

ヤを玉掛けしておき、木寄せ地点に到着したトラクタから、そのウインチのワイヤーロープをフェアリードを通して伐倒地点まで引張り、玉掛けワイヤーに連結し、ウインチを巻いて先端が吊りぎみとなるところ迄引寄せる。その後トラクタを運転してけん引し、山工場まで運ぶ。傾斜地を下るときは時には制動運転する場合もある。一般に履帯式トラクタ集材の能率的な距離は片道平均距離で200メートルが望ましい。しかし最近では車体屈折操縦式四輪駆動のホイールタイプのトラクタの出現により行動半径が大きくなり平均500メートルでも能率的に集材が出来るようになった。

またこのようなホイールタイプトラクタの出現により、従来履帯式トラクタでは丸太の地曳抵抗を小さくするため、その付属作業機として、アーチやサルキー、スキッピングパン等を使用し、運転手に高度の運転技術を要求する作業が解消されるようになった。しかしすべての点でホイールタイプトラクタがよいというわけでもなく、泥ねい地では依然履帯式トラクタの強味も発揮しているので地質土壌等の作業条件や林道建設との兼用、スペアパーツの準備、投資額の問題等を考慮に入れて何れをとるべきか判断すべきである。

トラクタ集材作業についても作業の能率、安全上から作業基準が作られているが、これらの作業基準は熱帯林に於いても現状では一部適用が困難な場合も見受けられるが基本的な考え方は同じである。

トラクタのけん引できる荷重はトラクタの重量、性能、作業条件、等によって計算されるが、逆にけん引する丸太の重量及びその手段によりどんな大きさのトラクタが必要か、あるいは、地曳か半地曳かによりどのような機種を使うかが定まる。一般に熱帯天然林では履帯式トラクタは全備重量20トン前後のトラクタが多い。余り大きいトラクタではコスト高となり小さすぎると大径材を取扱うことが出来なくなる。また、材の側の対応として、比重の大きい大径材の場合はこれを二つ切りすることなども必要であろう。一日当りの工程は、集材距離と往路、帰路のトラクタの運行速度、玉掛け等の付帯作業時間を考え一日当りの集材回数と一回当りの集材量によって算出される。

5-1-4-2 集材の基礎理論

① 集材機集材

集材機集材は集材機および架空索を使用して集材する作業で、伐出作業のなかでも最も高度の技術を必要とする作業である。その由来は遠く紀元前1300年頃に欧州人が鉞山の堅穴から鉞石を引き揚げるのに倦揚機（ウインチ）を使用したことに初まる。わが国では伐採現場の地形等から、伐出技術のなかでも、最も発

達した分野であり、その技術水準は恐らく今では世界のトップクラスであろう。尤も集材機は、頭初（1913年）、米国よりリッチャーウッド会社製のものが輸入されて以来、日本の地形に合った機械に改良されて今日に至っている。従って、現在日本で使用されている集材機は、南洋材の大径木、天然林材の場合には小型すぎる。フィリッピンなどは古くから米国の集材機を導入し、集材機集材を行なっているが索張り方法としては最もシンプルなハイリード法を採用している。その他の熱帯林地域では殆んど集材機集材は行なわれておらず、今後南洋材資源がトラクタ集材不可能な急斜地形に求めざるを得なくなってくるにつれ集材機集材がクローズアップされるであろう。その際は恐らくハイリード方式では不可能になってくるであろう。ハイリード方式はアメリカ、カナダ等の針葉樹天然林の皆伐に採用された方式で南洋材でも比較的ヘクタール当りの集材材積の多い地域のみで普及された。

集材機集材の索張りはその基本型が10種類あってこれらを応用した索張りの種類はすでに120種類以上にも達している。

集材機本体も各種の馬力のもの、またはガソリンエンジンを使用したものディーゼルエンジンを使用したもの、あるいはドラムの数が異なる各種のものがありそれぞれの使用目的に応じたものを選ばなければならない。

集材機集材を実施する場合に、どのような重量、大きさの丸太をどのような索張り方式で集材するかを先ず第一に決め、それにはどのような性能の集材機を使用すべきか検討しなければならない。

i) 集材機の選び方

集材機を選ぶ場合に、その性能上考慮すべき因子としては、ドラムの引張力、ワイヤロープの巻きとり速度、ワイヤロープの巻きとり容量、制動能力、運転操作の難易などである。

(a) ドラムの引張力

ドラムのワイヤロープ引張力は、普通ロープの平均巻きこみ直径での引張力であらわす。これはエンジンの出力、動力伝達部の総減速比、機械効率そしてドラムの平均半径によりきまるもので、次の式によって算出することができる。

$$F = \frac{T \cdot e}{R \cdot r}$$

F：ドラムのワイヤロープ引張力 Kg

T：エンジンのトルク Kg/m

R：動力伝達部の総減速比

e : 機械効率 (大体 70 %)

r : ドラムの平均巻きこみ半径 (ドラム半径とフランジ半径の平均値である)

(b) ワイヤロープの巻きとり速度

ワイヤロープの巻きとり速度は、次の式によって算出することができる。

巻きとり速度 V (ただしドラム平均径の場合)

$$= \frac{\pi \times \text{ドラム平均径 (m)} \times \text{エンジン回転数}}{\text{総減速比}}$$

(a)、(b)についてはエンジンの回転数が最高トルクの回転数、一時間定格出力の最高回転数の場合について性能表に表示されてある。

(c) ワイヤロープの巻きとり容量

ドラムのワイヤロープ巻きとり容量は、次の式で求めることができる。

$$L = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \times B \times \frac{D_o^2 - D_i^2}{d^2} n$$

L : 巻きとり容量

B : ドラム巾

D_o : フランジ径

D_i : ドラム径

d : ワイヤロープ径

n : 巻きこみの不整による係数 (0.8 ~ 0.9)

ドラムはワイヤロープに不当なねじり応力を生ぜしめないように D_i ≥ 20d になるように設計されている。

(d) 制動能力

ドラムの制動能力は急斜地で丸太を降下させる際に重要な役割を果たすことになるが、とくに長距離、重量材の降下には十分な制動容量を必要とする。

ドラムの制動には、ブロックブレーキ、ハンドブレーキ、内括式のシューブレーキ、ディスクブレーキなどがある。現在主として用いられているのは、ハンドブレーキと内括式シューブレーキである。

ii) 集材機集材に用いられる付属器具

集材機集材作業を行なう場合には集材機本体以外に多くの付属器具を必要とする。その主なものについてのべてみると

(a) 搬 器

搬器は主索上を走行する車輪に相当するシーブ 2乃至数個をもち、集材す

る丸太の荷の重量をこれらのシーブでうけて主索につたえる。ワイヤロープに対する曲げ疲労などの影響を考慮して、主索直径に対してシーブ2コの場合は6倍以上の直径のシーブ、シーブ4コの場合は4倍以上の直径のシーブを装備するのが望ましい。シーブのみぞの大きさは使用するワイヤロープの直径の1.1倍位のみぞ底の直径をもったものがつかわれる。搬器には大きく分けて両持型搬器、片持型搬器、自動繫留型搬器の3種に分けられるが、これらの3種類の搬器のなかでもメーカーにより種々の型式の搬器が製作されておる。

(b) ブロック類

主索および作業索の案内用に数多くのブロック類を使用している。主索の空中での吊り下げ支持には三角滑車(サドルブロック・Saddle Block)を、その所定の初張力をもたせるまでの緊張には引締滑車(ヒールブロック・Heel Block)、作業索をはり回す案内には案内滑車(ガイドブロック Guide Block・スナッチブロック Snatch Block)、搬器直下での荷の上げ下ろしには吊下げ滑車(ローディングブロック・Loading Block)などが使われている。

(c) ワイヤロープ

集材機集材作業の付属器具のうち最も消耗がはげしく、安全作業上注意しなければならないのはワイヤロープである。従ってワイヤロープの性質をよく知っておく必要がある。

集材機に付属してつかわれるワイヤロープは、主索および作業索に2大別されるが、主索は搬器走行用のレールに相当するもので、集材地点にはりっぱなしで固定され、搬器荷重の支持の役目をはたせばよいのに対して、作業索は、集材機のドラムで巻取り巻戻しされることにより、ドラムの回転運動を搬器あるいは吊下げ滑車の前後あるいは上下運動にかえて伝達する役目をはたしている。したがって、主索に使うワイヤロープは、剛性があって耐張力のあるもの、作業索に使うワイヤロープは、繰り返し曲げにたえるたわみのあるものが望まれる。

一般には主索には7本線6つ撚りが使われ作業索には19本線6つ撚りが使われている。

なおワイヤロープは、搬器あるいはブロック類のシーブとの摩擦によって摩擦され、直径が減少してくるとともに、一部の索線に断線が生じてくる。直径が公 直径の7%以上減少したとき、ワイヤロープ1ヒッチ間の索線の断線数が、7本線6つ撚りでは4~6本、19本線6つ撚りでは12本以上にな

ったとき、あるいは1本以上の子繩にゆるみが生じたり腐蝕したり、キンクなどの変形が生じたりした場合には、その部分を除去してつなぎ合わせるか全部を廃棄してしまう必要がある。

(d) 架線用具

主索および作業索の索張りをおこなうためにはいろいろの器具や用具が使われる。その主なものは、立木に適当な支柱が得られない場合は人工支柱が必要であり、また木登り器、ワイヤクリップ、索継ぎ用具、索張器、ナイロンロープ、ワイヤカッタ、通話器などが必要である。

iii) 索張り作業

索張り方式は作業地の地形、集材距離、集材材積などに応じて各種あるが、現在熱帯地域における天然林の集材機集材作業はその大半がハイリード方式である。最近伐採地の奥地移行に伴ないタイラー式、フォーリングブロック式などの標準的な索張り方式も考慮されるようになった。ジャワ島のような急斜地で農地と隣接している人工林ではエンドレスタイラー式が適している。

集材機の索張り作業には設計、架線、検定および撤去の作業がある。

(a) 設計

伐採地域の地形を踏査によって十分調査し集材予定線を検討し、ポケットコンパスなどで測量を行い予定線の平面測量、縦断測量図を作成し、支間距離、支間高低差を算出し緊張度、荷重などを検討し集材線を決定する。

支柱として適当な生立木がないときには人工支柱、伐根を利用することになるが、生立木を使用する場合と同様に、十分負担力に耐えられるようなものを選ぶと同時にガイラインで補強する必要がある。

集材架線の設計を行なう場合、あらかじめ準備された集材架線設計書作成手順に必要な実測数値を入れて設計計算すると簡単に設計書を作成することができる。

(b) 架設

設計図をもとに架線を開始する場合には、まず第1に集材機を所定の位置に搬入し、据付ける必要がある。集材機の搬入に際しては、一部不整地を自力走行できるように、本体の接地面が櫛状の形態となっている。また据付けに際してはドラムをヘッドツリーまたはガイドツリーに向けて水平に据付け、ワイヤロープ巻取角を適正にし、集材作業中に機械が振動その他により移動しないよう固定する必要がある。

つぎに支柱にブロックを取付けたりガイラインを取付けるために木登り用

具を用いて柱上作業を行なう必要があるがこれらは高所、危険作業であるので充分注意する必要がある。

最後にスカイライン・作業索を引廻し連結固定して架線作業が終了することとなる。

(c) 検 定

索張りが完了したら、スカイラインが設計どおり張られているかどうか、その緊張度を検定しなければならない。この検定法には張力計による方法、振動波による方法、スカイライン支点部傾斜角の測定による方法などがある。ここでいう緊張度の基準は搬器等を掛けない無負荷の状態のときであるが、このような状態にするのは難しいので、実用上は作業索は完全にゆるめ、ロージングブロックは地上におろし、かつキャレッヂは一方の支点に近く引き寄せた状態で検定する。

以上で検定が終了したら試運転を行ない、集材機の据付け、スカイライン、作業索、ガイドブロック、台付け等に異常がないかを点検した後集材作業に入る。

当該集材作業が終了したら次の集材架線に便利な様に撤去作業を行なわなければならない。

② トラクタ集材

トラクタは大型・小型にかかわらず重車輛で本来長距離の走行には適せず、短距離で使用する機械である。先進国に於いては古くから畜力に代ってトラクタを使用し集材作業を行なって来ており、今ではトラクタ自体の性能の向上もあって急傾斜地を除いて大半がトラクタによる集材作業を行なっている。南洋材生産についても比較的大規模生産ではトラクタ集材が普遍化している。

トラクタは1人作業（ワンマンオペレーション）ができ、集材機などと違って固定的な機械施設がいらぬこと、ドーザ、ショベル等のアタッチメントを装置することにより、作業道、林道等の土木作業などの多目的使用ができる。

1) トラクタの種類

トラクタは、それに搭載している機関別、使用目的別、アタッチメント、型式別などにより分けられるが、集材作業に使われるトラクタのうち特徴ある分け方としてはクローラタイプ（履帯形）トラクタとホイールタイプ（車輪形）トラクタに分けられる。かつて林業用トラクタは使用地域の特殊条件から殆んど大部分がクローラタイプトラクタであった。

従来ホイールタイプトラクタは接地圧が大きく、軟弱地面、不斉地等の走行

にはスリップし易く、エンジン出力の割にけん引力が小さいことから伐出作業には不適當と思われていたが1960年代に入りいわゆる関節式装輪トラクタが開発されてからはその優れた性能から次第にクローラタイプトラクタに代ってきたばかりでなく、新たなトラクタ作業分野も拡大し、林業機械化の革命とまでいわれている。この伐出用トラクタの名称は車体屈折操縦式四輪駆動集材トラクタ (Articulated Frame Steering Four Wheel Drive Skidding Tractor) と称される。

本機は、従来集材作業用として致命的な欠陥をもっていたホイールタイプトラクタに次の5つの構造上の改良を行ない新機構を採用した。

- a 超低圧大直径車輪の採用
- b 総輪駆動方式の採用
- c ノースピン・デファレンシャル・ギヤの採用により片車輪がスリップし空転した場合、その車輪のギヤが自動的に外れて、動力は全て他の残りの車輪に伝達され、空転による動力の放散が起らないようにしてある。
- d 関節式フレーム構造の採用によりフレームが前部と後部に分かれ中央で一本の太い垂直の軸で回転するように連絡された構造になっており、油圧で“く”の字に屈折させることの出来る舵を設えている。
- e 前輪揺動式懸架装置の採用により左右の前輪が一本のビームでシーソー方式がとれるように支持されていて不整地でも必ず4輪が接地できるようになっている。

これらの機構一つ一つが総合的な機能を発揮してスリップの防止・けん引力の増大、障害物乗越えをし易くし・泥ぬい地の走破性を高め・不整地走行に対する安定性の増大・旋回半径を小さくすることによりせまい林内での方向転換に大きな効果を発揮し、しかもクローラタイプトラクタでは不可能な高速度で走行できるなどの利点をもっている。

現在、熱帯林の伐出作業にトラクタを使用する場合には集材用と林道建設用と併用している場合が多いが何れは集材作業の能率向上からこの種の機械が多く使用されるようになるだろう。最近はこの種の機械が積込機に使用されるようになってきており、集材、積込作業の共用という形で普及されることとなるだろう。

ii) 集材用トラクタのアタッチメント

言うまでもなくトラクタ単体では走行するだけでどんな作業も出来ないが、トラクタに付属したいろいろなアタッチメントを使うことによって、多様な作業ができる。ここで集材作業に必要なアタッチメントの主なものについてのべ

てみる。

(a) ウインチ

トラクタ集材作業を行なう場合に、トラクタが入り込めない場所にある丸太を木寄せするにはウインチが必要である。またトラクタが丸太を引いたまま運行できない所ではトラクタを前進させ足場のよい処からワイヤロープをくり出してウインチでたぐり寄せることができる。この場合にはトラクタが直接けん引走行をするより50～80%も強い引張力を出すことができる。

これに使用するウインチは、丸太を引き寄せ、トラクタに近付け、クラッチを切ったら同時にブレーキの掛るようになった機構のものが望ましい。

また丸太の引き寄せのとき、トラクタを常に丸太の方向に正対できるとは限らず、ワイヤロープは多くの場合ウインチドラムに直角に入って来ないでドラムフランジをこする。これはワイヤロープにとってもウインチにとってもよくないのでローラ3本を組み合わせたフェアリードを装備しておく必要がある。上部ローラはワイヤロープの支点を高くして丸太の地曳をし易くするのに役立つ。

(b) 玉ぞり、パン

丸太の一端を乗せて地曳きけん引するためそりや鉄製のパンを使用することがある。そりは現場で強度の強い硬木を使用し作成出来るが、これを得難い場合には鉄製のパンを使用する。これらは使用現場付近で作業現場に合せて設計製作するのが望ましい。

(c) サルキー・アーチ

サルキーはゴムタイヤの2輪車で、アーチはクローラ式のものでリーチを通してトラクタに連結する一種のけん引車である。

(d) チョーカーフック・スリングロープ

これらは丸太の荷しぼり用具でスリングロープは丸太の太さに応じてその長さを決め、両端に金具フェルールを圧着してある。このフェルールでチョーカーフックやアイソケットと連結して丸太を曳き出す。

iii) トラクタ集材作業法

トラクタは林地を自由に走行できるとはいっても、集材作業を能率的に行なうためには、トラクタ作業道をつける必要がある。すなわち木元に近い先山では作業道をつける必要がないが、荷卸し場、トラック積込場では、トラクタの運転が円滑になるよう路線を作る必要がある。トラクタ作業道はその密度を高くすることにしているが、1ヘクタール当り伐倒木が数本という熱帯林の

伐出では、トラクタのウインチロープによる木寄距離も自ら長距離となり、本格的なトラクタ作業道も作設しにくく、必要以上の高出力のトラクタで林内を走行する結果となる。

またトラクタ集材を行なう場合は、あらかじめトラクタ集材が容易であるよう伐倒木の方向を定めて伐倒しなければならない。

トラクタを使用する集材作業法は、作業技術の変遷に従って種々の方法がある。

その主なものについて述べる。

(a) 地曳集材

まずトラクタに装着したウインチで、スリングロープを取付けた丸太を木寄せし、ついで、そのままけん引運転する。泥ねい地、逆勾配などでけん引困難な処ではウインチのワイヤロープを延して丸太をその場におき、トラクタだけ前進し、足場のよい所で荷を曳きよせるという方法で集材する。制動に困難なような急斜面では、丸太の木口が地面にめり込んだりすることで制動の役を果たすが、めり込みすぎると方向転換して斜降走することになる。この場合は地表面を荒すことになり、丸太の損傷も多くなるので山腹斜行の作業道を作ることがよい。

(b) 玉そり集材

地曳集材では地面抵抗が多い場合には、玉そりまたは鉄製のパンに丸太の一端を乗せてけん引する方法がある。この方法は地曳集材に比較して30%程度地面抵抗が減少する。

(c) サルキーまたはアーチ集材

サルキーまたはアーチを使用することによりトラクタウインチから引出したワイヤロープで木寄せした丸太はその一端を吊り上げるとけん引運転できるので地面抵抗が著しく減少することができるが、空荷時の運転とくに後進運転が高度の技術を要するので最近は余り使用されていない。4-2-3の①でのべた、車体屈折操縦式四輪駆動集材トラクタは、ホイールタイプトラクタとサルキーを一体化した機構のトラクタである。これの出現により従来のクローラータイプトラクタ集材は、次第にこのタイプのトラクタによる集材に変わってきている。

これらの方法以外にもいろいろなトラクタ集材方式があるが南洋材の集材作業には関係がないので割愛することとする。

なおこれらの集材作業を安全に、能率よく実行するためわが国ではトラク

タ集材作業基準が作られており、その基本的なものは同じでありこれを準用すればよい。

IV) トラクタのけん引の理論

いまWという重さのある丸太をPというけん引力のあるトラクタで引張る場合には、丸太と地面との間の摩擦抵抗力RよりもPが大きくなければならない。これを計算上算出するのがトラクタのけん引理論である。

エンジンの停止しない範囲内でけん引できる各速度のけん引力は次の式で計算される。

$$T_1 = \frac{270P}{V} \dots\dots\dots(1)$$

T₁:けん引力 Kg

P:けん引出力

けん引出力は機種ごとに明示してあり使用場所により高度あるいは温度の補正をする。

V:速度 km/hr

これによって得られた各速度別のけん引力の値は、林地の条件が標準状態の場合で、トラクタの走行に際してはそれぞれの地面の条件に応じて抵抗をうける度合が異なり、従ってあらかじめ定められたトラクタの走行抵抗係数によりこの値を修正しなければならない。

次にエンジンの出力が充分大きくて、必要なけん引力が得られる場合でも、車輪や履帯が地上でスリップすれば現実に丸太を曳く力は得られない。車輪、履帯等と、地面との間の粘着力が充分大きいときには、エンジンによるけん引力が満度に利用できるが、逆に粘着力が小さいときには、粘着力の限度までしかけん引できない。この限度のけん引力を粘着けん引力というが、多くの場合、トラクタの出力は余っていても、粘着力が不足する場合が多い。

粘着けん引力は次式であらわされる。

$$T_2 = \mu_1 \cdot W_T \dots\dots\dots(2)$$

T₂:粘着けん引力 Kg

W_T:トラクタの重量

μ₁:粘着係数

粘着係数は走行装置の種類と土質によって実験結果から定められる。

この場合(1)と(2)の等式より導き出された数値のうち(2)式以上の値は丸太をけん引する場合の数値としては役に立たない。

以上はトラクタ側のけん引力であるがけん引される側の丸太についてはこれを地曳する場合は摺動抵抗がかかる。この地曳摺動抵抗は次式であらわされる。

$$R_1 = \mu_2 \cdot W \dots\dots\dots(3)$$

R_1 : 地曳摺動抵抗 Kg

μ_2 : 摺動抵抗係数

W: 丸太の重量

(3)の式で算出された数値がけん引力より小さい場合はトラクタ地曳作業が可能となり、あるいはトラクタ等の機種が決まっている場合どのような大きさの丸太をけん引出来るか算出することができる。通常は丸太をトラクタによってけん引する場合材の一端をトラクタのウインチで持ち上げ他端を地曳する方法をとっており、この場合の摺動抵抗は著しく減少すると同時に丸太の荷重の一端がトラクタに加算されるので粘着けん引力を増大することとなる。

5-1-5 山土場作業

5-1-5-1 検収作業

伐倒された立木のナンバー、山土場に集材された原木のナンバーを確認し、日計を記録する。

完成された丸太は概略のスケーリングを行ない、単一樹種を生産している場合は必要ないが、複数の樹種を生産している場合には、貯木場で識別できるよう木口面に樹種をマークする。次の工程の積込み、運材の間に、トラック1台毎の送り状の作成がある。

山土場検収での作業記録は出来高払いにおける賃金支払いの重要な資料ともなり、工程管理上の基礎資料となる。これらの適正な記録を通してこれ以降の工程の段取りが適切にとられ、同時にこれまでの生産上のネックがどこにあるかがチェック出来る。

