年に造林しなければならない優良土地は2,285,714haとなる。これは途方もなく大きな面積である。利用可能な土地の大部分は乾燥地帯にあり、ここでの潜在的生産力は優良土地の12%以下であるから、要造林面積はこれにともなってより大きくなる。

木質燃料用樹種として試験され適当と認められたものとしては、ユーカリの数品種がある。ユーカリには約700種あるが、ケニアで試みられたのはほんの数種にすぎない。もっとも普通に植栽されているユーカリ品種はつぎのとおりである。

Eucalyptus saligna, *microcorys*, *paniculata*, *maculata* ユーカリの中には揮発性油を含んだものがあり、これらは燃料材との二重利用が可能なことから好まれているが、これらの品種としては、*Eucalyptus globulus*, *E. dirers*, *E. Smithii*, *E. bicostata* などがある。

また、多数の豆科植物も有用である。これらの樹種は高い熱量をもつと同時に、空気中の窒素を土壤に固定する能力をもっている。もっとも有名な樹種は *Leucaena leucocephala* であって、これはまたフィリピンなどにおいて、旺盛な萌芽生長の故に魔法の木として知られている。この木の年間1ha当たりの生長量は30~40m³と報告されており、また限界的な土地で生長可能である。良好な土壤では年間1ha当たり100m³も可能であり、同時に他の豆科植物と同様窒素を固定して土壤を改良する。この木は4年周期で1ha当たり最高200~350m³の幹材積生長量、胸高直径10~15cm、樹高15~18mを得ることが出来る。望ましい植栽間隔は1m×2mである。これはまた、豊富な蛋白質を含む家畜飼料としても注目されている。年間1ha当たり90トン(生重)の飼料を供給する。この樹種は乾燥にも強く、降水量600~1,700mmの間でよく生長するが、250mmでも耐えることが出来る。ケニアにおいては、*Leucaena glauca* が試験されて来たが、十分な成功に至っていない。*Cacia siamea* も窒素の土壤固定を行い、家畜飼料を供給し、高い熱量を持った樹種である。

このほか興味のある樹種としてはトウダイグサ科(*euphorbia*)のものがある。これは半乾燥地帯において生長する特長をもっており、油と同じ位の低い分子量の炭化水素を有すると報告されている。ブラジルのトウワタ属である *Euphorbia tirucalli* や *E. lathyrus* の植林地では、1ha当たり20~25バレルの油を生産した例が報告されている(Hall, D. O. 1979)。簡単な計算によって、年間の石油輸入量に相当する木材を生産するための半乾燥地帯の面積を理論的に示す。ケニアは年間約23百万バレルの石油を輸入している。そのうち約13百万バレルが国内で消費され、残りが再輸出される。ある種の樹種(*Cordia alliodora*)では、採取後の樹液を液体燃料に精製することが出来る。このような貴重なエ

エネルギーを抽出する技術が、ケニアのように石油のない国では是非開発されなければならない。

ケニアの造林樹種の選択に関して困った問題は、乾燥に強い樹種の大部分は、生長がかなり遅いということである。半乾燥地帯の樹種の潜在的生産力は、早生樹種のその10~12%といわれている。早生で、しかも乾燥に強い林木の育種が、エネルギー問題解決のために急を要する研究であるといえよう。しかし乾燥地造林樹種の候補として注目に値する樹種もいくらか存在する。適合樹種の選択と品種検定は、それが成功した地域に集中して行ない、類似の気候をもった他の地点において試行されて来た。これらの樹種の多くは乾燥期に順応出来る根と葉を有している。最終的な利用もさることながら、樹種の選択に当っては乾燥状態で生き残ることが第1の条件である。次の樹種は木質燃料として試用することが出来る。

Acacia tortis, *Acacia albida*, *Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Acacia nilotica*, *Acacia lahai*, *Brachylaena hutchinsii*, *Casuarina eguiseifolia*, *Tarchonanthus compositus*。