5-1-5-2 積込み作業

所定の長さに玉切りされた丸太を運材トラックに積込む作業である。積込み作業に使用する機械は、トラッククレーンか、ログローダーを使用するが、一回に積込み材の重量によりそれぞれの積込機の性能を計算して機種を決定しなければならない。トラッククレーンを使用する場合には、機械を固定するためアウトリガを使用し、ブームの長さや作業半径との相関関係より許容荷重が機械の性能曲線に明記されており、これらを理解した上で機種を選定する必要がある。積込み機の運転は危険の多い作業で、運転者の教育は十分行なう必要がある。積込み作業についてはわが国でも労働安全衛生規則で細かに規定されておりこれらの遵守が能率上も、安

全作業上も必要である。積み作業を行なう場合、ログローダーを使用する場合は別としてクレーンを使用する場合には玉掛作業員が必要である。また移動したり、アウトリガ固定したり、時には木寄せ段取りなどをなす場合、玉掛手以外に運転助手が必要となる。ログローダーの場合は比較的自由に走行が可能で、時にはトラックを泥ねい地より引出す仕事も可能であり多用性がある。しかし同じ性能の他の機械と較べて高価である。

なお、積載後は、ガッチャにより荷締めを確実にしない、トラック走行中に荷くずれを起さないようにする。

5-1-6 運 材

山土場で丸太を積載し、貯木場まで運搬するにはロギングトラックを使用する。普通ロギングトラックは長材を運搬する関係上トレーラートラックを使用するが、比較的小規模生産の場合は他資材運搬を兼ねてロングボデーの大型トラックを使用する場合もある。一般に運材は悪路を走行する 경우가多くバウンドに留意し、低速で運行するようになるので高速でハイウエーを運行するトラックの感覚で導入すると思わぬトラブルが起こる結果となる。

従って積載荷重に対して余力のある大型トラックを使用するか、フレーム廻り等は、速度を犠牲にした動力伝達部の補強を行なった特殊仕様のトラックを使用する必要がある。

一日の作業量は1回の積載量、平均走行距離、平均運行速度、積載時間、荷卸時間を因子として、1日トラックが何往復出来るかを計算し、これに1回当りの積載量を乗じて算出する。

熱帯林においては、林道の条件が、砂利の不足、烈しい降雨などにより、トラックの走行にはきびしい。従って路面の安定していない新設直後や降雨時の無理な運行は、路面の破壊をまねくばかりでなく、トラックの損傷にもなり、生産計画を大きく狂わせる結果ともなるので避けねばならない。

5-1-7 貯 材

5-1-7-1 荷卸し・仕訳選別作業

貯木場に到着したトラックの丸太は、一般にトラッククレーンで荷卸しされ、これをログローダーで、仕訳選別される。比較的小規模の貯木場では、その地形によりログローダーのみでこれらの作業を行なう場合もある。

荷卸しされた丸太は、検量、格付検査を受け、その後フローター（水中で浮く材、比重が1より小）は水中におろし、シンカー（水中で沈む材、比重が1より大）は指定された仕訳樹種別に整理して積上げられる。仕訳されたシンカーについては、

とくに材面に沈木表示マークを記入する必要がある。

これらに使用する機械は山土場におけるトラック積込み機械と同一機種のものが望ましい。

5-1-7-2 格付け・検量作業

丸太を、各国の規格に従って格付けし、元口、末口の平均径、材長を測定し、必要な刻印を打った後、樹種別、品等、寸検を整理して記録する。かつて、検量はポッパス法を採用するところが多かったが、最近は一部の国を除き大部分はブレントン法を使用するようになった。

格付計量員は有資格者によって実行されるが、補助員として2名必要であり1日の作業量は300 m³前後である。

5-1-7-3 編筏作業

筏は本船舷側での崩し作業を考慮して横組みとする。一枚の筏の大きさは標準を8 m × 28 mとし、縦に2本ワイヤーロープを各丸太毎曲管を打って通し固定する。筏の前部、及び後部の数本は、補強結束し、曳航中のバレがないように留意する。沈木または沈木ぎみの丸太は両サイドに太目の丸太を抱えさせて、ロタン（籐）などにより3本1組で結束する。丸太の浮面には、検量格付時に付された番号をもとに、野張を参考として、ペンキで、所有者のマーク、ナンバーを記入し、完成した筏は船積地点に曳航するまでの間貯木池に固定しておく。

5-1-8 船積み

南洋材は生産地点の近くで利用されることは殆んどなく、遠く離れた製材工場、あるいは直接海外に輸出される。この場合、木材専用船を使用して運搬することが多いが、木材専用船は通常3千トン以上の大型の船舶となるので、貯木場に直接接岸することは不可能な場合が多い。したがって、筏あるいはポンツーンを利用し（シンカーの場合）、海岸または、河岸の貯木場から船の停泊している河口までタグボートで曳航し船積みをするのが通例である。

シンカーの場合、船積みのため陸上に貯材してある丸太はポンツーンに積まれる。ポンツーンの大きさは標準で8 m × 20 mであるのでこれが横づけできる長さの栈橋を製作し、これにポンツーンを横づけし、丸太をポンツーンの船側に平行に二列、二段にトラッククレーンを使って積載する。積込作業にあたってはポンツーンのバランスに十分注意する必要がある。

積載後はロープでしっかり結束固定する。限られた時間内に船積みするためにはポンツーンの数が多い程よいが、これの投資額も考慮しなければならない。いずれにせよ、最低2台は必要である。

筏及びポンツーン積込みの丸太を積取船の舷側迄はタグボートで曳航する。

浮木と沈木を同時に積込む場合には、揚地での荷役及び販路の関係から仕訳積みの必要があるので、シンカーは中央ハッチ、フローターは前後ハッチとして、並行して積取ることとする。

生産計画に合せた配船をしないと滞船料は荷主側の負担となり、生産計画が狂って配船が生産より先行し莫大な損失をまねいた例が多く、また船積み関連作業は悪天候などにより、工程が乱れる場合も多く、それに伴う作業時間の延長等も予想しなければならない。

5-2 林道事業の基準

5-2-1 林道計画

5-2-1-1 林道と森林施業

開発対象区域が決定して、その開発の基本計画である森林施業計画が策定されれば、その施業計画に従って、林道計画が作成されなければならない。

まず収穫実施計画、収穫方法、年度割り等を基にして、地形図を利用して図上に林道計画を設定する。

造林事業が併行する場合は、苗畑計画、造林計画（面積、新植年度区分、保育手入計画）、収穫方法及び収穫材積、収益額等を把握して、林道の投資規模、規格基準等を定めることになる。

いずれにせよ、事業基地、関連施設、公共施設等との関係も十分調査して、林道計画を策定する。

5-2-1-2 林道の目的と効果

林道は、森林の有形、無形の資源価値を、有効かつ永続的に国の経済及び国民の福祉に活用するための施設であって、森林の管理経営の基盤施設であり、地域農山村社会の経済、文化の振興も図ることができるものである。

これがために、その地域の国道、県道、市町村道及び農道等と緊密に連絡し、調和のとれた有機的な機能を発揮することができるように計画し、実施することが必要である。

林道の開設に伴ない、その効用と問題点は次のようなものである。

- 林産物の計画的生産が可能となり、造林、伐出その他の作業を容易とし、かつコストの低下を図ることができる。
- 地域労務者の通勤時間が短縮され、生産性が向上し、通勤が可能となることによって、就労の場が拡大し、労務施設の節約と合理化を促進することができる。
- 機械化の導入が可能となり、作業の安全性と作業場所の移動が容易となる。

- 小面積伐採が経済的に可能となり、大面積皆伐による林地崩壊等を防止しうる。
- 間伐、撫育も容易となり、合理的森林施業が可能となる。
- 森林の管理、保護が容易となり、火災、病虫害その他に対して、効果的に対応することができる。
- 地域住民の交通を便利にして、経済、文化の向上を図ることができ、またレクリエーション等の分野にも利用されて、住民と森林との緊密化を促進することができる。

一方問題点としては次のようなことがある。

- 林道開設には、一時的に多額の設備投資を必要とし、さらに維持費が必要となる。
 - 粗放な工事の場合には、山腹崩壊や、下流に土砂を流出するおそれが出て来る。
 - 林道敷の土地を確保する必要がある。
 - 車輛及び人の出入が多くなり、交通事故や火災の危険が増加し、盗伐の大型化のおそれが出て来る。
 - 地域によっては、環境保全、自然保護等の問題が発生するおそれが出て来る。
- これ等の効用、問題点について十分配慮して計画、実施し、効用はつとめて増加を図り、問題点の減少に努めることが必要である。

5-2-1-3 林道の区分

林道の区分は、その国の事情、森林所有の形態、森林の状態等により、異なる分類、区分がなされており、また完成後公道、又は併用林道となる場合、或いは事業用として専用林道となる場合など、区々であるが、一般的には次のように分類ができる。

目的による区分

i) 到達林道

公道等から対象林地に到達するための林道で、地域住民との関係も深い林道。

ii) 施業林道

森林施業のための林道で、事業林道とも云われ、造林、伐採、運材等林業に直接利用する道で、通常固定資産としてあつかわれる林道。

iii) 作業道

固定資産とはしないで、施業林道等から分岐して臨時的に造林、集材等に利用する道で、通常利用年数は3年以内である。利用済後は再び林地に復元することを原則とする。

形態規模による区分

1) 幹線林道

国道、地方道等と連絡し、利用区域または、流域の基幹となる林道である。

ii) 支線および分線

幹線から分岐するものを支線、さらに分岐するものを分線と云う。通常は事業林道、普通林道等と呼ばれるが、場合によっては、支線であっても幹線林道の扱いとする場合もある。

車輛又は運材方法による区分

i) 自動車道

ii) 軽車道

iii) 牛馬道(象を含む)

iv) 木馬道

v) 流送路(筏流し)

以上は一般的な分類、区分であるが、今後途上国において、林道網計画を作成する場合には、次のとおりに区分することが妥当である。

i) 1 級(幹線林道)

ii) 2 級(事業林道)

iii) 3 級(作業道)

なおこの運用に際しての一般的基準は、表 5 - 2 を参考にして、当該国で決定する必要がある。

表 5 - 2 林道区分の一般的運用基準

条件 区分	利用区域面積 ha	利用年数 年	利用目的	利用上区分	備考
1 級	500 以上	10 以上	管理、造林、長距離運材、一部集材、一般通行、その他	全天候型利用	地域住民一般利用
2 級	50 以上	3 以上	短距離運材、集材、造林	雨天一時的利用	一部分住民利用
3 級	50 以下	3 以下	短距離運材、集材、造林	乾期のみ使用	作業専用

5 - 2 - 1 - 4 林道の規格・規模

林道の設計及び施工の基準となる規格、規模は、対象地の地形、地質、気象、林地生産力、労務事情、投資限度額、林産物価格、使用年数その他諸般の条件を十分

配慮し、当該国の関係者と経済的、技術的の両面から慎重に検討して決定すべきものである。さらに具体的に検討すべき事項は次のとおりである。

- i) その地域の地形、地質を十分調査して技術的見地から検討する。
- ii) 地域の気象、特に降雨につき、台風の有無、雨期、乾期、最高雨量等を調べ、林道災害、雨と土質関係、敷砂利採取条件等を検討する。
- iii) 事業上の見地から、伐出、造林等の、事業量に適応し、支障のない規模、構造の検討。
- iv) 林道使用期間に基づき、長期、短期の使用区分を検討する。
- v) 投資額の範囲、敷地取得の難易、地域の既設道路とのバランス、行政機関、住民との協議等を検討する。

以上の見地から、今後途上国の林道として、一応の規格、規模の基準としては、表5-3が考えられるが、現地において実態を十分調査して決定し、実施過程において、特別の場合が発生することが考えられる場合は、あらかじめ例外条項を設定しておき、これの運用方法等も定めておくことが必要である。

表5-3 林道規格、規模基準

No	項目	1 級	2 級	3 級
1	車 線	2車線(当面は1車線)	1 車 線	
2	設 計 速 度	20km/h	10km/h	10km/h
3	幅 員	(7.0m) 4.6m	4.6m	4.0m
	有 効 幅 員	(5.5m) 3.6m	3.6m	3.0m
	路 肩	(0.75×2) 0.5×2	0.5×2	0.5×2
4	待避所有効幅員	6.0m	6.0m	
	同上有効長	20.0m	20.0m	
	同上全長	40.0m	40.0m	
	同上設置区間	200m以内	300m以内	
5	最 小 半 径	30.0m	15.0m	
6	最 急 勾 配	7%	9%	12%
	同上やむをえない所	10%	14%	14%
7	視 距	40m	20m	20m
8	路 面 舗 装	砂 利	砂 利	
	敷 厚	10~25cm平均20cm	5~20cm平均10cm	

№	項目	1 級	2 級	3 級
9	切取法面	8分～1.2割 草木の種子吹付編柵工	1.0割 草木の種子吹付	1.0割 草木の種子吹付
10	盛土法面	1.5割～2.0割 草木の種子吹付 編柵工 種子吹付	1.5割 草木の種子吹付	1.5割 草木の種子吹付
11	橋梁 同幅員	永久橋 Hビーム単純桁 4.0 m	永久橋 Hビーム単純桁 木橋 4.0 m	木橋
12	溝渠洗越	コルゲートパイプ等 コンクリート洗越	コルゲートパイプ等 コンクリート洗越	
13	暗渠	コルゲートパイプ コンクリートパイプ	コルゲートパイプ コンクリートパイプ	丸太水切 古タイヤ
14	構造物	永久構造 コンクリート、ブロック 蛇籠、編柵工	永久構造 コンクリート、ブロック 蛇籠、編柵工	古タイヤ 編柵工

1級林道は1車線の設計とするが、路線選定に際しては、幹線であるため将来2車線とすることを考慮に入れておくことが必要である。

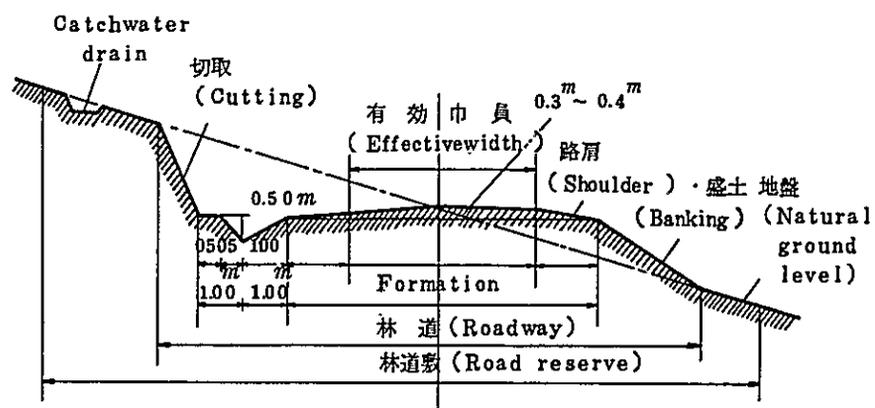
3級（作業道）は、2級林道以下のもので、現地の状況に応じた適宜のものとする。

側溝は林地の地形、降雨量等を十分考慮して、敷地入手容易の場合は、なるべく大きくしておくことが必要である。

熱帯途上国林道の一応の規格標準図を図示すれば、図5-1が考えられる。

図5-1 林道一般標準断面図

標準図 (Normal cross section of a road.)



5-2-1-5 林道の投資限度と林道密度

林道計画を検討し、投資限度の枠を決定するためには、対象区域の総合的調査と、その近傍の道路計画との関連への配慮が必要である。

この林道計画作成には、精密な現地調査の資料と、伐出功程、林道開設の確実な工事単価等を調査する必要がある。

林道の投資限度を考える場合には、その林道が開設後の災害等と、車輛の運行による負担に対して耐えうる程度の規格、規模とする。この点は公道とは若干異なる経済道路としての考え方が要求される。

林道の投資枠としては、通常の場合その建設費は、林産物の搬出総経費の15～20%の範囲が多いものである。10%以下の場合は粗悪な林道となり問題が多い。従って経済的、技術的両面から、地形、地質、気候等による施工難易度及び事業量等を基礎にして投資の枠を決定する。

林道網計画を設定する場合は、林道密度と林道配置にバランスを図るようにすることが必要である。

林道の投資限度と密度について、さらに具体的に次に説明する。

ある路線の林道投資限度を算定する方法としては、一般的に立木価格算定方式があり、我が国ではこの方法により、限度額を算出している。即ち林道開設前及び開設後の立木価格を算定し、伐出搬出量と価格差額との相乗額（資材費額）が、この投資限度額となる次式の方法である。

$$T = \sum V \cdot X - C$$
$$X = f \left(\frac{A}{1 + 1r} - B \right)$$

V. 立木材積 (m³)

X. 立木販売予定価格 (円/m³)

A. 製品市場価格 (円/m³)

f. 立木利用率

1. 資本回収期間 (月単位)

r. 収益率 (0.016/月)

C. 施設費 (円)

B. 施設以外の事業費 (円)

上式中林道開設前後で異なる因子は、B経費とC経費であり、B経費は林道開設前後による集材経費が大きな要素となって、開設後の立木価格を高め、C経費も同様集材延長が林道の延長に替わることによる経費減となって、立木販売価格を高める。

これ等の立木価格差額の前価合計が、林道投資限度であり、即ち林道開設による集材経費軽減総額の前価が、市場価格逆算方式による、立木価算定の林道投資限度算出方法である。

しかしながらこのようなコスト・プロフィットの考えとは別に、林道を開設しなければ、その森林の管理、経営が不可能な場合には、林道開設費が投資限度となることもあり得る。

最近我が国を初めとして、森林の多面的機能を高度に発揮するために必要な森林施業は、森林に要請される機能毎に異なるという点を考えに入れて、機能毎の森林施業に要する労働投入量のうち、歩行等非生産的時間に係るコストをも加味した理論式で、最適密度を求めるという方法も考えられている。即ち伐出から造林、成林に至る間に行なわれる全作業のうち、その事業費が林道密度に左右されるものを、林道開設費、入林作業員の歩行費（非生産的労務費）及び集材費と考え、これ等を要素とする費用関数から、最適的林道密度を求める次式の方法である。

$$d_0 + d = 50 \sqrt{\frac{S \cdot V (1+q) (1+q')}{r}} + \frac{K \cdot Cw \cdot Nw (1+q)}{500 \cdot Sw \cdot r_0}$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{5 K \cdot Cw \cdot Nw (1+q)}{Sw \cdot r_0}}$$

$d_0 + d$. 林道密度 (m/ha) 1級林道 + その他林道

d_0 . " (m/ha) 1級林道

S. 集材費単価 ($円/m \cdot m^3$)

V. 素材生産量 (m^3/ha)

q. 林道迂回率 q'. 作業道迂回率

r. 林道開設単価 ($円/m$) 2級林道

r_0 . " ($円/m$) 1級林道

K. 歩行距離係数

Cw. 労務費単価 ($円/ha$)

Nw. 労働投入量 ($人/ha$)

Sw. 歩行速度 (km/hr)

また従来から最も利用されて来たマシューズの最適理論は次のとおりである。

この理論は、現在ヨーロッパ各国及び日本において利用されている理論で、

Donald Maxwell Matthews 氏は、木材伐出産業の原価管理 (Cost Control in the Logging Industry) を、林道密度 (林道間隔) に適用し、固定費と変動費を

含む集材費と、林道開設費の総合計を最少にする林道密度が、適正林道密度であるとする考え方であり、我国では現在この理論式を使用している。

この理論式による林道密度は、林道間隔の逆数として表わされるもので、林道間隔を広くすると、林道までの平均集材距離が長くなり、集材費が高くなり、造林、撫育費も多くなる。この場合は林道の総延長は短くなり、林道開設費は安価となる。

またこれと反対に林道の間隔を狭くすると、全く逆の関係となる。即ちこの理論は林道までの集材費原価と、単位材積当り林道開設費とが等しくなるような林道間隔が、最少の原価となり、最適林道密度となる理論を採用している加藤誠平博士の実用式を次に説明する。(注1)

素材生産原価最小の林道密度算出法

- i. 林道間隔半分の長さ (m)
- L. 林道の長さ (m)
- d. 林道密度 (m / ha)
- S. 平均集材距離 (m)
- V. 素材生産量 (m³ / ha)
- K'. m当り集材単価 (円 / m³、m)
- K. ha当り変動集材費 (円 / ha)
- r. 林道開設単価 (円 / m)
- y. 路線長補正率 (曲り、迂回、分岐、近すぎ)
- y'. 集材距離補正率 (斜め、曲り、横取り)

$$S = \frac{i(1+y')}{2} \dots\dots\dots(1)$$

$$L = i(1+y)$$

$$A = \frac{2i+1}{10^4} \dots\dots\dots\text{林道対象面積}$$

$$d = \frac{L}{A} = \frac{10^4(1+y)}{2i}$$

$$i = \frac{10^4(1+y)}{2d} \dots\dots\dots(2)$$

(2)を(1)に代入する

$$S = \frac{10^4(1+y)(1+y')}{4d} \dots\dots\dots(3)$$

$$K = r \times d + \frac{10^4(1+y)(1+y')}{4d} K'$$

上式を d について微分し、最小値を求めた適正林道密度は次式により、求められるものとされている。

$$d = 50 \sqrt{\frac{VK'(1+y)(1+y')}{r}} \dots\dots(4)$$

1例として、1978年の国際協力事業団の開発協力調査で実施した、ニューヘブリデス・サント島東部地区の林道計画を示すと次のとおりである。

K' 集材作業の組合

ブルドーザーのオペレーター	1,000 FNH/日
準備及び補助作業 1人 × 400 FNH	400 "
計	1,400 FNH/日 = 4,620円/日
ブルドーザー D7G. 1日 5.5 hr × 3,500 FNH	= 19,250 FNH
	= 63,525円/日 賃貸料
合計	68,145 ÷ 68,100円/日

1日平均集材 $200 m^3$ を $300 m$ とすれば

$$K' = \frac{68,100}{200 m^3 \times 300} = 1.14 \text{円}/m^3 \cdot m$$

$y = 0.1$ $y' = 0.1$ とする

$r = 1$ 級林道 $3,000 \text{円}/m$

2 級林道 $2,500 \text{円}/m$

$$\begin{aligned} \text{平均単価} &= \frac{(3,000 \text{円} \times 1.15 \text{km} + 2,500 \text{円} \times 1.85 \text{km})}{300 \text{km}} \\ &= 2,692 \text{円}/m \end{aligned}$$

$$V = 160 m^3 / \text{ha} (200 \times 0.8)$$

$$d = 50 \sqrt{\frac{160 \times 1.14 \times 1.1 \times 1.1}{2,692}} = 14.3 m / \text{ha}$$

造林地となった場合の生産量 $160 m^3 / \text{ha}$ に対する適正林道密度は、一応 $14.3 m / \text{ha}$ と算出されたのであるが、現地では森林施業の実績がなく、 y 及び y' 及び造林の成林予想等不確定要素もあるので、1級及び2級林道を含めて、 $10 m / \text{ha}$ の密度としたものである。

この密度を基とし、現地の諸条件を勘案して1級、2級林道を地形図上に具体的に計画設定して、林道延長を算出するものである。

また土地生産性の高い地域では、いわゆる高密路網と称して、作業道を含めて $20 \sim 30 m / \text{ha}$ とする考え方もあるので、途上国の現地の状態から、算出された林

道密度の外に、集材作業方法、収益性等を考慮して、作業道として5～10 m/ha程度を考えることが必要と判断されたものである。

この作業道は、作業終了後は再び林地に復元することが適当である。

5-2-1-6 林道計画、設計、施工の一般方針

林道計画の設定は、伐採及び造林の目的に基づいて計画され、さらに併せて、地域住民の経済、文化の向上にも役立つ様に配慮することが必要である。

熱帯途上国の林道計画、設計、施工に際して特に問題点となることは、降雨と排水の関係であるので、路線の位置はなるべく低地は避け、日照通風にも十分配慮することが極めて重要なことである。

また、林道工事施工の結果、林地保全、環境保全を損うことのない様に十分注意することが必要である。

林道の計画、設計、施工の一般方針は次のとおりである。

1級林道は、対象地域の経営上基幹となる路線で、差当りは1車線とするが、将来は2車線になることも考慮して、計画、設計する。

河、沢に沿う路線はなるべく位置を高くし、側溝は大きく、所々に沈砂槽等設ける外、林道と沢の間には30 m以上の保護樹帯を設定する。なお路線はなるべく日向側に選定する。また公道等と連絡し、循環出来るように配置する。

2級林道は、直接事業目的のために設定するので、伐採、造林等森林施業に便利のように、延長は必ずしも最短とする必要はなく、切取、盛土、橋梁等の構造物はなるべく少なく済むように選定する。

3級道は、作業のための臨時的な道であるから、なるべく等高線に沿った縦断勾配とし、いわゆる波打勾配で良く、切取は極力少なく、土壌侵食が起きないようにし、構造物も極力作らない経済的的道路として、作業終了後は再び植林して林地に復元する。規格、規模には特にこだわらず、現地に即応したものとする。

構造物は、1級、2級林道ともに、雨量の多い熱帯途上国の場合は、長期使用に耐えるように永久構造物とし、橋梁は設計、施工が簡単なHビーム桁橋を採用することが得策である。構造は別途図示するように標準設計を採用し、床版はスラブプレートか、コンクリートの構造とする。その支間は10、12、14、16、18、20 mのタイプとしておき、橋脚で支間をスライド出来るようにしておくことが能率的である。設計荷重は、1級及び2級林道ともに連絡する公道に準じることになるが、途上国では通常14 t自動車荷重を採用している。この設計荷重でもImpact Loadとして30%を加算しており、さらに安全係数が4程度としているので、一般トラック等の通行には支障はない。

熱帯林には耐久性の強い木材が稀にある。1例を挙げれば、インドネシア産の Ulin及び、ビルマアラカン山系では Pyinkado等の樹種は、強度と耐久性があるので、橋梁溝渠等に積極的に利用することが望ましい。

洗越、暗渠、排水溝、側溝等は豪雨流水に十分耐えるように、コンクリートで補強するか、蛇籠、フトン籠等の軟工法を併用する。またパイプ類は内径を計算以上の安全をとり、十分な寸法を採用することが必要である。

5-2-2 林道設計

開発計画の実施調査 (Feasibility Study)が終了して、総合的見地から実施が決定となれば、実施設計 (Design of Project)となる。

この場合には、調査された資料を基とし、特に林相図、地形図、地質図、降雨量調書、林道網計画、林道規格、規模、投資限度、資金財源関係等を十分理解のうえ、現地で調査を実施する。この現地調査には橋梁、暗開渠等の構造物の構想、土工量のバランス等について、現地の地形、地質、林相その他から工事費の見込み等を判断し、地元状況と労務等環境条件その他についてプランをたて、作業を計画的に実施する。

5-2-2-1 測量機械器具

測 距	30 m、50 m のビニロン及びスチール製テープ、特別の場合光波測距機
測 角	1分読トランシット、コンパス、
勾 配	ハンドレベル、気圧式高度計
高 低	レベル、箱尺
測 竿	ポール、7～10本 (長さ2～3 m)
地 形	平板測量機1揃

5-2-2-2 踏査、選点、測量

現地で踏査する以前に、なるべく全般的状況を把握するため、ヘリコプターか、小型飛行機で空中から全体を調査して、図上計画で作製したプランに対して比較検討して見る。

この際技術的に無理の有無について、チェックをする。現地踏査には、伐倒集材、運材担当の専門家とも同行協議して、伐倒方法、玉切、山落し、集材方法等について具体的に打合せて、伐出と林道の関係を決定する。

幹線となる1級及び、事業林道となる2級林道については、利用効率が良く、開設後の災害が少ない位置となるような、概略路線計画を設定する。

一般的に熱帯途上国の場合、1級林道については稜線の峰近くが良く、2級林道は伐採地との関係で沢近くか、谷の形に順応したカーブとし、若干の逆勾配もトラックの性能からすれば、制限勾配の範囲内ならば差支えない。

何れにしても、1級、2級林道ともに、現地において踏査には十分な時間をとり、比較検討して関係者とも協議し、完成後において利用上の便利性と災害等の復旧経費の少なくて済む様に慎重に配慮することが必要である。

この作業の概要を説明すると次のとおりである。

- 踏査、既知の起点より3本程度の比較線を取り、前に説明した留意事項を配慮して実施し、目的に沿うような路線を選定し、地形図上に記入し最良の路線を決定する。
- 選点、踏査によって決定した予定路線について仮I.Pを現地に測設し、折線による中心線を設定する。
- 実 測
 - トラバース測量 踏査、選点によって決定した仮I.P点は、前後との関連を調整の上確定し、I.P点杭を測設する。
I.Pの位置は曲線、縦断勾配、構造物等との関連を十分配慮して確定する必要がある。交角の測定は1分読み以上の小型トランシットで行ない、交角(内角)165°以下の屈曲部には、曲線を布設し、BC杭、MC杭、EC杭等を夫々測設する。
中心線には測点を、地形の変化点、構造物設置箇所等に設ける外、直線部でも30m以内に測設する。距離は通常は50mビニロンテープを用いて水平距離を測定し、10cm単位以下4捨5入方法で正確に測定する。
 - 縦断測量、縦断測量には気泡管の感度が2mm当り40秒以内のレベルを使用し、箱尺は目盛5mm以内のもので1cm以下は4捨5入して観測し記入する。B.Mは中心線に沿って概ね500m毎に立木、岩石その他不動の箇所に設置し、その精度は往復観測差50mm以内とする。
 - 横断測量 測点杭に対して、中心線と直角方向に両側へ、夫々想定される法尻、法肩以上の区間まで、ハンドレベルとテープ又は水準器付ポールを用いて10cm単位まで測定する。支障木調査は中心線を基準として横断測量の範囲内にある立木をオフセット法により径級毎に本数を調査する。
 - 平面測量 横断測量の範囲外に対しても、10m間隔の等高線を図示できる程度に、地形測量又はスケッチで行なう。
 - 構造物調査 橋梁は中心線が流水となす角度、方向、H.W.L及びL.W.L並びに流水量、橋梁型式はHビーム桁又は木橋とするかの区分、支間、橋長、橋台、橋脚などの調査を行ない、排水施設は、設置位置、中心線との角度及び方向、材料については現地で入手し易く、耐久性のある資材調査を行なう。

- ・施工基面高、各種測量結果に基づいて交通の安全性、円滑性、経済性等に留意して決定する。
- ・その他調査、土質調査を慎重に行ない、上層、下層路盤工材料及び栗石、コンクリート用骨材等について、現地付近で採取可能な砂、砂利、玉石等を調査し、運搬を必要とする場合の方法、距離、コスト等について実態調査を行なう。

5-2-2-3 林道設計基準

各種調査、測量と、これに基づく設計積算に関しては、一応の基準を制定しておく、現地の実態に応じ技術的、経済的にも、弾力的に対応ができるようにしておくことが必要である。

従来熱帯途上国における林道事業では、これをその都度作って実施していたが、共通的な基準を作る必要に迫られている。

そこで、今まで各地の林業協力事業等で実施したものを基にし、熱帯林の特性を配慮し、我が国及び関係国の基準を参考にして、途上国の林道に適用する林道設計基準を作成し、巻末付属資料として掲載する。

5-2-2-4 構造物等の設計

林道設計の荷重計算の因子としてはトラックによる運材の荷重を主体に考え、集材のトラクター、ブルドーザー等も参考に配慮する。これ等の型式、大きさ等は一定でなく、20～30t程度のものが通常である。その他には土工用としてバックホー、ダンプトラック等が使用されるが、設計荷重としては、熱帯途上国では、一般的に公道には、14tの自動車荷重としており、インパクト荷重は、30%を加算している場合が多いので、林道としても、これと同一荷重を設計の基準とすることが妥当と思われる。設計速度は1級で20km/hr、2級、3級で10km/hrを使用する。

熱帯では降雨量が多いために、これに対する調査及び対策を十分にすることが必要であり、通常10年間程度の最大日雨量、時間雨量等を関係機関で調査する。

超過確率雨量（確率雨量）は今後発生する洪水流量等を予想する基礎資料であり、100年あるいは50年確率の最大日雨量が防災の分野で用いられている。また異常豪雨があった場合、その時の最大日雨量は何年確率の雨量に相当するかを見出すことができるものである。フィリピンパンダバンガン地域の確率雨量の1例を表5-4の数字によって説明する。（1976年3月調査資料）

表 5 - 4. 確率雨量計算表

年 度	最大日雨量	№	最大日雨量 P	$P = P - \bar{P}$	P^2
1970	74.9	1	208.3	80.0	6,400.00
1971	156.8	2	156.8	28.5	812.25
1972	107.9	3	150.9	22.6	510.76
1973	107.0	4	107.9	-20.4	416.16
1974	150.9	5	107.0	-21.3	453.69
1975	92.0	6	92.0	-36.3	1,317.67
1976	208.3	7	74.9	-53.4	2,851.56
計		N = 7	897.8		12,762.11

$$\bar{P} = \frac{\sum P}{N} = \frac{897.8}{7} \div 128.3 \text{ (平均値)} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = \sqrt{\frac{\sum P^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{12,762.11}{6}} = 51.56 \text{ (標準偏差)} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{確率雨量 } V = Q \cdot K + \bar{P} \dots\dots\dots(3)$$

超過年 (T) に対する度数係数 K の値

$$50 \text{ 年} = 2.592 \quad 100 \text{ 年} = 3.137$$

50 年と 100 年の確率雨量

$$V_{50} = 51.56 \times 2.592 + 128.3 = 261.9 \text{ mm}$$

$$V_{100} = 51.56 \times 3.137 + 128.3 = 290.0 \text{ mm}$$

上式は資料数が非常に多い場合であるから、あまり多くない場合は、この計算値は近似値となる。

$$\text{雨量比 } \frac{V_{50}}{V} = \frac{261.9}{208.3} = 1.26$$

$$\frac{V_{100}}{V} = \frac{290.0}{208.3} = 1.39$$

さらにこの場合 76 年の最大日雨量が何年確率の雨量に相当するかを計算して見る。

$$208.3 = 51.56 \times K + 128.3$$

$$K = 1.5516 \dots\dots\dots(4)$$

$$K = \frac{-\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \log_e \left(\log_e \frac{T}{T-1} \right) \right\} \dots\dots\dots(5)$$

(4)を(5)に代入

$$1.5516 = \frac{-\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \log_e \left(\log_e \frac{T}{T-1} \right) \right\}$$

$$\log_e \left(\log_e \frac{T}{T-1} \right) = -2.5671$$

$$\log_e \frac{T}{T-1} = e^{-2.5671}$$

$$T = 1.35$$

従って76年5月の最大日雨量は13~14年に1回の超過確率雨量に相当することになる。

河川等の流出量を算出することは、橋梁、その他の排水構造物の設計には必要欠くことの出来ないことである。この場合は、年間、最大日、時間降雨量等の資料を入手し、関係流域面積及び森林、草地、裸地その他土質等に関する流出係数を判断する。これ等を基にして最大洪水流量を算出する方法を次に説明する。

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A = 0.2778 f \cdot r \cdot A$$

f = 流出係数

r = 最大時雨量 (mm)

A = 流域面積 (km²)

流出係数は通常次の値を使用する。

急峻な山地	0.75~0.90
三紀層山地	0.70~0.80
起伏ある山地及び樹林	0.50~0.75
山地の川	0.75~0.85
平地の耕地	0.45~0.60
大部分平坦な大河川	0.50~0.75

また流域状況の区分による場合は次の値とする。

砂礫生産地 (上流)	0.90 以上
砂礫流過地 (中流)	0.80 以上
砂礫堆積地 (下流)	0.70 以上

フィリピンの Diamman River の場合、橋梁設計のために、坂川調査団員が調査し、算出した流量は次の数値となっている。

A = 64.84 km²、流路延長 l = 17.0 km、高低差 H = 95.0 m (0.95 km)

$$(1) \text{ 到達速度 (W) } = 7.2 \left(\frac{H}{l} \right)^{0.6} = 7.2 \left(\frac{0.95}{17.0} \right)^{0.6} = 1.276 \text{ km/hr}$$

$$(2) \text{ 到達時間 (T) } = \frac{l}{W} = \frac{17.0}{1.276} = 1.332 \text{ hr}$$

(3) 計画日雨量 (R_{24}) パンダバンガン地域

50年確率雨量 250mm/24hr

$$(4) \text{ 降雨強度 (rt)} = \frac{R_{24}}{24} \times \frac{27.5}{T+3.5} = \frac{250}{24} \times \frac{27.5}{1.332+3.5} \\ = \frac{6875}{115.968} = 59.28 \text{ mm}$$

(5) 流出係数 (f) = 0.90

$$(6) \text{ 流量 (Q)} = 0.2778 f \cdot r \cdot A = 0.2778 \times 0.9 \times 59.28 \times 64.84 \\ = 961.01 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$(7) \text{ 比流量 (q)} = \frac{Q}{A} = \frac{961.01}{64.84} = 14.82 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$$

計画日雨量 (R_{24}) の計算には過去の当地の観測より判断して 191mm/24hr とする。

$$rt = \frac{191}{24} \times \frac{27.5}{1.332+3.5} = \frac{5,252.5}{115.968} = 45.29 \text{ mm}$$

$$Q = 0.2778 \times 0.90 \times 45.29 \times 64.84 = 734.21 \text{ m}^3/\text{sec}$$

橋梁の場合には桁下の空高として、最高洪水面より 1m 以上の空間をとれるように径間、流路断面積を設計することが必要である。

参 考

上式を用いなくて、荒地が多く分布する流域の、最大洪水量を略算するためには、比流量方式により、面積に次の係数を剰じて毎秒の流量を推定することもある。

流域面積 (km^2) 0~10、10~20、20~40、40~60、60~80、80~100

比流量 ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$) 25 20 15 12 10 8

① 橋 梁

1級及び2級林道に対しては、現地に適応した木材がある場合以外は、H型钢桁を用いた単純桁橋が最も適当である。この型式は工場内で、支間毎に作製するため、精度も良く割安であり、組立が簡単容易のため、合成桁構造とするよりも単純桁の方が途上国の現地に適応しかつ安全である。橋面はコンクリート版よりも、スラブプレートとすれば、施工が簡単で、管理上のメリットもあり有利である。荷重はT荷重 14t、L荷重 3.5t/mとし、Impact荷重として30%を加算とする。支間は10、12、14、16、18、20mの6種とし型式を一定とする。

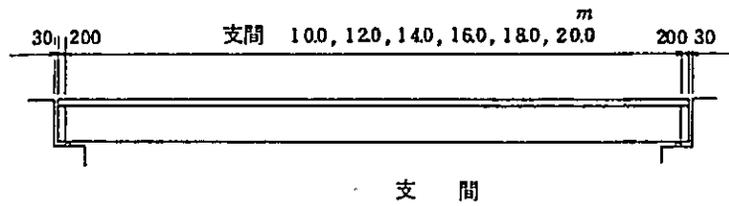
設計条件、1.荷重 T.L 14t、2.型式単純非合成桁橋梁、3.支間 Type 1 = 10m ~

Type 6 = 20m の 6 種、4.巾員 $4.0 \text{ m} + 2 \times 0.3 = 4.6 \text{ m}$ 、5.縦断勾配 Level、
 6.横断勾配 1.5% 直線勾配、7.地震係数 $K_H = 0.2$ $K_V = 0$ 、8.舗装、コンクリート舗装、床版、スラブプレート（鋼製床版）。

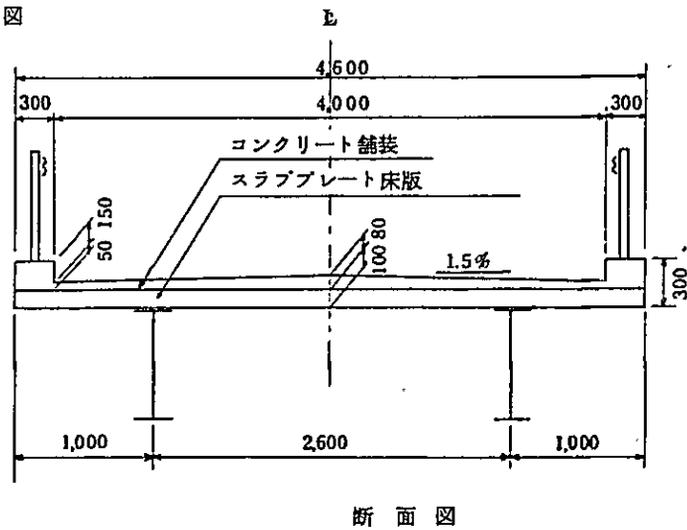
設計計算は通常の単純桁方法によるものとし、省略するが安全率は 4 程度とする。

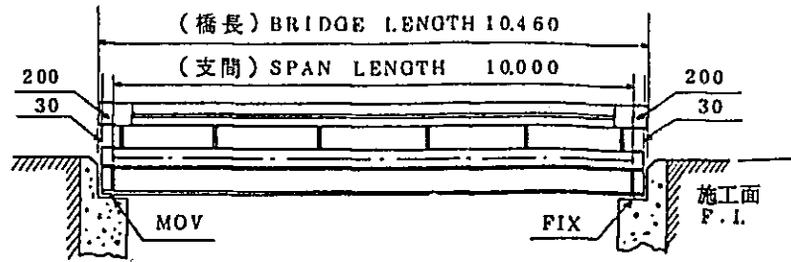
構造図、材料表等について図表で示すと、次のとおりである。

(1) 側面図

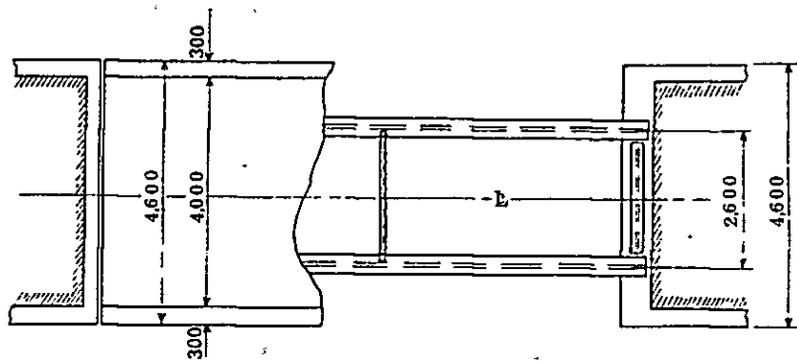


(2) 断面図

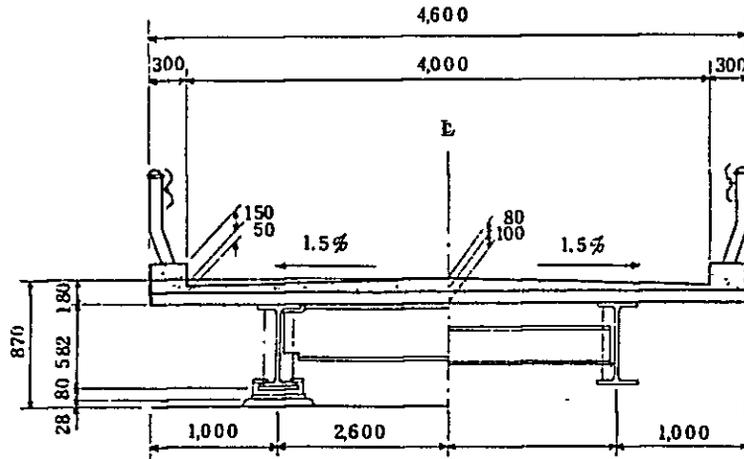




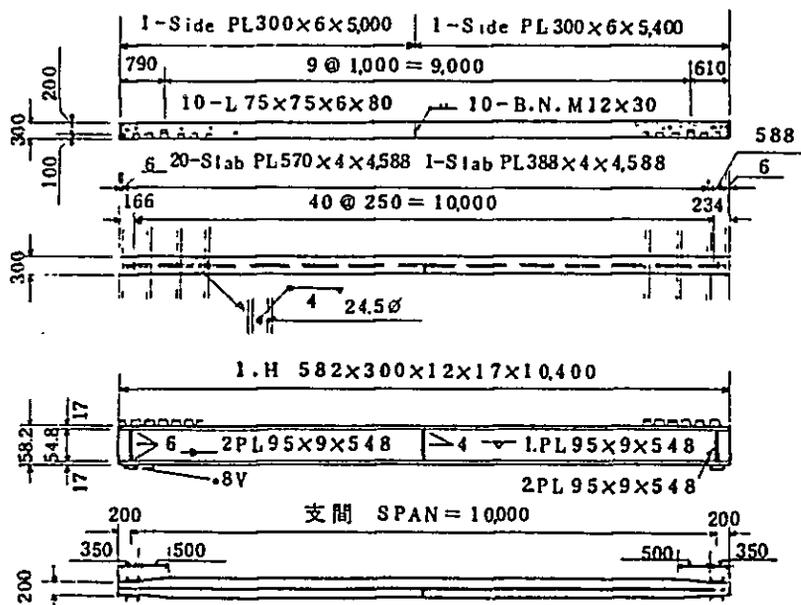
PROFILE S=1:100
 (側面図)



PLAN S=1:100
 (平面図)



CROSS SECTION $S = 1/30$
(断面図)



GIRDER & SLABPLATE $S = 1 : 90$
(主桁とスラブプレート)

MATERIAL LIST

TYPE - 1 材料表 (kg) L = 10, m³000

Material 材 料	Descrip 形 状	Size 寸 法	Girder 主 桁	Cross Beam 横 桁	Shoe 沓	Drainage 排 水	Total 合 計
SS41	PL	6	378			20	398
		9	40				40
		22	50		12		62
	Slab PL	4	2,469				2,469
	H	400x200x8x13		338			338
	C	250x90x9		89			89
	L	75x75x6	11				11
	B N	M12	1		4		5
	Anc. Bolt	28φ			24		24
	H	582x300x12x17	2,850				2,850
FIIT	HTB	M22		11		11	
MGA	Shoe	<SS35-46>			124	124	
FC15	Dr. Box	<PK-3>			16	16	
SGP	Pipe	100A			22	22	
TOTAL	合 計		5,799	438	160	62	6,459