エネルギー危機を解決しようとする場合の樹種選定の原理は、高い熱量を有すること、生長が早いこと、そして出来れば旺盛な萌芽力を有することである。またこの国の植林にとって水利条件が最大の難関であるから、乾燥に強い樹種であることも有力な条件である。乾燥に強い樹種が一たん定着すれば、これが環境に著しく改善し、乾燥にそれ程強くない樹種の生長を可能にする。

- (4) 許可制度によって木材の無駄な利用方法を阻止することができるであろう。許可を与える場合、統合された (integrated) 木材産業に優先度を与えるべきである。
- (5) たとえば大規模な草地の火入れを止めさせるような法規を設け着実に実行すべきである。ぼう大な量の木材が年々煙になっており、これは木質燃料の浪費である。
- (6) 過放牧は必然的に植物の発生を妨げる。これは草生ばかりでなく、将来木材生産に役立つ樹木の発生をも阻害する。
- (7) エネルギーのための木材を増加させるに十分な土地に対する適切な措置をとる必要がある。
- (8) 適切に計画された木質燃料林造成の有用性についての教育宣伝活動は、エネルギー危機解決に役立つにちがいない。これにはもちろん学校教育も含まれる。一たん若者の理解が得られれば、国には非常に効果的にエネルギー農場といった概念が農村地域での標語として活用されるべきである。各農家は農場の一部を木質燃料用として確保すべきである。比較的大規模な農家は、その面積に応じて国家レベルの目的のために木質燃料を生産すべきである。アグロクオレストリーは、エネルギー危機を回避し、農村地域の開発を優先する政策に沿って農村の貧困を緩和することにおいて、非常に大きな役割を演ずる。教育宣伝活動とともに、農村住民に容易に受け入れられ理解される技術も重要である。
- (9) 植林は長期間を要する事業であって、即座の収入を伴う事業に時間を費やす傾向の強い個

人の関心を得ることは困難である。植林事業では資金不足が最大の制約である。個人の植林が困難な場合には、国による有利な資金や補助金によって財政的刺激を与えることが、戦略上重要であろう。

- (10) 詳細な植林計画が樹立されたとしても、実際の植林事業の実行には、資格を得た人々の参加が必要である。このような技術者の養成は、補助者から大学の幹部に至るまでのすべての段階で、優先度が与えられるべきである。

7. 参考文献

- Akinga, W.N. (Feb. 1980). Woodfuel survey projects in Kenya. Paper, 37 p.
- Booth, H. (Dec. 1979). Charcoal in the energy crisis of the developing world. Paper, 15 p.
- Carioca, J.O. (Feb. 1980). First meeting of Technical Panel on Biomass Energy, New York. Paper 8 p.
- F.A.O. (1979). Draft report of the Malawi wood energy project. 13 p.
- Hall, D.O. (Dec. 1979). Issue paper on biomass energy. 157 p.
- Hammer, T. (Jan. 1980). Discussion paper for Fuelwood and Charcoal Panel, F.A.O. Rome. 13 p.
- Hughart, D. (Feb. 1979). Prospects for non-commercial and non-conventional energy sources. Paper, 137 p.
- Joseph, S. (Dec. 1979). Problems and priorities in developing wood stove programmes. Paper, 8 p.
- Kamweti, D.M. (1979). The law and forest management in Kenya. Thesis, Oxford University, 189 p.
- Lawland, T.A. (1979). A brief overview of the fuelwood crisis. Paper for symposium "Inter-Energy 1979 Winnipeg, October 1979".
- Maung, M. (July 1979). Production of energy from Kenya. Paper, 8 p.
- McGramahan, G. et al. (Feb. 1979). Pattern of urban household energy use in developing countries. The case of Nairobi. Paper, 70 p.
- Minns, G.W. (March 1979). *Leucacna leucocephala* - wonder plant of the Tropics. Paper, 4 p.
- Morgan, R.P. et al. (June 1979). Appropriate technology for renewable resources utilization. Paper, 71 p.
- National Council of Science and Technology (Kenya) (July 1980). Special investigation and surveys. Jiko project. Paper, 11 p.

Ng'ang'a F. (Feb. 1980). Design of wood and charcoal burning equipment. Paper 14 p.