MATERIAL LIST

TYPE - 2 材 料 表 (kg) L = 12, m⁰⁰⁰

Material 材 質	Descrip 形 狀	Size 寸 法	Girder 主 桁	Cross Beam 橫 桁	Shoe 沓	Drainage 排 水	Total 合 計
SS41	PL	6	434			20	454
		9	55				55
		22	50			12	62
	Slab PL	4	2,944				2,944
	H	400x200x8x13		338			338
	┌	250x90x9		177			177
	L	75x75x6	13				13
	B. N	M12	1			4	5
	Anc. Bolt	28φ			24		24
	H	692x300x13x20	4,117				4,117
FIIT	HTB	M22		14		14	
MGA	Shoe	<SS35-46>			124	124	
FC15	Dr. Box	<PK-3>			16	16	
SGP	Pipe	100A			22	22	
TOTAL	合 計		7,614	529	160	62	8,365

MATERIAL LIST

TYPE - 3 材料表 (kg) L = 14, m⁰⁰⁰

Material 材質	Descrip 形狀	Size 寸法	Girder 主桁	Cross Beam 橫桁	Shoe 沓	Drainage 排水	Total 合計
SS41	PL	6	491			20	511
		9	98				98
		22	50			12	62
		10	86				86
		14	125				125
		16	115				115
	Slab PL	4	5,419				3,419
	H	400x200x8x13		338			338
	C	250x90x9		177			177
	L	75x75x6	15				15
B. N	M12	2			4	6	
Anc. Bolt	28φ			24		24	
H	700x300x13x24	5,328				5,328	
FIIT	HTB	M22	112			134	
MGA	Shoe	<SS35-52>		124		126	
FC15	Dr. Box	<PK-3>			16	16	
SGP	Pipe	100A			26	26	
TOTAL	合計		9,841	529	160	66	10,596

MATERIAL LIST

TYPE - 4 材料表 (kg) L = 16, m³000

Material 材質	Descrip 形狀	Size 寸法	Girder 主桁	Cross Beam 橫桁	Shoe 沓	Drainage 排水	Total 合計
		6	547			20	567
		9	106				106
	PL	22	50		12		62
		12	120				120
		14	125				125
		16	136				136
SS41	Slab PL	4	3,895				3,895
	H	400x200x8x13		338			338
	C	250x90x9		177			177
	L	75x75x6	18				18
	B. N	M12	2		4		6
	Anc. Bolt	28φ			24		24
	H	800x300x14x26	6,888				6,888
FIIT	HTB	M22	121	14			135
MGA	Shoe	<SS35-52>			124		126
FC15	Dr. Box	<PK-3>				16	16
SGP	Pipe	100A				26	26
TOTAL	合計		12,008	529	160	66	12,763

MATERIAL LIST

TYPE - 5 材料表 (kg) L = 18, m³000

Material 材質	Descrip 形狀	Size 寸法	Girder 主桁	Cross Beam 橫桁	Shoe 沓	Drainage 排水	Total 合計
		6	603			30	633
		9	125				125
	PL	12	138				138
		16	143				143
		19	136				136
		22	50		12		62
SS41	Slab PL	4	4,370				4,370
	H	900x300x16x28	8,942				8,942
	□	596x199x10x15		484			484
		250x90x9		266			266
	L	75x75x6	20				20
	B. N	M12	2		6		8
	Anc. Bolt	28φ			24		24
FIIT	HTB	M22	130	22			152
MGA	Shoe	<SS35-52>			124		124
FC15	Dr. Box	<PK-3>			24		24
SGP	Pipe	100A			39		39
TOTAL	合計		14,659	772	160	99	15,690

MATERIAL LIST

TYPE - 6 材料表 (kg) L = 20, m⁰⁰⁰

Material 材質	Descrip 形狀	Size 寸法	Girder 主桁	Cross Beam 橫桁	Shoe 沓	Drainage 排水	Total 合計
		6	660			30	690
		9	134				134
	PL	22	250		12		262
		14	157				157
		19	218				218
SS41	Slab PL	4	4,845				4,845
	H	596x199x10x15		484			484
	[250x90x9		266			266
	L	75x75x6	22				22
	B. N	M12	2		6		8
	Anc. Bolt	28φ			24		24
	H	912x302x18x34	11,669				11,669
FIIT	HTB	M22	173	22			195
MGA	Shoe	<SS35-52>			124		126
FC15	Dr. Box	<PK-3>				24	24
SGP	Pipe	100A				39	39
TOTAL	合計		18,130	772	160	99	19,161

橋梁に適応した木材が現地で容易に入手できる場合には、途上国では木橋も経済的な構造物であるので利用すべきである。

前述のビルマのPyinkadoの強度は表5-5のとおりである。

表5-5 Safe Working Stress for Green or Partially Seasoned Timber

PYINKADO		Kg, m
1. Weight in lb per cu ft. at 12% M.C.	57 lb	913Kg/m ³
2. Bending and tension extreme fiber		
a) Inside location	3,100 lb/□"	218Kg/cm ²
b) Wet location	2,050 lb/□"	144Kg/cm ²
3. Shear horizontal along grain		
a) All locations	190 lb/□"	13Kg/cm ²
b) All locations	275 lb/□"	19Kg/cm ²
4. Compression parallel to grain		
a) Inside locations	2,000 lb/□"	140Kg/cm ²
b) Wet	1,450 lb/□"	102Kg/cm ²
5. Compression perpendicular to grain		
a) Inside locations	970 lb/□"	68Kg/cm ²
b) Wet locations	620 lb/□"	43Kg/cm ²

Source of information

Royal Engineers Reconnaissance Pocket Book 1944.

Note : Above safe working stress are for standard grade structural № 2.

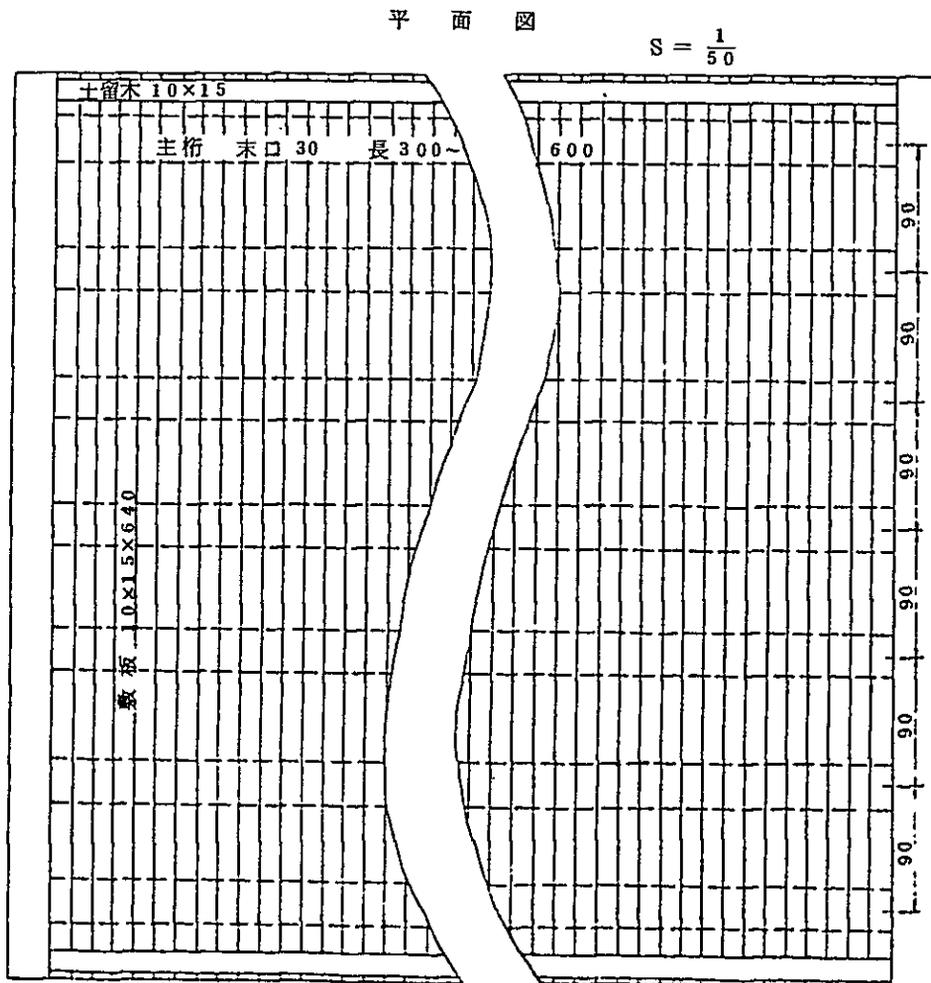
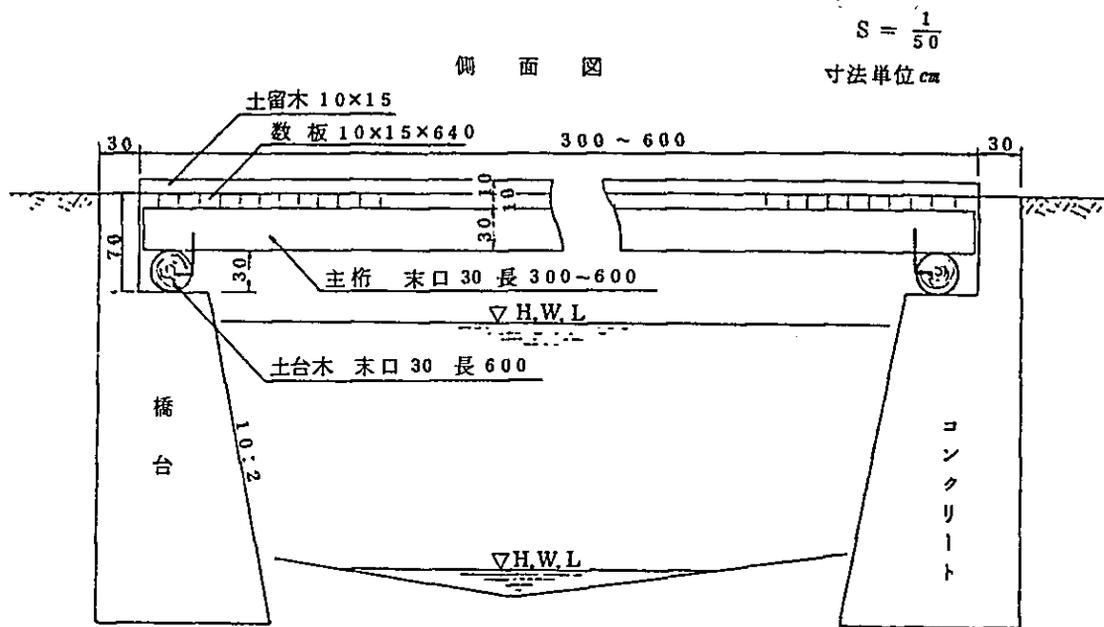
木橋の場合注意すべきことは、材料のねじれ、曲り腐朽等の欠点がなく、乾燥したもので、製材は所定の寸法に仕上げ、高欄等は美観上鉋仕上げとし、橋脚、木矢板は正しく水平にし、打込みは鉄キャップを使用して頭部の損傷を防ぎ、また金物は品質均等で欠点のないものを使用する。流心になるべく直角とし、橋台はなるべく重力式コンクリートが良い。桁下空高は、H.W.Lより1.0 m以上とする。

木橋の1例を示すと次のとおりである。

インドネシア・ジャワ山岳林技術協力プロジェクト 図5-1

ビルマ・アラカン山系林業開発技術協力プロジェクト 図5-2

図 5-1 インドネシア・ジャワ山岳林技術協力プロジェクト



正 面 図

$$S = \frac{1}{50}$$

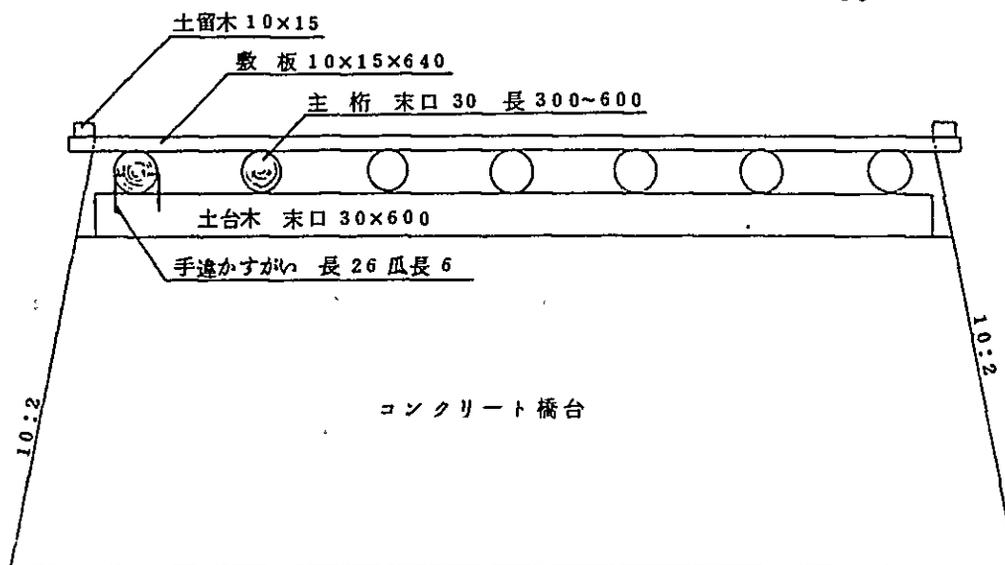
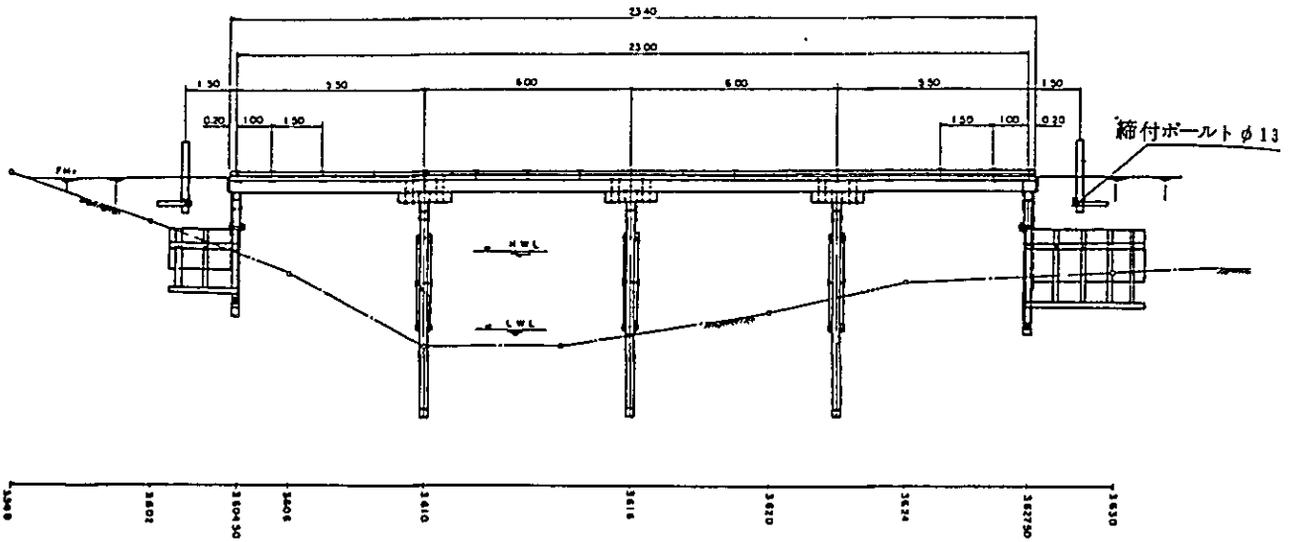


図 5-2 ビルマ・アラカン山系林業開発技術協力プロジェクト

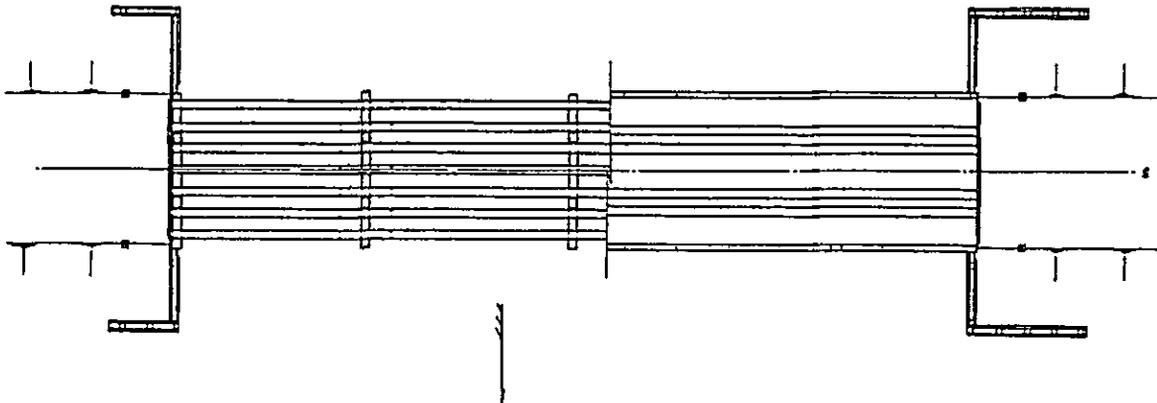
SIDE VIEW

側面図 S=1:200



PLAN

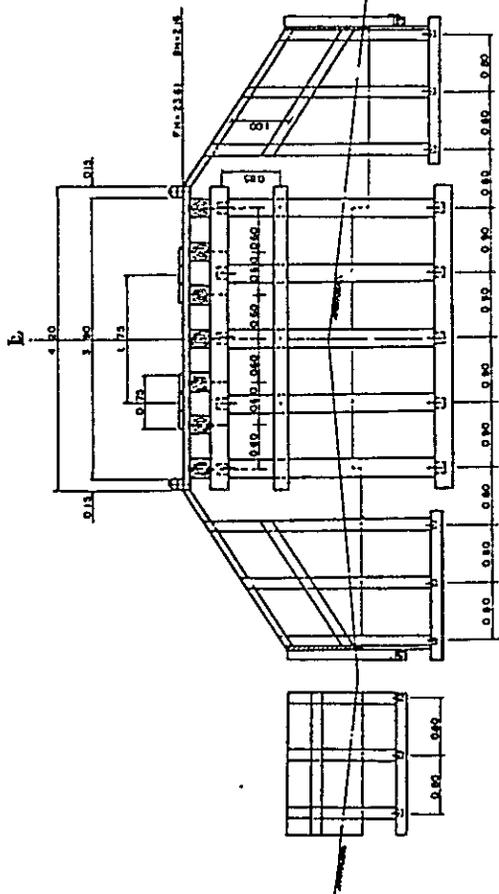
平面図



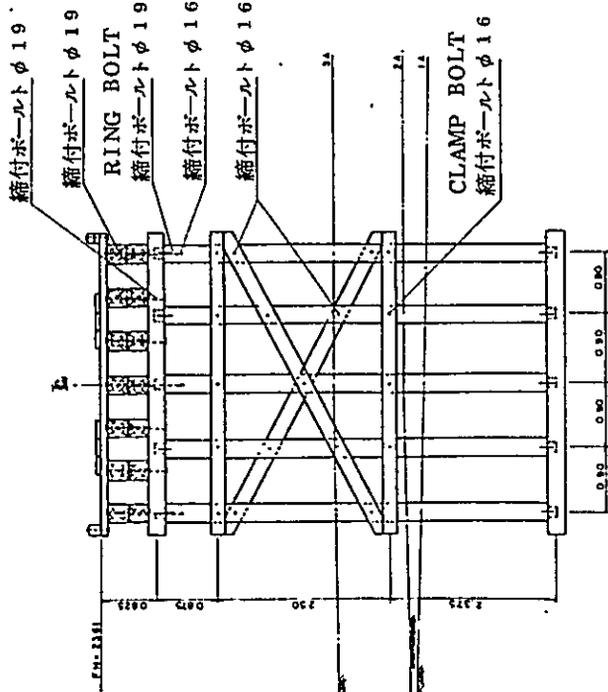
FRONT VIEW
正面図

S-1:100

No 1 ABUTMENT
第 1 橋台

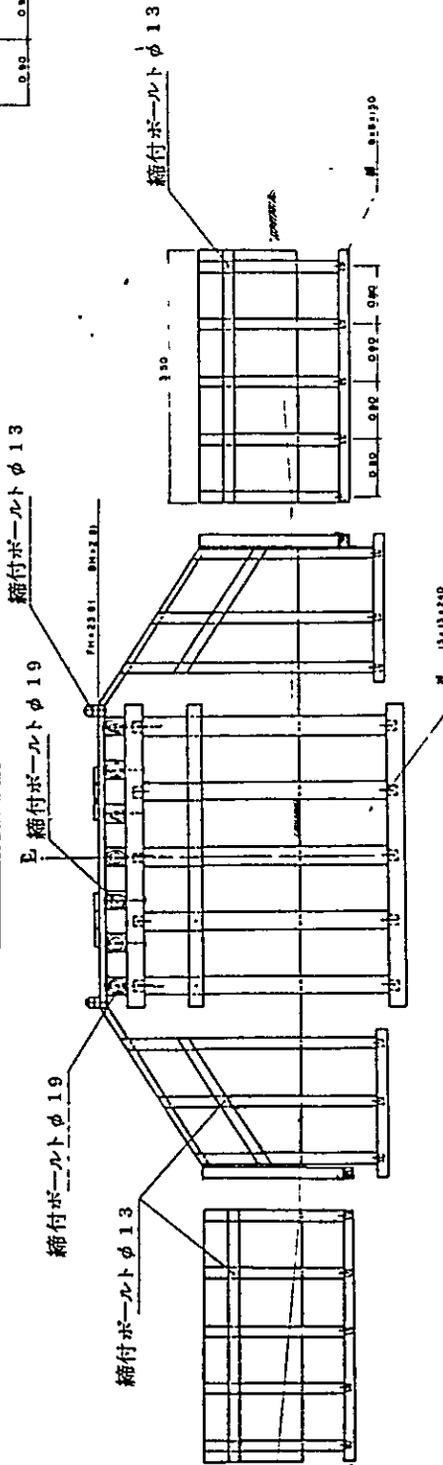


No 1.2.3 PIER
第 1.2.3 橋脚



縮付ボルト $\phi 19$
縮付ボルト $\phi 19$
RING BOLT
縮付ボルト $\phi 19$
縮付ボルト $\phi 16$
縮付ボルト $\phi 16$
CLAMP BOLT
縮付ボルト $\phi 16$

No 2 ABUTMENT
第 2 橋台



縮付ボルト $\phi 19$
縮付ボルト $\phi 13$
縮付ボルト $\phi 13$
縮付ボルト $\phi 13$

MATERIALS LIST

材料表

JAPANESE 名称	ENGLISH ITEM	QUALITY 材質	SIZE 寸法			@ 単材積	QUANT- ITY 数量	AMOUNT 総材積	NOTE 備考
			W	t	L				
車除	CAR AVOIDANCE BAR	PyK60	0.20	0.20	2.00	0.080	4	0.320 ^{m³}	
板	BED PLATE		0.10	0.10	1.00	0.010	8	0.080	
地覆木	RAILING		0.10	0.12	2.80	0.28	4	0.112	
			0.15	0.12	3.20	0.58	12	0.696	
水線木	DRIPPLATE		0.15	0.06	0.45	0.004	34	0.136	
板	SURFACE PLATE		0.25	0.06	3.00	0.045	47	2.115	
板	PLANKS		0.25	0.10	4.20	0.105	94	9.870	
主桁	MAIN GIRDER		0.25	0.30	5.50	0.413	14	5.782	
			0.25	0.30	6.00	0.450	14	6.300	
枕梁	CROSS GIRDER		0.25	0.25	4.20	0.263	5	1.315	
腹木	SPLICE GIRDER		0.25	0.30	1.50	0.113	21	2.373	
扶橋	CROSS PILE		0.20	0.10	4.20	0.084	14	1.176	ABUTMENT PIER 橋台 橋脚
			0.20	0.06	2.00	0.024	2	0.048	SHEETING PLATE 土留板
					2.20	0.026	4	0.104	
					3.50	0.042	2	0.084	
筋違	BRACING		0.20	0.10	4.80	0.096	6	0.576	PIER 橋脚
橋杭	COLUMN		0.25	0.25	3.30	0.206	5	1.030	NO.1 ABUTMENT 第1橋台
					3.80	0.238	5	1.190	NO.2 ABUTMENT 第2橋台
					5.80	0.363	15	5.445	NO.1,2,3 PIER 第1,2,3橋脚
土留板	SHEETING PILE		0.15	0.15	3.30	0.074	2	0.148	NO.1 ABUTMENT 第1橋台
					2.80	0.063	2	0.126	
					2.20	0.050	2	0.100	
					1.65	0.037	6	0.222	
					3.75	0.084	2	0.168	NO.2 ABUTMENT 第2橋台
					3.30	0.074	2	0.148	
					2.70	0.061	2	0.122	
					2.10	0.047	10	0.470	
土台木	BED PLATE		0.25	0.25	4.20	0.263	5	1.315	ABUTMENT PIER 橋台 橋脚
			0.15	0.15	2.05	0.046	4	0.184	SHEETING 土留
					2.00	0.045	2	0.090	
					3.50	0.09	2	0.158	
土留板	SHEETING PLATE		0.25	0.06	300	0.045	75	3.375	56 m²
床面土板	BED PLATE		0.40	0.06	4.20	0.101	2	0.202	
土留受木	PROTELION BAR		0.10	0.10	5.30	0.053	4	0.212	
計	TOTAL							45.792 m³	

STEEL MATERIALS LIST

金属材料表

JAPANESE 名称	ENGLISH ITEM	SIZE 寸法		@ 単重量	QUANTITY 数量	AMOUNT 総重量	FIXING POSITION 使用箇所		NOTE 備考
		φ	EFFECTIV LENGTH				JAPANESE	ENGLISH	
環頭ボルト	RING BOLT	19	800	233	24	55.92	主桁・枕梁・橋杭	MAIN GIRDER CROSS GIRDER COLUMN	
締付ボルト	CLAMP BOLT	13	300	0.51	8	4.08	車除 板	CAR AVOIDANCE BAR BED PLATE	
			280	0.49	34	16.66	地覆木 水線木 板	RAILING DRIP PLATE PLANKS	
			19	540	1.74	34.80	主桁 枕梁	MAIN GIRDER CROSS GIRDER CROSS GIRDER SPLICE GIRDER	
			600	1.87	84	157.08	主桁 枕梁	MAIN GIRDER SPLICE GIRDER	
			16	260	0.76	11.40	環頭ボルト	RING BOLT	
			340	0.89	34	30.26	橋杭 橋脚	CROSS PILE, COLUMN BRACING, COLUMN	ABUTMENT PIER 橋台 橋脚
			440	1.05	33	34.65	扶橋 橋杭	CROSS PILE, COLUMN	PIER 橋脚
			13	200	0.41	11.48	扶橋 土留板	CROSS PILE, SHEETING PILE	
鉗	CRAMP	8	150	0.10	56	5.60	土留板 土台木	SHEETING PILE, BED PLATE	
			16	240	0.60	30.00	橋杭 土台木	COLUMN BED PLATE	
皆折釘	BRAD	9	200	0.13	1.316	171.06	板	PLANKS	又打込ボルト
			9	120	0.08	22.56	板	SURFACE PLATE	
洋釘	NAIL	5	150	0.15	56	8.40	土留板	SHEETING PLATE	
計	TOTAL			(BOLT) (BRAD) (NAIL)	ボルト 皆折釘 洋釘	391.93 193.64 8.40			

工事名	FOREST ROAD CONSTRUCTION WORK FOR JICA FORESTRY PROJECT	11 / 12
図面名	WOODEN BRIDGE	縮尺
校閲	(訂) 設計者 コンパイル タンフ	(印) 監理者 コンパイル タンフ
		昭和 年度

② 排水構造物

溝渠類等の排水構造物の設計には、その地方の降雨量、林相、土質、流域面積等に応じて、前に説明した流出量算出方法により流量を算定し、安全率を見てパイプ類の内径を設計する。これを熱帯地域で一般的に使用出来る数値をもって、次に説明する。

最大時降雨量 $r = 50 \text{ mm}$
 流出係数 $f = 0.95$
 洪水流速 $v = 3.5 \text{ m/sec}$

以上の場合の計算例は表 5-6 のとおりとなる。

表 5-6 パイプ内径表

A (流域)	Q (流量)	パイプ径	通水量	摘要
0.3 $\text{km}^2 > A$	0.24 m^3/sec	0.3 m	0.31 m^3/sec	R.C.P
0.5	0.40	0.45	0.69	"
1.2	0.96	0.60	1.23	C.S.P
3.4	2.72	1.00	3.44	"
7.7	6.16	1.50	7.73	"
13.7	10.96	1.80	11.13	"

注 R.C.P = Reinforced Concrete Pipe

C.S.P = Corugate Steel Pipe

なお流域面積が14 km^2 以上の沢を横断する場合は、C.S.Pとするか、河床路、或は永久橋等、林道区分利用度等を考慮して決定する。

また、図表によって排水パイプを求める方法を次に説明する。

流域面積 $A \text{ ha}$
 動水勾配 (パイプ内) I
 流出係数 f

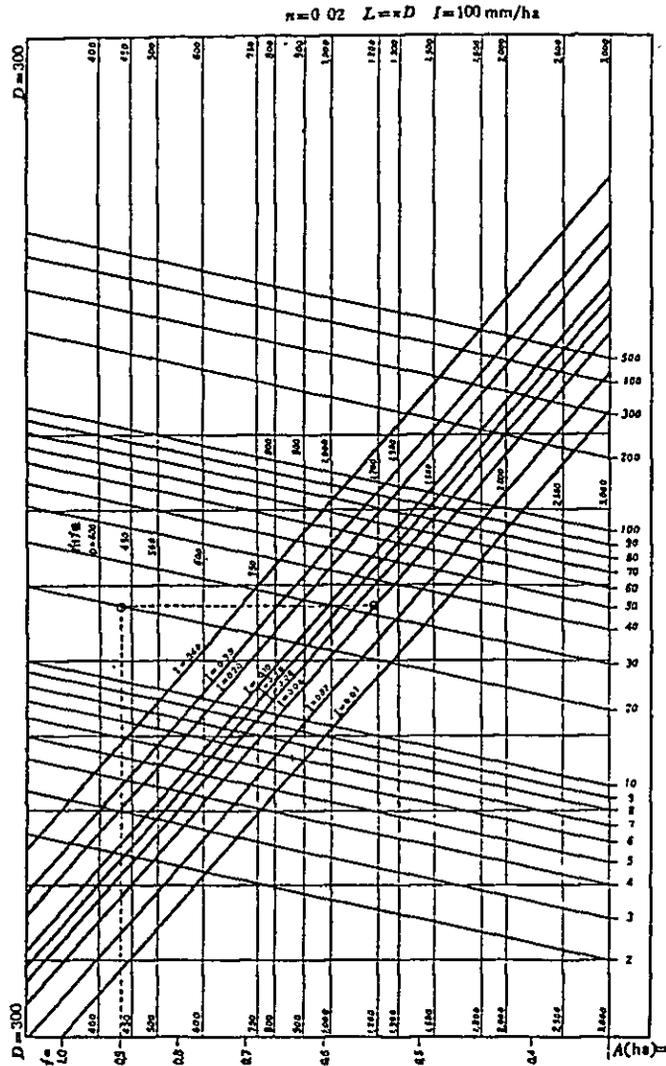
上記の数値を定めた後、表 5-7 によりパイプ径 cm が求められる。この図表は $r = 100 \text{ mm/h}$ で作成してあるので、 $r = 80 \text{ mm/h}$ の場合は、 A または f に $\frac{80}{100}$ を乗じたものを使用する。

例 $A = 20 \text{ ha}$ $I = 0.04 \left(\frac{1}{25}\right)$
 $f = 0.9$ $r = 100 \text{ mm/h}$

パイプ径は、 $A = 20$ の線と $f = 0.9$ の線の交点から水平線と $I = 0.04$ の線が

会したときの縦線数値が求めるパイプ径 cm の値であり、 $119\text{ cm} \approx 120\text{ cm}$ となる。

表 5 - 7 図表使用による排水パイプ早見表



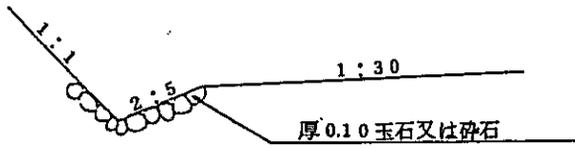
また側溝、横断溝等はコンクリートとするか又は現地産の木材等が使用可能の場合にはこれを用いて経費の節減を図る。この場合水の入口、出口等に注意し、必要の場合は蛇籠その他で保護工を行なう。熱帯地方における、これの一般的な構造を示すと、図 5 - 3、図 5 - 4 のものが適当である。

洗越（河床路）は平水時の流量に若干の余裕を取った流下量とし、降雨における一時的増水量を洗越して流出させる工法で、常時の排水はコルゲートパイプ又はコンクリートパイプを用いる工法と、コンクリート又はブロック積工法のみの場合があり、橋梁に比較して安価であるが、通常径間 10 m 程度までとする。この工法は車のバウンドに注意して、ギヤ突部に支障のないような法勾配とする。

図 5 - 3

側溝の保護 (断面図)

$$S = \frac{1}{50}$$

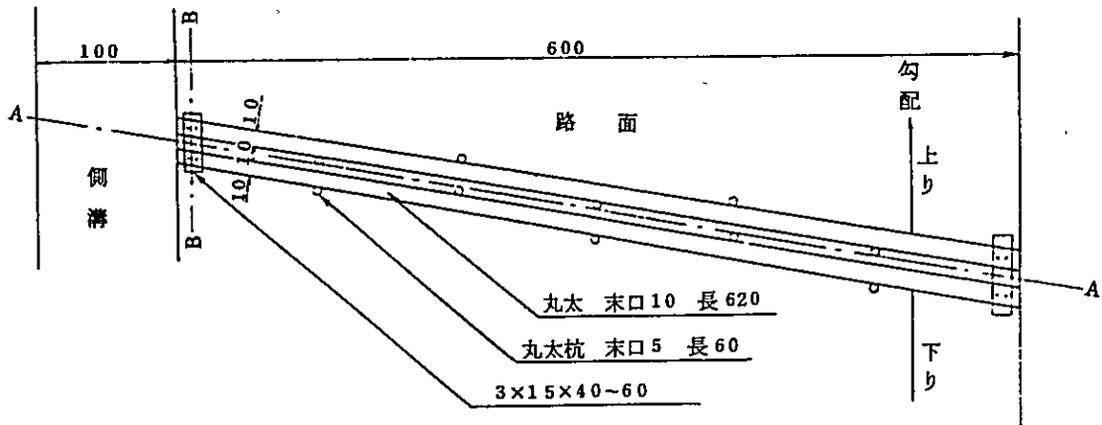


横断溝 (木製)

$$S = \frac{1}{50}$$

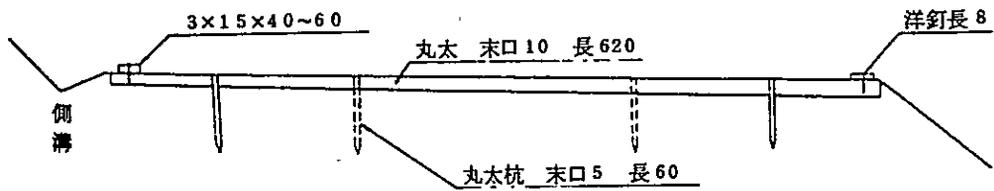
平面図

寸法単位cm



A-A 断面図

$$S = \frac{1}{50}$$



B-B 断面図

$$S = \frac{1}{10}$$

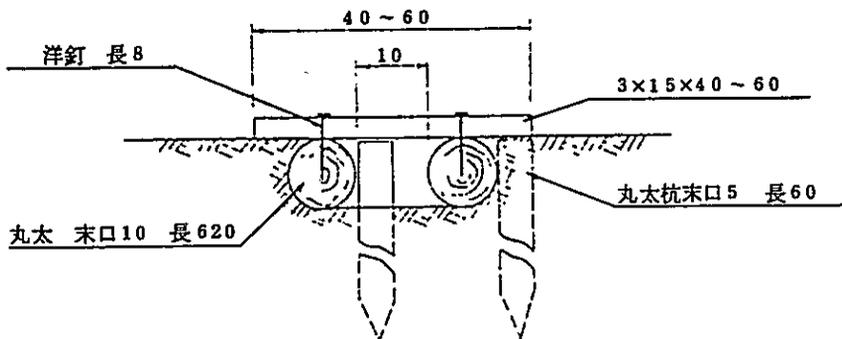


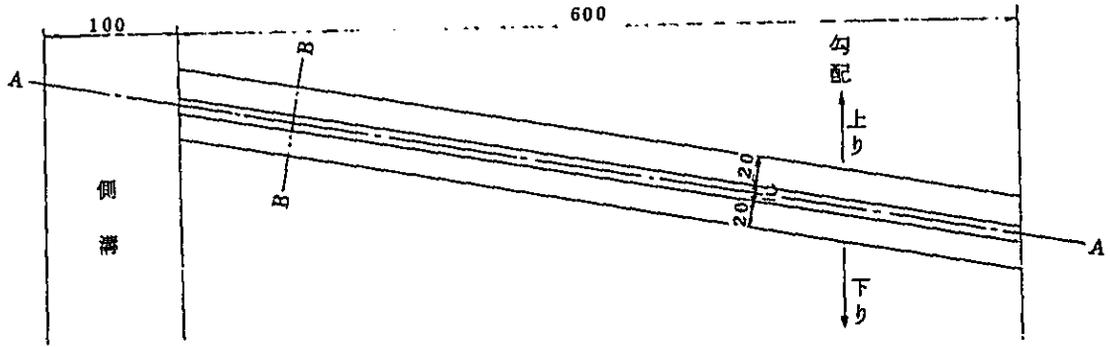
図 5 - 4

横断溝 (コンクリート製)

$$S = \frac{1}{50}$$

平面図

寸法単位 cm



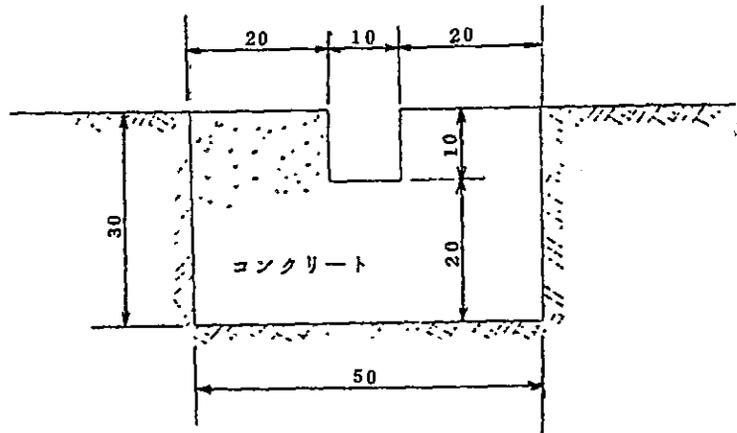
A-A 断面図

$$S = \frac{1}{50}$$



B-B 断面図

$$S = \frac{1}{10}$$

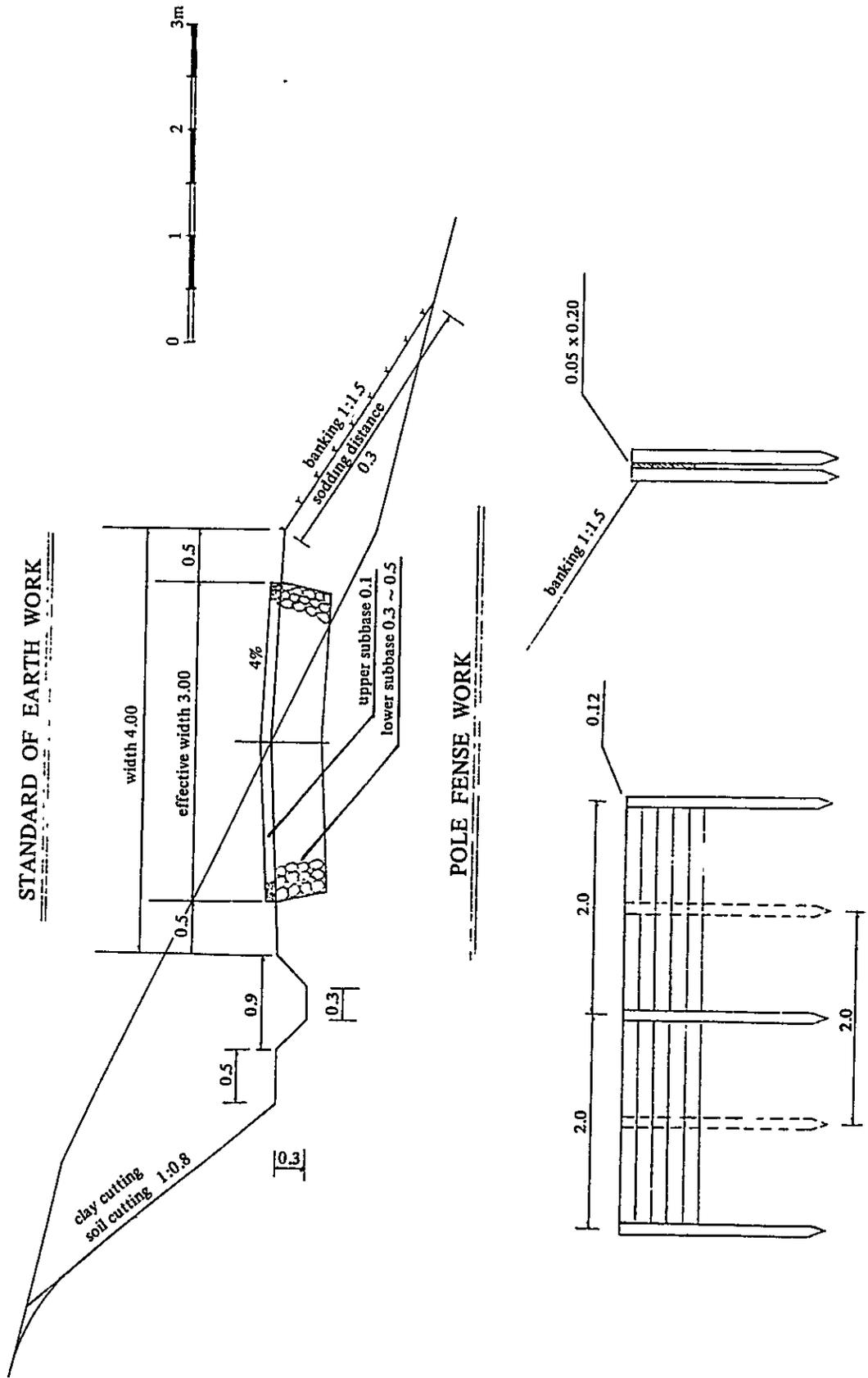


③ 路盤工

熱帯地域の土質は、路盤としては比較的不良土が多く、降雨時にはそのままの路盤では通行不能となる場合が多い。

路盤工は路床の不良土を取除き、凹凸を均し、路盤工に適した材料を使用して、下層路盤を造成し、乾燥期に工事が終了するように上層路盤を作り、バラスを敷均し輾圧する。インドネシア・カリマンタン地域の林道の例は、図 5-5 のとおりであり、盛土の法尻排水工と共に良好な効果をあげている。

图 5 - 5 路盤工例



④ 擁壁、蛇籠

コンクリートによる土留構造物、その他の森林土木構造物等の標準設計については、各種の条件に応じた場合の計算方法、安全率、材料、図表等が、林野庁鑑修、財団法人林業土木コンサルタンツ作成の資料があり、これを利用して設計すると、安全であり能率的である。要するに、熱帯途上国の現地条件を十分に勘案して、相応したバランスのとれた構造物とするようにすることが必要である。

また工事費の節約と、現地産の材料を活用する場合に、蛇籠類は軟工法として非常に効果があるので、南方では積極的に活用したい。橋台、橋脚等に木枠を組み、中に岩屑、玉石等を詰めて使用することも、材料入手可能な場合には適した工法である。

5-2-2-5 工事費の算出

設計が完了し、設計図が作成された後に、工事経費を積算する。積算に当っては現地の条件による労賃、土木機械類の償却、燃料費、オペレーター経費、時価方式による資材価格等を採用する。積算の要領は、設計基準に従って数量を算出するが、一般的に次の要領とする。

- 施工方法について直営か、請負かを、環境条件に従って決定する。
- 土木機械は土工用の場合ならば、ブルドーザー11～15t級とし、作業効率は現地の実態による数値を採用する。
- 土工、溝渠、橋梁等構造物の工期は、標準数値を現地に適合するように修正して決定する。
- 木材その他現地産のものを利用できる場合は、伐倒、製材、製作及び採取等の経費をそのまま算定する。
- 路盤材料、切込砂利等は、現場着価格を採用する。
- 土工の切取、盛土量は横断面図よりプランニメーター、三斜法等によって算出し、その量は両端断面積の平均に距離を乗じたものとする。
- 切取、盛土の法面は原則として芝付緑化を行ない、1m²当り単価に全面積を乗じて算出する。
- 伐根掘取は径級毎にし、掘取m³当りの工期から算出する。
- 路盤工は各層の厚さを定め、数量を算出してm³当りとして算出する。
- 床掘は人力か、機械掘によりm³当りの単価を算出する。
- 橋梁、排水施設構造物その他工作物は、各々現地の工期、単価を採用して算出する。
- 管理費は現場管理費及び一般管理費の適正率を加算する。

以上は、各々現地の条件に適應した単価等によって行なうが、特に現地及び当該国にない資材、例えばHビーム桁、鋼材、その他我が国より加工製作して船舶輸送をする場合は、普通混載の運賃とし、さらに現地までの運搬経費として、原材料価格の通常15～20%を加算する。また輸入税を要する場合は、別途に加算する必要がある。