Owino, F. (April 1980). The challenge of tree development in the arid and semi-arid areas of East Africa with emphasis on appropriate methodology. Paper for E.A.S.S.C.G. Workshop, Addis Ababa University. 21 p.

Silverside, R. (Jan. 1980). Technical panel on fuelwood and charcoal-meeting held on 21st to 25th January, 1980, in Rome. Paper, 13 p.

Tuschak, T.S. (Aug. 1979). Kenya energy situation and options for the future. Paper, 24 p.

Western, D. (April 1979). The present and future patterns of consumption and production of wood energy in Kenya. Paper 13 p.

Ward, R. (1980). Energy recovery from wastes and biomass. Paper, 50 p.

(6) その他参考資料リスト

- ① 日本貿易振興会：ケニア（改訂版），ジェットロ貿易市場シリーズ No.146, 1976. 2
- ② 世界経済情報サービス（ワイス）：ケニア，1981.10
- ③ D.M. Kamweti: Role of Wood in Kenya Energy Crisis, Forest Dep. of Kenya, 1980. 11 ※抄訳済
- ④ D.M. Kamweti: Small-scale Industry as an aid to Forestly Development, Forest Dep. of Kenya, 1980 ※抄訳済
- ⑤ 日本貿易振興会機械部：ケニアの投資環境，昭. 57. 3 (1982年)
- ⑥ 日本貿易振興会：アフリカにおける日系進出企業の経営管理の実態，特別経済調査レポート・昭和56年度，昭. 57. 8
- ⑦ Central Bureau of Statistics, Ministry of Economic Planning and Development: Compendium to Volume 1, 1979 Population 1981. 6
- ⑧ Kenya Literature Bureau: Kenya in the Social Sciences, An Annotated Bibliography 1967-1979
- ⑨ P. Mbithi and C. Barnes: Spontaneous Settlement Problem in Kenya, East African Literature Bureau, 1975
- ⑩ L. Bailey (Ministry of Energy): Kenya Woodfuel Development Policy, 1982.11
- ⑪ E.W. YOUNG, B.H. MOTTRAM: East Africa, Physical, Regional and Human, 1980
- ⑫ Forest Department: Foreign Aided Projects
- ⑬ Republic of Kenya: Sessional Paper No. 4 of 1981 on National Food Policy
- ⑭ Republic of Kenya: Sessional Paper No. 4 of 1982 on Development Prospects and Policies
- ⑮ Republic of Kenya: Sessional Paper No. 1 of 1968 on Forest Policy for Kenya
- ⑯ Industrial Development Bank Limited: Annual Report and Accounts, 1978
- ⑰ Harold Fullard: Primary Atlas, The Kenya, 1977
- ⑱ 聞きとりメモ： NGONG Forest Station
- ⑲ Michal Senior: Tropical Lands, A Human Geography, 1979
- ⑳ The Royal Swedish Academy of Science: Energy Development in Kenya: Problems and Opportunitites, 1981
- ㉑ Ministry for Foreign Affairs of Finland: Fact Finding Mission Report on Fuelwood, Charcoal Plantation in Kenya, 1981
- ㉒ Central Bureau of Statistics: Economic Survey, 1982

- ⑳ Laws of Kenya, The Forest Ordinance Chapter 385 (1962年改正)
- ㉑ Forest Department of Kenya: Progress Report 1973 - 1978, 1980
- ㉒ Forest Department of Kenya: Production of 200 million Tree Seedlings per year - A Strategy and a focus on Rural Tree Development, 1983
- ㉓ Forest Department Annual Report, 1972
- ㉔ D.A. Tillman: Wood as an Energy Resources, Academic Press, 1978
- ㉕ 国連統計局編, 美濃部亮吉訳: 国際連合「世界エネルギー統計年鑑」, 1980
- ㉖ 総理府統計局編: 国際統計要覧, 1982
- ㉗ FAO/UNEP, Tropical Forest Resources Assesment Project 1981
- ㉘ FAO, yearbook of forest products 1969 - 1980
- ㉙ ケニア中央統計局, Economic Survey 1982

JICA