一般に熱帯地域の林道工事単価は、橋梁、構造物等を除き、路体工事としては、1m当り3～8千円程度が標準的な単価の模様である。

また工事の施工順序も、施業計画に基づく緊急度に応じ、段階的に実施して行くようにし、試験作業(A)、計画的に実施出来るか否かの試験的作業(B)、本格的工事実施(C)等として、経費支出区分を慎重に行なうことが必要である。

また工事経費は、労賃と機資材費に区分しておくことも必要である。

1例として、前述のニューヘブリデス・サント島の林道開設計画工事費試算を表5-8、9、10、11に参考として示す。

① 土工費

1級林道	3千円×115km = 345,000円
2級林道	2.5# × 185# = 462,500#
3級(作業道)	1.5# × 150# = 225,000#
林道維持修繕費(1級+2級)×0.03 =	24,225#
小計	1,056,725#

② 橋梁費(Hビーム桁橋)(1橋当り)

1級、2級林道共通

表5-8 ニューヘブリデス・サント島の橋梁費試算

支間	重量	鋼材製作費	下部経費	架設費	計
10m	6,459	2,584千円	1,346千円	600千円	4,530千円
12	8,365	3,346	1,453	651	5,450
14	10,596	4,238	1,457	705	6,400
16	12,763	5,105	1,502	753	7,360
18	15,690	6,326	1,639	825	8,790
20	19,161	7,664	1,803	903	10,370

③ 溝渠費(1箇所当り)

表 5 - 9 ニューヘブリデス・サント島の溝渠費試算

工 種	品 質	幹線林道(1級)	事業林道(2級)
∅ 0.30 m 暗渠	R. C. P	12 m 80千円	10 m 67千円
0.45	"	110	92
0.60	C. S. P	210	175
1.00	"	350	267
1.50	"	450	375
1.80	"	750	625

洗越(河床路)(1箇所当り)

コンクリート造り 350千円(2級林道340千円)

5m×8m×0.5m

合 計

林道延長 300 km

作業道延長 150 km

土工費 1,032,500千円

橋梁費 79,510 "

溝渠費 11,253 "

林道修繕費 24,225 "

総 計 1,147,288千円

347,663千FNH

1 FNH = 3.3円を適用した。

表 5-10 ニューヘブリデス・サント島林道事業経費区分試算

区 分	A (試験)		B (試験的)		C (企業)		計	
	数量	金 額	数量	金 額	数量	金 額	数 量	金 額
(1級)幹線林道	km	千円	km	千円	km	千円	km	千円
(1級)幹線林道			20	60,000	95	285,000	115	345,000
(2級)事業林道	2	5,000	28	70,000	155	387,500	185	462,500
(3級)作業道	3	4,500	40	60,000	107	160,500	150	225,000
小 計	5	9,500	88	190,000	357	833,000	450	1,032,500
維持修繕		150		5,000		19,075		24,225
土工費計		9,650		195,000		852,075		1,056,725
橋 梁				13,150		66,160	13橋	79,310
溝 渠		250		1,850		9,153	54箇所	11,253
構造物計		250		15,000		75,313		90,563
合 計		千円 9,900		千円 210,000		千円 927,388		千円 1,147,288
FNH 1,000		3,000		63,636		281,027		347,663

表 5-11 ニューヘブリデス・サント島林道事業総経費試算

区 分	数 量	労 賃	機 資 材 費	計
(1級)幹線林道	km	千円	千円	千円
(1級)幹線林道	115	120,750	224,250	345,000
(2級)事業林道	185	161,875	300,625	462,500
(3級)作業道	150	78,750	146,250	225,000
小 計	450	361,375	671,125	1,032,500
維持修繕		8,478	15,747	24,225
土工費計		369,853	686,872	1,056,725
橋 (幹線事業)	13橋 160m	16,113	63,197	79,310
溝 (幹線事業)	54箇所	2,310	8,943	11,253
構造物計		18,423	72,140	90,563
合 計		千円 388,276	千円 759,012	千円 1,147,288
FNH 1,000		117,659	230,004	347,663

5-2-3 林道工事施工

5-2-3-1 施工計画

林道の施工計画をたてるに当たっては、森林の施業計画に基づく関連施設の年次計画、伐出の年次計画、育苗、植栽、撫育、収穫計画、さらにチップ工場、製材加工施設、港湾その他輸送関係の各計画と関連せしめて、林道の施工順序を定めることが必要である。

すなわち、各関連事業との関係をもて、緊急性の順序に従って林道施工の年次計画を作製する。

一般的に熱帯途上国の森林開発に際しては、先ず試験作業期間を1～2年計画し、林道は既設道路等より分岐して、作業道及び2級林道を開設し、これによるオペレーターの熟練、作業工程等の把握をすることが望ましい。

またこの結果を基にして、今後事業としての林道開設を進める見通しをたてるため、試験的事業として、1級、2級、3級林道について、各種構造物を含めて20%程度は実行し、事業としての本格的実施のための基礎データを集取整理することが望ましい。

林道の開設は、事業基地建設、関連施設、伐出、育苗、植栽等その他の事業に支障を来さないよう、前年迄に完工して、車輛の運行を円滑に、計画的に出来るようにすることが必要である。(カリマントン地区のK社は、伐採2年前に完成させている。)

森林開発事業が本格的に開始されて来ると、林道事業も緊急度に応じて施工して行くが、熱帯地域では、特に降雨量、台風、土地所有権、資金、環境保全等を勘案して、途中においても、計画の修正に対応できるよう、弾力性をもって進めることが必要である。

5-2-3-2 施工方法

林道工事の建設施工方法としては、直営施工と請負施工の方法があり、また両者を併用するようなこともある。

対象地域の施工に経験があり、技術、信用共に不安のない場合は、行政機関とも協議して請負方法で良いが、途上国ではこのような建設業者が比較的少ないので、技能者を教育訓練しつつ、直営作業とする場合も多い。

1級林道や永久構造物の施工には、責任技術者が現場で指導監督をして実施する必要があり、工程その他に無駄がなく、施工内容にも心配のないようにしなければならない。

このためには、請負工事の場合は設計図書、工事仕様書、契約関係書類を常に現

場におき、請負工事施工者と常時連絡出来るようにして、適切な指導監督・検査を実施する必要がある。

2級林道、3級道は工事費をなるべく安価にするために、直営施工が多いと思われる。

この場合でも技術者に対して現場で十分研修訓練を行ない、なるべく早く熟練者を養成することが必要である。

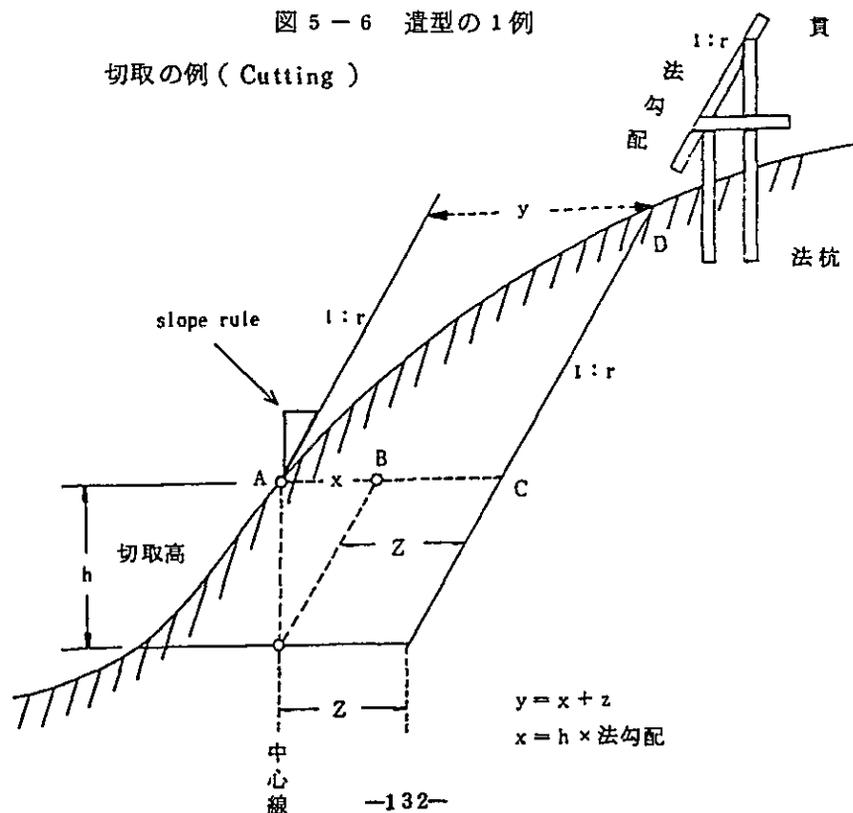
作業には中心線のI.P、測点等に対する注意、勾配、カーブの作り方等、林道の規格、規準を示して、作業の仕様書を説明し、当初はスピードよりも熟練性、工事内容、オペレーターのテクニック等に重点をおいて指導する。特に注意することは、オペレーターにまかせ放しにしないように、十分注意して進めることが必要である。

工事施工前に予め、現場責任者及びオペレーターに対して現地を踏査せしめて、地形、地質、各測量の測点、構造物等の位置、規模等その他全般について説明し、十分熟知せしめるようにしなければならない。

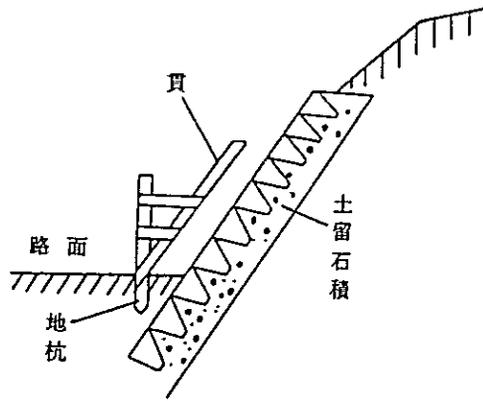
工事施工上について留意すべき事項を次に説明する。

- ① 工事測量、設計図に基づいて、中心杭（Center Marking Pile）等は工事の基準となるものであるから、伐開後にI.P、水準点（Bench Mark）に対して引照点を設置し、なお土工作業の確実を図るために30m以内毎に法肩、法尻及び構造物等に対して遣型（Finishing stake）を設置する。

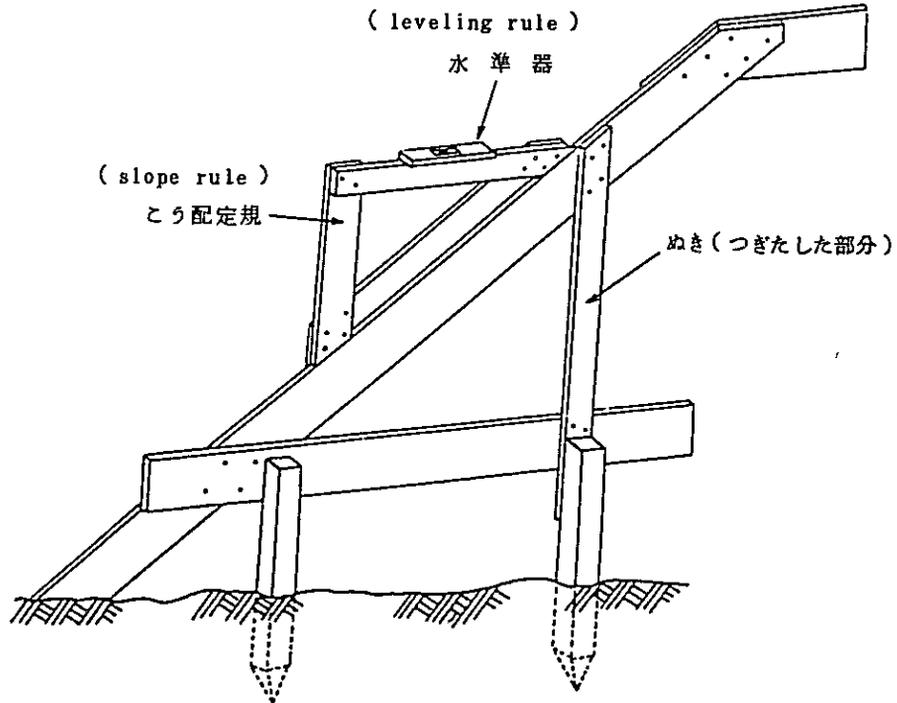
遣型の1例を示すと図5-6のとおりである。



石積の例 (Masonry)



遺型の詳細図例



② 盛土、土羽の締固め

土はブルドーザー等で適宜輾圧して、土の密度の増加を図り、沈下等の変形の少ないようにする。普通は一回の層厚として40cm以内が良い。

盛土の法勾配は仕様書に定められた安定法勾配（標準は、1：1.5、法長の長い場合は1：2.0）とし法面を叩きながら締固めるいわゆる土羽打ち（Slope tamping）を行なう、バックホー（Back-hoe）による機械締固め工法も良い方法である。

③ 谷等の凹部地形対策

林道路床部に低い凹地がある場合は、雨水が停滞して地耐力が減少の原因となるので、特に良質の材料で基礎盛土を施工してから土工作業を実施する。

④ 土のう積

最近比較的良質の化学せん維で作られている袋がある。これを利用する場合は、袋の中で十分締固めて均等に詰めることが必要である。

⑤ コルゲート、R.C、又はヒューム管、パイプ類の基礎は特に設計図通り正確に施工し、不同沈下のないように基礎を築造する。

⑥ 敷砂利

敷砂利は通常大・小適宜混合したものを使用し、その大きさは5cm以下のものとする。敷均しに際しては、路盤を均等に仕上げしてから、大きめのものを下にし、逐次粒径の小さいものを上にし輾圧しながら敷均す。降雨や、泥沼化した場合は避け、乾燥期に実施する。

熱帯途上国では、特に排水と、敷砂利には十分留意して施工することが最も重要なことである。

5-2-3-3 土工機械

熱帯途上国では、伐木集材、苗畑及び林道工事用等事業用として、共通作業に利用する場合は普通である。

森林開発、造成事業にはその事業に適応した型式、大きさの機械を選定して、降雨期を除く期間に、効率的に作業を実施して完成する必要があるが、このための機械化の導入には、施工訓練と、オペレーターの養成研修業務が不可欠のものである。

南方途上国で一般的に使用する機械と、大きさ等は次の通りである。

掘削、整地用

ブルドーザー（アングル型） 11～17 ton級（伐開集材兼用の場合には27 ton級のものをを使用する場合がある。）、1台当り運転手1名、助手1～2名

油圧ショベル（バックホー） 0.3～0.6 m³級、運転手 1 名、助手 1～2 名
トラクターショベル 0.8～1.2 m³級、積込、小運搬、運転手 1 名、助手
1 名

モーターグレーダー 9～11 ton 級、運転手 1 名、助手 1 名

岩石切取用

コンプレッサー、移動式削岩機 3.2 m³/min (43 P.S)

骨材生産用

クラッシャー

運搬用

ダンプトラック 8～11 ton 級、1 台当り運転手 1 名

コンクリート工事用

コンクリートミキサー、ベルトコンベアー、パイプレーター

5-2-3-4 熱帯の林道施工の特性

熱帯途上国で林道開設を実施している事例と、現地で関係者及び、経験者からの説明によれば、日本の林道開設とは相当異なった特殊事情があることが認識される。

先ず排水、日照、及び路線の勾配等の問題がある。排水には熱帯地方の降雨量が多い事に対する対策で、側溝、排水溝について十分に配慮して、その地質、雨量、勾配等より十分の大きさとし、現地の実態に応じて規格等の適用も弾力的に考え、大型のものとする必要がある。

日照については、当然日当りの良い場所を選び、伐開巾はなるべく広く（通常 30 m 以上）して日照通風を良くして、路面乾燥を図るようにする。

路線勾配は、現在では、逐次大型機械が伐採、集材等に利用されて来ており、馬力、重量ともに大きくなっている。そのために林道の勾配がややもすると軽視され、急勾配となりがちであり、降雨の際には路面が洗われ、掘られて破損し、運材がストップとなる。またエンジン・ブレーキにも負担が大きくなり、故障が多く、結果的には生産低下、コストアップとなって来るものである。

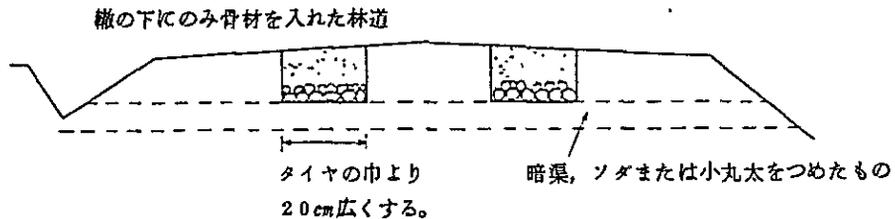
林道路盤に対しては、切取の場合有機質を多く含む腐養土または粘土質を掘取り、下層路盤として大粒の礫、玉石の切込砂利を現地に応じた厚さに用い、速やかな排水と、下からの毛細管現象で吸い上げられる水を断絶するようにするのが良い結果を得られる。

上層路盤としては、砂利、砂等の混合したものを 10～20 cm 程度に敷き輾圧する。

表層はサンゴ礁等が南方では一般に多く得られるので、散布して輾圧すれば良好な路面が築造される。

良質な路盤材料の入手に困難が多い場合は、車輪の通過する部分のみに路盤工を実施する方法があり、1例を示すと図5-7のような工法がある。

図5-7 部分路盤工法



排水については、前述したとおり、熱帯地方の降雨林地の林道に対しては、特に重点事項であるので、暗、開渠の呑口、吐口には特に入念に施工し、呑口の部分が施工不良の原因から決壊し、路体の破壊となることがないようにすることが是非必要なことである。

河床路についても、入口と出口部分は十分コンクリート等で補強し、路体が破壊しないようにしなければならない。折角流量計算を行なった排水量でも、施工不良による決壊が発生しないようにし、また豪雨の降流木枝条及びゴミ等が詰まってダムアップ状態とならないように、防除施設を設置することに留意することが必要である。

5-2-3-5 施工管理

林道工事の施工には、我が国及び先進国等では、施工管理規準を制定して実施し、良好な結果を挙げている。

この内容としては、1. 工期管理、2. 出来高管理、3. 品質管理、4. 写真管理等が項目となっている。

南方途上国の林道開設工事の施工に際しては、現在時点では我が国の施工管理規準をそのまま全面的に適用しなくても、現地の機械施工の熟練度、労務者の作業工程内容、資材等の入手状況、特に豪雨による影響等について十分配慮し、我が国のこの種規準を参考にして、現地の実態に相応した施工管理をすることが必要である。

5-2-3-6 工事仕様書

熱帯途上国に対し、森林開発技術協力プロジェクトの、林道施工に関する仕様書としては、日が浅いため、特にこの種の基準はないが、今後開発事業が発展して、林道工事も相当増加することが予想されている。

これがため、今迄部分的に実施したフィリピン、インドネシア、ビルマ等の実例を基に、さらに現地の実態を配慮し、我が国の林道工事仕様書に準じたものを、請

負工事の場合を主とした一般的事項について、熱帯途上国林道工事施工に適用するものを作成し、さらに当該国の施工技術状態、特殊事情等を配慮した工事仕様書を作成して、森林開発の基盤施設としての林道工事に万全を期するようにすることが必要である。

5-2-4 林道維持管理

南方熱帯林地域では、林道は度々豪雨が来襲して破壊され、通行が中止される場合が多い状態である。

林道は、開設当時になるべく維持修繕が少なく済むようにすることが理想であるが、開設当時には資金、資材、工期その他の関係で、公道のように完全に作設することは不可能である。

従って伐出事業量が少なく、建設、維持修繕管理が十分出来ない条件の場合は、乾期に搬出するように計画し、雨期には中止することでも良い。即ち幹線となる1級林道に対しては、全天候利用型として計画実施し、運材方法を検討して、2級林道以下に対しては、雨期中止しても1級林道のみで運材できるようにする場合もある。

この場合には1級林道に、機械利用又は人力による維持修繕が必要である。

① 人力修繕

運材量が少ない場合で、熱帯地域で労務者が募集出来れば、人力による保守作業が、機械利用に比して安価に出来るものである。

また機械修繕が主であっても、補助土工として人力修繕は必要である。

林道維持管理には、他の道路と同様であるが、特に排水が第一である。排水後に敷砂利を適時補充し、また暗、開渠等の呑口が枝条、埋没土砂で埋まることのないように、時々巡視して排除することが是非必要なことである。

敷砂利にはダンプトラックが良いが、なければ運材車でも良く、散布後人力で敷均す。また積込にはベルトコンベアーを使用すれば能率的である。

② 機械修繕

林道の利用度が高く、機械が入手容易の場合は、機械修繕の方が能率的、計画的である。

路面に轍が生じた場合は、モーターグレーダーを使用して轍を均し、敷砂利を散布し輾圧すれば良好な路面となる。

路面が波打状の凸凹が発生した場合、グレーダーで削り端部に押出されたものは、中央に寄せてカマボコ型とする。側溝が埋った場合でもこのグレーダーで整形が出来る。

側溝が大きく、掘取量が多い場合は、バックホーで掘取ると能率的である。

ブルドーザーも路面の整形には、グレーダーと同じではないが利用でき、また排土板の端部に約30cm位の金具を装備すれば、押土して側溝を掘ることが可能である。

③ 休止林道の処置

1級林道は幹線となるので、運材が終了しても、造林、撫育を初め管理業務にも利用され、また地元住民の生活、経済道路として維持管理を必要とするが、2級林道に対しては利用度合に応じた程度に管理する。

3級作業道は、伐出、造林が終了し、当分利用しない場合は、浸食、崩壊の原因とならないようにし、路面、法面等に対して、その地方の雑草の種子を蒔くか、植栽することも考慮して、林地保全の処置をすることが必要なことである。

参考文献

1. フィリピン国パンダバンガン地域森林造成計画 林道および苗畑等施設実施計画調査報告書 JICA 5 2.7
2. ニューヘブリデス・サント島森林造成開発協力事業計画調査報告書 財団法人林業土木コンサルタンツ 5 3.3
3. インドネシアジャワ山岳林収穫技術協力実施設計調査報告書 JICA 5 4.5
4. インドネシア、ムルワルマン大学演習林整備計画報告書 JICA 5 4.6
5. ビルマアラカン山系林業開発技術協力計画実施設計調査報告書 JICA 5 4.5
6. 林道網に関する研究 東大演習林報告 6 3.19 6 7 加藤誠平(注1)
7. ビルマ、アラカン山系林業開発技術協力計画パイロット伐出センターモデル施行林道基盤整備工事実施報告書 (財)林業土木コンサルタンツ 5 4.7
8. フィリピン国パンダバンガン地域森林造成事業開発計画調査報告書(林道、治山および関連施設整備計画の部) (財)林業土木コンサルタンツ 5 2.3
9. パプア・ニューギニア国マダン地域森林造成開発協力事業計画調査報告書(林道計画及び関連施設整備計画の部) (財)林業土木コンサルタンツ 5 1.~5 2.
10. 海外林業協力の手引き J.O.F.C.A 5 4.3
11. 海外林業開発手法の研究、海外農林業開発協力センター 5 1.3
12. 南方造林 南方造林協会 1 9 7 7.1
13. 熱帯林の林道開発マニュアル、海外農林業開発協力センター 5 3.3
14. 森林土木構造物の標準設計シリーズ、(財)林業土木コンサルタンツ 4 4.~5 4.
15. 南方林道鋼橋標準設計(T.L 14、T.L 20、L=10、12、14、16、18、20m) トピー社 5 3.1

16. Erosion Control on logging roads in the Appalachians, James N. Kochenderfer, 1970, 南方康訳
17. Forest roads in the tropics. Jean Le. Ray, Unasylyva Volume №2, №69, 1963
18. 同上 Unasylyva Volume №3, №70, 1963
19. Permanent logging roads for woodlot management. Richard Haussman, U. S.S. Department of agriculture, 1960

5-3 機械管理の基準

人力作業と異り機械作業はこれに使用する機械を準備するためには膨大な投資を必要とする。とくに大径材を対象とした場合には、一事業地に対して億単位の機械設備が必要となり、これが適切な運営と管理がなされないときは事業実行が円滑に行なわれないことは勿論、場合によっては事業全体の失敗となり大きな損失をまねく結果となる。

伐出作業に使われる機械は直接伐出作業に使われる機械以外に林道・作業道の作設に使われる機械、事業実行上の管理用に使われる機械並びにこれらの修理・維持に必要な機械も含まれる。

5-3-1 機械の選択

作業仕組がきまったら、その作業を行なうに最も適した機械を選ぶ必要がある。そのためには作業の実態を充分把握すると共に機械の性能を理解すると同時にそれを使用する技能者の技能の程度を勘案して無理のない無駄のない機械を選ばなければならない。とくに熱帯地域に於いては徒らに高性能の機械を選ぶよりは出来るだけ簡単な機構の機械を選ぶことが現状では望ましい。また既存の機械を使用する場合には、その機械の履歴を充分調査の上使用すべきである。

使用現場の実態から見て機種を選択にあたっては部品の互換性のあるものを選ぶべきである。

5-3-2 機械の維持管理

機械を常に良好な状態に置き、作業が計画的に実行させるためには、機械を直接使用するオペレーター、修理を行なうもの、機械全体を管理するものがそれぞれの機械の維持保管に必要な仕事の分担を定め責任の所在を明確にしなければならない。とくに熱帯林地域では使用条件が過酷な上に使用前後の点検などはルーズに流れ勝となるので具体的な点検のやり方を単純な方法で教え込む必要がある。

熱帯林地域の大部分の作業現場は所轄機械メーカーのアフターサービスの地域からは全くかけ離れており、従ってその修理・整備は自らの手で実行しなければならない。従ってそのための修理用機械工具は一式設備しなければならない。中途半端な修理工場を設備したことによる事業の失敗は数多く見られた。

また機械の維持保管に重要な役割を果す機械に付属した工具類の管理には一層の注意を払わなければならないことである。何処の現場でもその紛失の可能性が多いため相当のスペアを準備しても修理が不可能となった場合のことをよく聞くがこれらについても留意すべきであろう。

5-3-3 機械の更新

一般に、機械は使用するにつれ、当然その性能が落ちて行き、故障が多くなったり、出力が低下して行き、余分の燃料や潤滑油などを消費するようになる。

また、それ以上に重要視しなければならないことは機械の陳腐化であろう。すなわち時がたつうちに、もっとすぐれた性能をもつ機械があらわれて、もはや古い型式の機械を使用することが経営に不利益をもたらす結果となる。

もしいつでも最新式の機械を使用するのであれば、こうした性能の低下や陳腐化による出費を最少におさえることができるであろうが、機械の購入には相当大きな支出を必要とするので機械を更新するタイミングを適切に判断することはきわめて重大な問題となる。

同一機種種の機械でも、故障の起る箇所、度数が異なり、また使用経過や維持修理の内容によって性能の低下はさまざまに更新すべき時点も格一的に決められず、これを決定するには何よりもまず機械の現在の性能を正しく判断することである。

とくに熱帯林地域では自然条件のきびしさとその作業環境からみて高度な機械知識に基づいた緻密な運転技術を求めることが不可能なものと相まって機械の損耗をばげしくしている。このためかどうかは判断に苦しむが現在使用されている機械は理論上必要以上の高馬力の機械が導入されており、従って投資額も過大となっている。

投資額の過大をさけるため、最近では中古機械の導入を一部では行なわれており過大投資に対応しているが、この辺で10年1日の如く変化のない熱帯林地域の伐出機械作業が作業仕組、作業形態の抜本的な見なおしが必要となってくる由因である。

5-4 安全管理の基準

安全管理はいうまでもなく作業実行の場において、作業の途上における災害、事故の発生を未然に防ぐことを目的としている。労働災害の発生は労働者自身の不幸をまねくばかりでなく、円滑な事業実行の上に著しい障害となることを考えると労働者自身のみならずその管理運営に当たるもの全員が安全管理には最大の留意を払うべきである。

とくに伐出作業は組作業、各作業工程間の流れ作業が多く、作業をする者の相互の連けい動作が多いことから個々の動作に対する安全管理の必要性は勿論であるが、作業全体の流れに対する安全管理が必要となってくる。

比較的高度の知識を身につけ、集団社会生活のルールに馴れた労働者の多い先進国におい

でも、伐出作業は他産業と比較して労働災害の発生率が多い方で、これらの災害防止のためには労働安全衛生規則などの法律による危険作業の排除やあるいは伐木造材作業基準、集材機作業基準、トラクタ集材作業基準、貯木場作業安全基準などを作成して作業にたずさわる人々すべてにこれを遵守するよう安全教育の徹底を計っている。

しかし残念ながら熱帯林における伐出作業の現状を見ると組織的な安全管理が行なわれているとは思われない。熱帯林における大径材の伐出作業といえども各作業工程ごとの作業基準はそのまま適用できるが、現状における労働者の知的水準、生活様式をみると急激にこれらの作業基準を徹底するには相当の時間がかかると思われるが、たとえ理解度が低くても根気よく繰返し安全教育を実施しなければならない。そのためには先ず第一に災害の事例を視聴覚により、その発生の原因、恐ろしさ、適切な対策による作業への安心感を植えつける必要がある。その後一般に先進国で行なわれている各種の安全管理の方法を採用し災害事故の減少に経営者・労働者一体になって取り組む必要がある。

5-5 工程管理の基準

工程管理は生産対象の変化してゆく過程を取り扱うもので、物の流れ方がよくないと一部分がいかによく改善されても全体としての能率は向上しない。伐出作業において、たとえば伐倒作業という一つの工程について時間と動作の管理がよくいくら能率が上がったとしても次の造材作業あるいは集材作業の工程の能率がそれにマッチしないと工程間に滞貨が増すばかりでなく、木材生産全体の能率が上らない結果となる。生産される丸太の流れる順序、数量手段を標準的な工程系列に合致させることが工程管理である。

工程管理には主体管理と付帯管理に分けられるが主体管理は工程系列をどのように改善すれば能率よく作業が出来るかを管理することで、付帯管理は流動数による管理、すなわち予定された丸太の月別生産計画数量、使用する用品類の調達計画、機械の修理計画及び各種施設類の計画に対して計画と実績がどのようになっているか、もし大きな差違が生じたとき、あるいは生ずるおそれのあるときはすみやかに処理しなければならない。

熱帯林における伐出作業は5-2に述べたように林道・作業道の作設を除き立木を伐倒し船積みまで10以上の各種作業工程があるが、これらの工程を出来るだけ単純化することが主体管理の重要な目標となる。最近先進国に於いては林業機械の開発改良の基本は工程の単純化に置かれていることを思うと、今後の熱帯林の伐出作業もたとえ大径材、作業環境の複雑さがあるとはいえ工程の単純化は必要な条件となっている。

また付帯管理については、あらかじめあらゆる作業の環境因子を考慮に入れた上で生産計画、施設計画を作成し、しかも相当の余裕をもった計画が必要である。また実行結果については絶えず正確な数字の把握に努める必要がある。付帯管理の不徹底により作業が数ヶ月も中断する結果も生ずることがあるので充分留意すると共にたえず付帯管理の必要性を現場全

体に徹底するよう教育することが必要である。

5-6 教育訓練の基準

従来、熱帯林における伐出作業は、その大部分が先進工業国から機械を導入すると同時に運転技能者も派遣され、数ヶ月自ら運転しながら現地労働者に運転技能を修得させるというパターンで進められて来た。機械の修理技術も同様であった。従ってこれらの技能者は伐出現場が多くなるにつれ引張りだことなり、強いては未熟な技能者までもかり出され伐出事業の失敗ともなっていた。このようなことはかつて先進国の伐出作業でも同様な過程を経て来ているが、最近先進国の伐出作業の近代化が著しく進むにつれていろいろな新しい機械が導入されるようになるにつれて、作業内容、作業方法が変化し、そこで働く労働者にとっても従来とは異った新しい知識が要求され、安全作業の遂行、機械の効率的な使用からも、新しい技術知識の組織的な習得が必要となって来た。

現在、熱帯天然林で行なわれている伐出手法であるハイリード方式による集材機集材、トラクタ集材などはエンジンの出力で丸太を引張り出す手法であるが、これらの手法はやがては改善されなければならないが、その時こそ組織的な教育訓練が必要となろう。あるいは教育訓練が先行すれば自ずから作業方式が変革し労働生産性が向上する結果となろう。

最近、日本の技術協力の一環としてビルマ、インドネシアで行なわれている伐出技術の研究協力は伐出技術の近代化に大いに貢献することと思われる。

教育訓練の目的は、直接的に必要な技能、知識の習得のみならず、職場の組織に適応できる良好な態度、習慣を形成することでとくに熱帯林地域の労働者には後者が大きく欠けており伐出作業のように各工程が一貫した流れが必要な作業には長い時間をかけても訓練する必要がある。

教育訓練の方法としては単に講義、実習のみならず会議・討論を通して事業実行への参画意識を植えつけると同時に事業全体の流れを理解することにより労働者自身の置かれた立場がその流れの重要な一翼を把っているという認識をもつ必要がある。

ここで最も大切なことは講義・実習を行なう場合労働者の質の統一を計る必要がある。相手方の理解力の度合によりランクをつけ一律に行なうことはさけるべきである。とくに熱帯地域ではその教育程度を充分勘案してわかり易く繰返し行なうことが必要であり、また技能教育に際しては一応自己流の技能を身につけているものには一層注意する必要がある。

一応の技能を身につけたら技能競技会等を開催して参加者の競争により技能を競い技能習得意欲の増進と技能教育の成果を発揮させることも必要である。

更に進んでは技能検定を行ない、資格を与え資格取得者は更に先進工業国の最新技術を身につけさせることにより将来の幹部要員として教育する必要がある。

5-7 伐出事業経営の基準

5-7-1 伐出事業経営の一般方針

熱帯林における伐出事業も他地域の伐出事業と同様に立木を伐採し運搬して丸太を市場に送り込む事業として、一定のルールのもとに実行しなければならない。

事業実行に当っては森林の条件に応じて市場価値の高い丸太を確実にしかも低コストで生産しなければならず、そのためにはいろいろの条件を勘案し綿密な計画を樹立する必要がある。

生産計画樹立に当っては対象となる立木の位置、数量を適格に把握することが第一に必要なことであり、それには精密な現地調査が必要である。調査の結果を伐採区域の図面として作成し、伐採進行順位を決め、夫々の伐採数量を確認する必要がある。広大な熱帯林では、航空写真による調査、サンプリングによる現地踏査が必要である。類似の過去の伐採現場があれば、出来るだけ広くその資料を集め過去の失敗の例も含めて予め検討すべきである。また現地の作業条件を出来るだけ詳細に調査し使用機械、作業仕組を最も効率的に運用出来るよう編成し、労務者の適正配置を定めなければならない。これらを基本として所要経費積算を行なう。経費積算は直接費と間接費に分けられる。直接費は各作業工程別に労務費と機械経費、器具材料費に分けられ、このうち労務費は賃金と工期から割り出される。また工期を勘案する場合は労働者の作業の熟練度、質、労働慣習などいろいろの角度から検討し徒らに先進国並みの考えを導入することは慎むべきで現地の実態に則したものとすべきである。機械経費は機械損料すなわち償却費、定期整備費、現場修理費、機械管理費と運転経費すなわち燃料費、油脂費および消耗部品費と輸送費とからなるが、熱帯林では過酷な使用条件から償却年数は出来るだけ短かくとるのが望ましく、また修理は機械の稼働にとっては死命を制する重要な仕事であり、パーツや人員を余剰気味に準備しておく必要がある。

間接費は労働者の宿舍、事務所、倉庫、修理工場それに付帯した水道、電灯等の事業実行上直接必要な施設の建設費であるが熱帯林の伐出事業実行にはこれ以外に病院、学校、教会等の地域住民に必要なインフラストラクチャの施設が必要となりその費用も加算される。また間接費には現場、本社、支店などの人件費を含む一般管理費が入る。

熱帯林の伐出作業を行なう際にはこれ以外にあらかじめ積算出来ない経費の支出も考えられるので原価構成の場合は予備的経費を積算しておく必要があろう。

これらの点を考慮して生産計画が樹立されるとこれを実行するための管理組織を確立する必要がある。とくに熱帯林の伐出事業は合併事業が多いことなどから責任体制の確立からも管理組織は重要な問題となる。組織の確立に当っては組織に無理があったり、無駄があったりしないよう指揮監督が敏速かつ充分に行なわれるとともに現場の要求が

すみやかに満たされるよう留意しなければならない。

5-7-2 伐出事業経営のための調査

熱帯林開発の現場に応用する技術は、日本におけるそれと本質的には変わらない。しかし、未開発地であり、かつ熱帯である現場には、日本の技術をそのまま移しても通用しないことが多い。

日本と熱帯における変化を読みとって、調査・計画を進め、作業を管理してゆくのが現場に要求される技術である。

その原点となる調査について、以下述べる。

一口に熱帯林と言っても、森林資源の量的質的内容はさまざまである。例えば、カリマンタンの森林蓄積はありそうに見えて、実際に作業を進めてみると利用材積は意外に少なかったという話をしばしば耳にする。フィリピン、サバの調査経験をもとに、インドネシアの森林調査を行なうと、まま誤算をするものである。

カリマンタンの森林分布には、開墾跡地、湿地の存在のほか、地形、土質、土地の湿潤度の変化により、不均一なことは既に述べた。

短期間の地上調査で全体像を把握しようとしても、それは群盲撫象に終る危険が多分にある。

特に今後、イリアン等新たな地域での未利用森林資源を開発するに当たっては、その森林分布の変化は十分な資料もないので、一層困難になる。

その上、最近の開発対象林区の面積は 100 千 ha 以上の広大なものになってきた。この面積の数%のみを足で歩いて調査し、生産だけは機械化して増産速度を早めようというのは、思考の倒錯である。

調査の正確度、スピードの点から航空写真の利用は絶対に欠くことが出来ないものになった。

まず第一に、調査方法については最大の関心が払われるべきである。

森林開発における調査は、前述のような森林そのものの調査、および地形図作成のための調査のほか、直接的に開発事業の経営に影響を与え、調査の対象にすべきものがある。すなわち、政治的要素、経済的要素、天然条件、一般的要素、および経営管理上の要素などである。

政治、経済に関わる問題は一般的要素と共に、現場（山林）調査とは別個に十分検討されるべきものである。

経済的要素のうち、賃金、物価、流通構造、他の産業との関連などは、木材の生産原価に響くので、その範囲のものは、現地調査項目には加えられる。

その他の調査項目は次の通りである。

① 天然条件

- (a) 森林；蓄積と分布
- (b) 地形
- (c) 土質
- (d) 気象；降水量、晴雨日数、降雨型、風向、風力、荒天日数、潮位、潮流
- (e) 河川；水量、水位（最大と最小）、流速、水質
- (f) 積地

② 一般的要素

- (a) 居住条件
- (b) 労働条件；民度、宗教、習慣、労働経験、労働時間、休日、賃金、労働法規、外人労働者の入国問題
- (c) 風土病、害虫、有害動物、医療
- (d) 自給食糧
- (e) 補給物資、労働物資
- (f) 作業用機械の調達
- (g) 通信、交通
- (h) 関連産業

③ 経営管理上の要素

- (a) 作業工程
- (b) 作業組織
- (c) 管理組織

5-7-3 伐出事業経営上の重要点

5-7-3-1 林道問題

「山を買うな、出しを買え」という言葉がある。山が良くても、搬出条件が悪くでは話しにならぬということである。

ムラが多い森林分布状況を十分に把握せず、信頼がおける地形図もなくては、少なくとも3年先の林道計画を作ることは無理である。1年毎の林道計画の継ぎたしでは満足な林道網は建設されない。

昔の、フィリピンにおける事業で、1ha当りの収穫量が多く、年間生産量が少なかった時代には、ブロック法による地上調査で、蓄積調査と地形図作成を行なっても、林道計画とその建設は間に合った。

しかし、今日のように平均蓄積量が少なく、逆に、開発スピードが早くなって、大量生産を行なう時代には、ブロック調査法は時代遅れで、結局、経費と時間を無

駄に費やすことになる。

理想的な林道計画のために、航空写真が不可欠である。しかし、航空写真の撮影はインドネシア等では義務づけられているが、それを活用していない経営者もある。また、地域によっては、航空写真の撮影又は入手が国防上の理由で難しい場合もある。

いずれにしても、航空写真の利用方法の指導は、今後の協力のポイントである。

5-7-3-2 作業管理、機械管理問題

東カリマンタンのK社の事業地は、標題の問題に関しては、模範的な優良事業地であり、このような事業地は、カリマンタンでも例が少ない。これについては後述することとして、一般の事業地における管理上の問題点をあげると次のとおりである。

すなわち開発スピードにマッチした作業管理が出来ているか、いないかという点にある。

第1に、前記の調査、および林道を中心とした計画などの基本が出来ていないこと。

第2に、マレーシア人熟練労務者を採用した場合に、彼等の勝手な独走を押える作業管理が出来ていない、あるいは逆に、未熟練労務者が多い場合に、それにマッチした作業管理が伴っていない。

第3に、以上の結果として、機械類に無理と無駄な負担がかかっている。

最近の機械類は力が強大になり、また便利に使えるようになったので、それに頼っている傾向が強い。

作業は段取り(計画)であるという、原則がとられず強引な事業実行となっている感が強い。技能者職人のみで、技術者のいない経営が多い。このことは、伐出技術基準の普及以前の問題として改善すべき点である。

5-7-3-3 伐出事業と森林保全問題

森林施業の流れのなかで、後続の施業(更新、環境保全)に支障を与えない伐出作業は難しいが、特に、熱帯における原生林開発では難事である。

更新についていえば、優良林になればなるほど、伐出作業による残存林木、幼・稚樹の被害は大きくなる。

2・3の例を示そう。

第1のタイプは、1ha当り300m³以上のラワン系丸太を収穫する優良林区では、それだけの立木を伐倒すると、残存林木は樹冠が極めて貧弱なものが残る。

そのようなことで、伐出作業後の林地の樹冠^{*}うっ閉度は、殆んど開放状態になる

ため、伐採跡地はクズ、ツタなどに占領される。そして伐出作業中に損傷を受けた残存木は圧殺されてしまうことがある。今回視察したフィリピン第1の優良丸太を生産した跡地に、その光景が見られた。

第2のタイプは、1ha当りの大径木の総蓄積が200 m³、そのうちラワン系の開発対象林木が30%の60 m³とし、残余は市場性のない未利用樹種で構成されている場合である。

この場合、ラワン系林木を伐出すると、あとには生命力が強い未利用大径林木だけが残る。そして、ラワン系の中・小径林木は伐出作業中に僅かな傷でも受けると、生命力が弱いので枯死することが多い。

また、若し今後、前記の未利用樹種、および中径林木へと利用範囲を拡大すれば、勢い過度な伐採になって第1のタイプと同じような現象になる。

一方、熱帯降雨林における林道建設は、山腹工事の切取工の土工量が多くなる傾向は、一般的に避けられない。盛土工事が難かしいからである。そのために河川の下流へと土砂が流入堆積して、河床の上昇、洪水頻発の原因の一つとなっている。

以上の問題を考慮して、森林施業を正常なものにするために、規準を設けて林地被害を最小限に止めるよう努力し、なおかつ更新に対する配慮を図るべきである。このため丸太の生産コストは高くならざるを得ないので、経営上の合理化を努力しなければならない。

5-7-3-4 伐出事業と基礎資料

伐出計画は精密な現地調査の結果を受けて、①生産規模の決定、②集材圏の決定から林道建設計画、③基地、積地、および付属施設の建設計画、④所要機材の選定と投資計画、⑤資材、物資の投入計画、⑥人員配置計画などを作成し、それらの総括として原価計算を確定して締めくくることがいうまでもない。

計画の作成には、①前記の精密な現地調査資料、②作業工程分析資料、③技術者の経験、の3つが柱となる。しかし残念ながら、2番目の工程分析資料は熱帯の地域的に大きく変化する諸条件に対応して、役に立つようなものは無いに等しい。

従って、精密な調査資料と技術者の経験が頼みの綱であり、特に前者が無くては、満足な作業計画の作成は望むべくもない。

技術者は日々の作業データの集積、それらをもとに自分自身の経験の積み上げ、他人の事業地の見学、あるいは経験者から意見を聴取するなど、幅の広い努力をすることが必要である。

5-7-4 伐出事業経営の好例と悪例

① 好例：K木材会社

同社の月産量は現在約 $6,500 m^3$ （平均）で投入トラクター数は10台（全備重量22吨前後）である。すなわち、トラクター1台当りの丸太月産量は $650 m^3$ である。

同社のトラクター使用と、それに関連した方針は、①トラクター10台のうち、集材作業に2台、林道建設に8台を振り当てる。ただし、必要に応じ林道建設用トラクターを集材の応援に出すことはある。②トラクターの集材距離は200m以内を規準とする。③林道網はha当り24mを目標とする。すなわち、林道間隔は約400m、これはカリマンタンとしては、おそらく例が少ない高密度である。④林道は少なくともその使用を開始する6ヶ月前に一応の建設を終り、降雨により路面を固め、手を加え、仕上作業を行なった後、使用に供する。

同社事業の特徴は、保有トラクターの80%を林道事業に投じたこと、すなわち林道建設を重視したことである。そして集材用に回したトラクターは1台1ヶ月当り約 $3,000 m^3$ の作業量をあげている。これは多雨熱帯で、かつ機械化林業の歴史が浅いカリマンタンであることを思えば、大変な成果というべきである。

要するに、トラクターが持つ長所を引出し、短所を押えたことによる成果である。

このほか作業管理、林道の維持管理、機械類の維持管理がキチンと出来ていることはいうまでもない。そしてトラクター10台のうち半数は、法定耐用年数を過ぎており、特に、2台は使用10年目に入っている。

同社の機械類の修理施設は同業他社にくらべて、特別に立派だという訳では決していないが、優秀な日本人技術者を配し、整った管理体制がとられている。そして全体を通じ余裕をもって作業に当たっていることは特筆すべきである。

なお、作業労務者全員がインドネシア人で、訓練に宜しきを得れば、それだけの成果があげられることも示している。

最後に、同社の林区はその総面積の70%が開発の対象になる森林である。これはカリマンタンにおいては例外的ともいうべき高い対象林面積率である。

要するに、林区の選定に宜しきを得た訳で、この林区なればこそ短距離集材、高密度林道網を可能とした面がある。従って、同社の型をどこにも適用しうるとは限らない。真似るべきことは、その計画組立ての確かさにある。

K木材会社の好例を紹介したので、今度は、いわゆるマレーシア下請方式の欠陥をトラクターの使い方を中心に比較してみたい。

② 悪例：マレーシア下請方式

マレーシア下請方式、通称Malaysian loggingというが、これは運転手、修理工などの職人集団が行なう伐出法で、生産基盤としての林道計画は考えないと言っても過言でない。

1. トラクターの作業比率は集材に約60%、林道建設に約40%。
2. 1平方軒当りの開発対象林の林道延長は約1.3～1.4 km（広大な開墾跡地、湿地などを通過する到達林道を除き、林道網がカバーする区域内に散在する開墾地、湿地を含む1平方軒）。
3. 集材距離 500 m（最長の目標）。

前述K木材会社ではトラクターの80%を林道建設に回しているのに、Malaysian logging ではその半分である。そして林道建設は林道設計図がある訳でなく、尾根筋林道を主体として、山腹の切取工を極力少なくした簡単なものである。

従って、上り下りの多い林道となり、そこを運行するトラックに大きな負担をかけることになる。その結果、トラックが逆勾配を昇り切れない場所が発生するので、トラクターをそこに常駐させてトラックを牽引している光景がしばしば見られる。

また、林道建設の手抜きと、無理な強行作業により満載トラックが溝に落ちるような小事故が多く、その救援にもトラクターが出動する。

そのようなことから、集材作業にトラクターの60%が回されるといっても、前記の雑用に利用されることが多いのである。

また、林道を節約して集材距離を長くすることは、トラクターに過酷な作業をさせることになり、前記のトラックの強行作業と共に、機械類の損耗を激しくする。それやこれやで諸管理を非常に難かしくすることはいうまでもない。

そしてあとには、無計画な欠陥林道を継ぎ足した幹線林道とは言い難いものが残り、また、機械類損耗による cost up を生じ生産価格は急上昇するのである。こうした悪い現象は、木材の輸出価格が高騰したときに、増産に急ぐあまり、特に強く出てくる。最後に、伐り残し林分が多く発生することは当然で、事業継続期間を非常に縮めることになっている。

以上のことから、われわれが学ぶべきは、林道重視の思想であって、それを与えられた開発条件のなかで如何に応用するかということである。

Malaysian loggingのような甚だしい林道軽視と、それに毒された事業経営を改善するにはトラクター作業基準を確立しなければならない。

6. 伐出協力の計画基準

6-1 技術協力の分野

わが国が伐木集材技術について途上国に協力する場合、この技術のなかの専門分野のどこに重点を置くか、あるいは、いかなる技術体系の開発、改良、移転を図るかを明らかにする必要がある。

すでに述べてきたように、伐出部門の主要な専門分野は、伐出計画、伐出作業（Operation）、伐出機械（Mechanics）および林道に分かれている。また、伐出の技術体系も大別して、大径木天然林を対象とするものと中小径木人工林を対象とするものとに分かれ、さらに地形、事業規模、社会環境によって異ってくる。

まず、専門分野について考察すると、伐出計画の分野は、森林調査、森林施業、収穫計画、コスト分析、マーケティング等、いわば、ソフト・ウェアに類するノウ・ハウを包括している。途上国の伐出技術協力の場合に、このようなソフト・ウェアのノウ・ハウを移転・定着することが極めて重要である。伐出技術協力は、やゝもすればハード・ウェア一面の技術に目を奪われがちであるが、途上国においては、とくに前記のような各ノウ・ハウが調和、連けいをもって伐出計画を構成することが望まれるのである。すなわち、森林調査の不備、森林施業との関連の無視、マーケティングの不足等のために、協力プロジェクトの評価が下ってはならない。

次に、伐出作業のOperationそのものの技術分野がある。この技術体系は、既述のようにトラクタ集材体系（緩斜地・天然林型）、集材機集材体系（急斜地・人工林型）および人畜力集材体系（非機械化型）に大別される。勿論これらの混合もありうる。途上国での伐出技術の協力においては、これら体系のいずれを指向するのが明らかでなければならない。

国際協力事業団による現行の伐出技術協力プロジェクトは、いずれも集材機集材体系の導入を主として指向している。これは、トラクタ集材体系とくに大型機械による伐出体系が、途上国に主として外国系民間企業の伐出事業を通じて導入されてきたのに対し、集材機集材体系は、途上国では伐採地が山岳、急斜地や人工林に及ぶことがまれで、たとえあっても、非機械化の人畜力集材体系が採られているため、この導入が少かったためである。また、集材機集材体系は、他の体系に比較して高い技術、技能が要求されるため、これの定着、普及が進み難かったとも考えられる。一方、我が国では、その地形、林相のために集材機集材体系が発達していること、またこの体系は、途上国が将来必要となってくる新しい伐出技術体系であることの両面から考えて、今後とも、この体系が協力の主要分野であると思われる。なお、トラクタ集材体系あるいは人・畜力集材体系は、上記集材機集材体系の技術協力のなかで、自然的、社会経済的条件に応じて部分的に組込まれることは言うまでもない。とくに途上国においては、人・畜力等の非機械化作業との適切な組み合わせには配慮する必要

がある。

次の伐出機械（Mechanics）の専門分野は、技術協力プロジェクトにおける技術移転の対象分野であると同時に、プロジェクトの円滑な運営を図るためにも必要な派遣専門家の要素でもある。具体的に云えば、伐出技術協力のような機材施設の多いプロジェクトにおいて、とくに途上国の場合、機材の補修や適正管理は重要であり、この技術移転と施設援助（修理工場、store house等）は当然であり、また、プロジェクト運営中に、この分野の専門家が点検・補修を行うことが必要とされている。なお、このMechanicsの分野は、伐出技術協力のプロジェクトに限らず、造林・治山等を含めた林業協力においては、機材使用の多いことから、いずれのプロジェクトの場合でも大なり小なり必要とされる分野である。

最後に、林道分野であるが、既述のように、伐出事業における林道およびその上で行われる運材は極めて重要な専門分野である。また、林道分野は、マクロな視点に立って、伐出、造林、森林管理等の関連する林業経営を考慮した林道計画に関するノウ・ハウと、これで決った路線の林道設計、施工、保守管理に関する技術の両面がある。技術協力プロジェクトにおいて、前者の専門知識は、プロジェクトの実施設計およびモデルインフラ整備の段階で不可欠の要素である。そして、これは伐出技術協力に限らず、林業協力プロジェクト全般に必要な要素でもある。後者の技術については、プロジェクトの実行段階でとくに要求される要素であるが、途上国においては、やゝもすれば林道の設計、施工技術は軽視されがちである。極端な場合、林道は事業実行の結果として出来上ると考える者もある。とくに造林事業ではその傾向が強い。しかし、林道が地元のインフラストラクチャーとして、また、林地保全という公益面から、さらには、効率的事業実行の観点からも、今後、途上国の林道技術に対する低い認識を高めるよう協力プロジェクトを通じて図っていかねばならない。

以上が伐出技術協力における専門分野の検討であり、これを端的に派遣専門家の専門分野として考えることができる。すなわち、伐出技術協力プロジェクトには、少なくとも①伐出計画、②伐出作業（Operation）、③伐出機械（Mechanics）、④林道の各要員が単数及至複数必要である。また、各分野のさらに特殊技術については、短期専門家で補う必要がある。

6-2 技術協力の手法

本節では、効果的な伐出技術協力を実施するために、どのような協力手法を採るべきかを考慮することとする。

協力に当たっての技術面のあり方は前節までに述べたが、ここで述べる手法面の基準は、技術協力全般に共通する手法と基本的には同じである。こゝではとくに伐出技術協力でとくに重視すべき手法上の問題を採上げたい。

第一に、プロジェクト方式の技術協力をみると、その性格から次の3及至4つに分類され

る。

① 訓練協力 ① 普及協力

② 研究協力

③ 事業協力

①(①')の訓練(普及)協力は、林業の場合、相手国政府職員に対する技術研修が主体となっている。伐出の例では、「インドネシア・ジャワ山岳林収獲技術プロジェクト」、および「ビルマ・アラカン山系林業開発技術プロジェクト」がこの分類に属する。これらは、いずれも政府関係技術職員に新技術を研修によって移転し、さらに、これら職員が核となって将来は相手国独自でも新たな技術者、技能者を育てることを目的としている。

ところで、林業の場合、農業等と異り一般農民への技術の普及は、途上国では必須とは限らないので、分類上、普及協力は訓練協力の亜型とした。しかし、前出の「パラグアイ・南部イタズア林業開発技術プロジェクト」では、天然林の有効な伐出技術の開発、改良と、これを学校形式による訓練によって、一般民間を含めた若い研修員に移転、定着せしめ、コロンビアを始めとする広く民間への普及を狙いとしている。したがって、このプロジェクトの場合は、南米移住地という社会環境から、普及協力の色採が濃いと云えよう。

いずれにせよ、この種タイプの伐出技術協力は、研修所における講義(座学)と実技実習(機械容具の操作、小面積の実習地での演習等)から始まり、そのあとの現地事業地での、on the job trainingを行う2つのコースから成ることが普通である。このような場合において、現行の訓練協力の事例から得られた2・3の留意点を述べると、1つは、研修におけるカウンターパートと研修生の位置づけ、取扱いを適切に行うことである。カウンターパートは、みずから新技術を習得すると同時に、研修の円滑な運営に協力し、かつ、将来は研修の講師となることが期待される。したがって、カウンターパートは優れた素質を持つ者でなければならない。また、研修生のなかから、優れた能力を持つ者を選び、日本での研修を含めた、よりインテンシブな訓練によって将来のカウンターパートおよび講師の養成を図ることが必要である。伐出の訓練協力でとくに重要なこととして、将来の事業現場で働くオペレーター、メカニック等の技能労働者、いわゆるブルーカラーの養成の問題がある。プロジェクトの開始当初は、前述のようにハイスクール出が研修員として訓練を受け、将来はホワイトカラーの技術者となることでよいが、プロジェクトの進行につれて、伐出技能者としての基幹労務者の養成をon the job trainingの場で行う必要がある。訓練協力では、適切な教材とくに教科書が必要なことは云うまでもない。伐出訓練協力の場合は、上述のようにブルーカラーの技能者までを対象にすることから、英語のほかに現地語による講義あるいは図書を望む声強い。このことは、現行制度下のプロジェクト運営費、あるいは調査費をもってしては満足に対応できず、検討されるべき問題と思われる。

②の研究協力のタイプは、相手国の林業試験場、大学等研究機関との協力である。実例としては、ブラジル・サンパウロ州森林院（Servicio Forestal）との林業研究協力の一部に、伐出技術研究が組込まれており、人工林材とくに間伐材の集材機集材の技術開発が研究テーマとなっている。このタイプの協力での問題は、とくに伐出技術研究でそうであるが、研究のためのフィールドを容易に得られるかどうかである。具体的に云えば、インドネシア、フィリピンの伐出研究テーマで既に述べたように、これらの国では研究のフィールドとして民間あるいは国営の大きな伐出事業現場があるため、これら事業のなかで、また事業体の協力のもとに、多くの伐出研究活動が進められている。したがって、このような事業現場を得ないと、研究テーマはかなり制約されるので、このタイプの協力ではこの種事業体との連けが是非必要である。

また、研究協力と云っても、途上国の試験研究のレベルは千差万別であり、かつ、研究報告のテーマ名を見るだけでは、実際の水準は把握し難い。したがって、伐出に関する研究協力を組む場合は、相手国の研究の動向、水準、および事業の実態等を巾広く調査したうえで協力内容を定めるべきである。

③の事業協力は、本来的には技術協力の範ちゅうには入らないタイプのものであるが、現実問題として、伐出技術協力あるいは造林技術協力において、多かれ少かれ相手国から要望されるものである。すなわち、伐出技術について、単に技術の開発、改良、移転にとどまらず、日本人専門家が木材生産事業へ協力すること、甚しき場合は、生産ターゲットの達成に協力することまで要請されることがある。

云うまでもなく、この種の協力が本態であってはならない。しかしながら、伐出技術の移転には on the job training が必要であることから、この job の実行過程において事業的な観点からのアドバイスをすることはありうることである。くれぐれも注意すべきことは、日本人専門家の責任において生産ターゲットの達成を図ることになるような形に陥らぬことである。

この種の性格をもつ実例としては、前掲のビルマ、アラカン南部林業開発技術協力プロジェクトがある。このプロジェクトは、サイクロンによる風害木を効率的に伐出利用するための技術協力を要請越してきたことに端を発していることから、やゝもすれば、on the job training の現場での生産量確保増大を相手国が要望することは止むをえない。しかし、協力のあり方としても、生産量確保増大がプロジェクトの至上命令であってはならないし、本来的に、伐出技術の発展には、かなりの年月がかかるものであって、その基礎づくりとしての技術協力であること、換言すれば、目先のターゲット確保のみに目を奪われず、着実な技術の定着と普及を長期的に達成すべきであることを相手国に理解させる努力が必要である。

また、この種の協力で留意すべきことは、部外者が伐出技術協力を森林破壊あるいは、森林の公益性を損うものと誤解することに対し、その皮相な考えを正すことである。健全な森林を保つための伐採と更新のサイクルを認識し、技術合理性を定着することが伐出技術協力の使命であると、一般に知らせることが必要である。このような批判は、途上国の林業関係者以外あるいは先進国の自然保護論者等から出されることが珍らしくないので、適切なPRと同時に協力実施の過程で、非難を受けないような配慮が必要である。

6-3 現行プロジェクトでの専門家意見

現行の伐出技術協力プロジェクトにおいて、派遣専門家から提出された意見と問題点を、ケース・スタディの例として、以下に記す。

- 伐出技術協力では、安全作業、労働災害の防止を十分認識させる必要がある。研修生は、事業現場での実際の事故を知らないため人身事故の実感がなく、無理な機械操作や不注意な動作（線下作業や内角作業など）をしがちである。日本の安全作業に関する視聴覚機材や事故の実例紹介等を行うべきである。協力プロジェクトで事故があると、そのこと自体が不幸であるのは勿論であるが、協力プロジェクトの評価にも影響することになる。

- 途上国の訓練生に共通することかと思われるが、実技に関しては、習得に熱心でありかつ習熟も早く器用である。新しいアイデア（適・不適は別として）も豊かである。

しかし、個別技術が組合わされた技術体系の確立となると、plan, do, seeの欠除、連けいプレーのまずさ、工程管理の不調、機械管理の無視などの欠点が目立つ。悪い例としては、手ぬかり又は手抜き、故障原因の無申告、器具工具等の粉失などがある。

- プロジェクトの運営面で若干の問題がある。その1つは、途上国にありがちな、命令が上から下への一方交通で、現場の問題発生が上へ連わらないことである。カウンターパート等の中間管理者が上部への意見具申あるいは専決実施を行えないため、問題処理が遅延する。

また訓練終了者がそのあとの事業実行で活用されるかどうかは今のところ不明である。また、成績優秀者に日本での研修のチャンスを与え、専門技術者として後まで確保されるようにし、プロジェクト終了後も技術の定着・普及が継続されることを望む。さらに、カウンターパートは、日本での資格（学位、国家試験）を得ることを熱望している。なお、現在の訓練生は、技術高校卒業生であるが、将来の事業実行は労働者が指導員（基幹労働者）となることが望ましい。現在、on the job trainingの現場での労働者は日替りの形態となっており常用労働者とならない。このため、上述のような基幹労働者の育成ができないている。

- 供与機材の現場到着が遅い。例えば、9月に日本出船で12月到着であるが、税関の事務処理が極めて遅く、さらに遅れることがある。

- 労賃の安い途上国では、機械化作業と人力作業との比較がしばしば問題になる。研修協力なので、この問題は本旨ではないが、相手国にとってはやはり問題である。このためのコスト分析の必要はあろう。
- 訓練生は英語力が不十分なので、現地語による講義が望まれている。通訳および現地語教科書の使用が可能なよう経費的な配慮がほしい。
- 専門家の生活環境の問題としては、住宅問題がある。殆んど全ての専門家の住宅は、改造が必要であったため可成りの経費がかかった。医療は急患の場合の対応策がないことが難点である。一番大事なことは、調査団派遣時点において、生活環境の調査を専門に行うことである。

附 属 資 料

- 資 料 I 熱帯の自然と植生 159
- 資 料 II Regional Seminar on the Application of Appropriate
Technology in Forestry and Forest Industries 173
- 資 料 III 林道設計規準（仕様書） 211

資料 I 熱帯の自然と植生

1-1 熱帯の定義

フランスの地理学者 Dr. Pierre Gourou は、その著書「熱帯の地理」(朝倉書店)のなかで、次のように述べている。

「熱帯地域とはいづれの月も平均気温が 18°C を下ることがなく、灌漑なしでも(年1回以上の)農作物の収穫に必要な降雨がある地域である。この定義は厳密なものではなく、(中略)ともかく赤道気候と熱帯多雨気候に適用される。ここでは簡単にするために、〈熱帯〉という言葉は高温多雨の意味に用いる。」これを湿潤熱帯と呼んで、乾燥熱帯と区別している学者もいるが、熱帯といえば湿潤熱帯を指すこととする。

古い時代にはギリシャ時代から、南北回帰線(南緯、北緯各 $23^{\circ}27'$)に挟まれた範囲を熱帯としていたが、日射量以外にも多くの因子が気温の分布に関与するために、緯度のみによる気候帯の分布区分は各地の気候に合致しない。(能登志雄著、「湿潤熱帯」)

(回帰線のことを tropic といい、これを複数形にした tropics が熱帯の意になっている。)

現在では、W. P. Köppen が 1928 年に発表した気候分類に、その後、若干の修正を加えたものが、わが国の高等教育用地図帳をはじめ、広く利用されている。

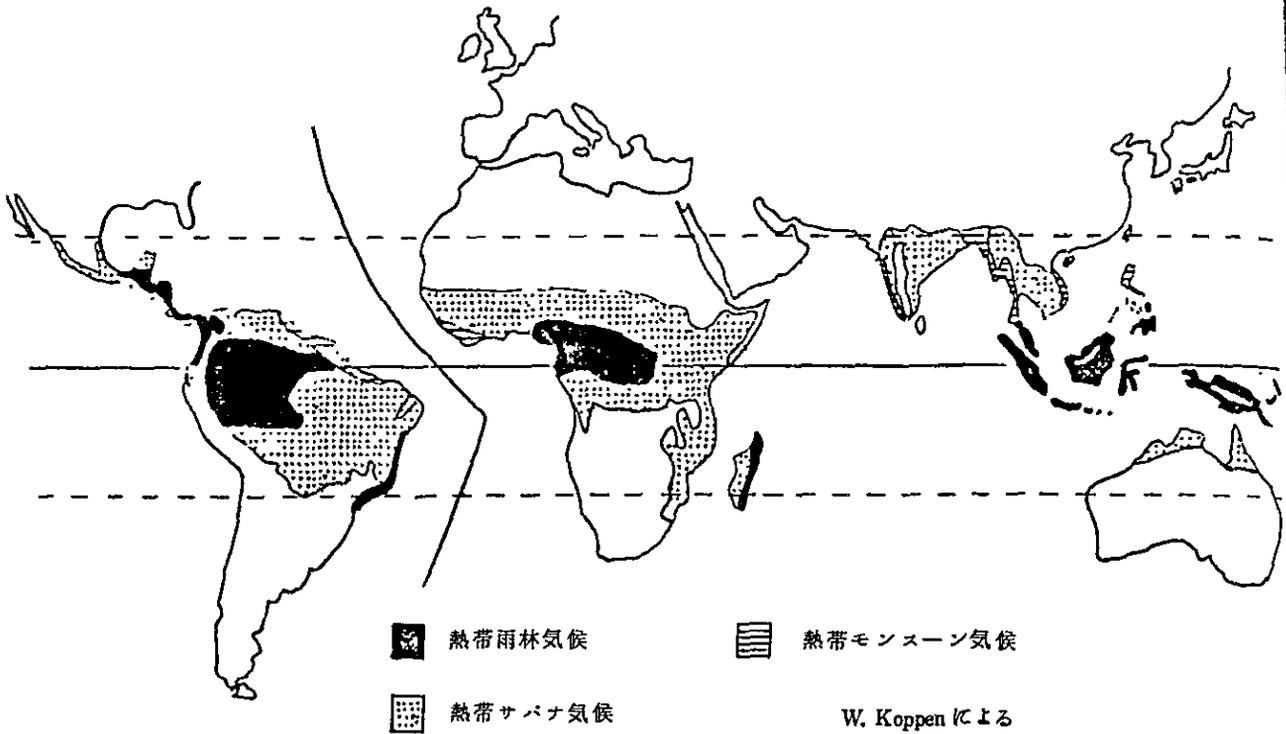
それによる熱帯は次の3つの気候帯をいう。

分類名	略号
熱帯降雨林気候 (Tropical rain forest climate)	Af
熱帯モンスーン気候 (Tropical monsoon climate)	Am
熱帯サバンナ気候 (Tropical savanna climate)	Aw

上記の分類は気温のほか、降雨型と降雨量の多寡によっている。

高等地図帳に掲載されている世界の気候分類図から、熱帯の3つの気候帯だけを転写したものが次の図である。

図1-1 熱帯の気候帯分布図



さて、上記の気候帯の名称と森林植生帯の呼称との間には若干の喰違がある。

その一つは熱帯モンスーン林の代表林木とされているチーク (Teak) は、ケッペンの気候帯ではタイ、およびビルマの熱帯サバナ気候帯に生育していることになる。

また、フィリピンのルソン島全域、および、ビルマの沿海地域は熱帯モンスーン気候帯になっているが、植生上は明らかに熱帯降雨林地帯である。

1-2 熱帯の気候

熱帯の気候は、熱帯林業に携わる者にとって悩みの種である。林道計画を実施するに当たって、最大の障害は熱帯における降雨対策であるが、地域的に千変万化する熱帯気候に対する知識が得難いからである。

熱帯の3つの気候帯のうち、熱帯モンスーン気候と、熱帯サバンナ気候の2つには、雨期、乾期のサイクルに一定の法則がある。しかし、これら2つの気候型地域は、熱帯林業全体からみて、それ程大きなウエイトを占めていない。それに対し、熱帯降雨林気候帯は林業に占める比重が非常に大きいにもかかわらず、実に厄介な気象上の性格を持っている。特に、世界の熱帯産用材貿易量の80%以上を占める東南アジア熱帯降雨林気候帯は、アジア大陸、インド亜大陸、オーストラリア大陸、また、太平洋、インド洋など、いずれも気候に大きい影響を与える要因に囲まれている。そのため、気象は複雑な変化をしている。

一方、森林開発の対象地域は後進性が強いので、気象データは非常に少ない。多くの場合、最寄りの沿海都市の気象データを利用することになるが、気象は局所的に変化し、特に、沿海地帯と山の気象は異なるのが通例である。

そうした事情があるので、熱帯林業を経営するに当って、常識的に知っておくと便利と思われる範囲で、熱帯気候のメカニズムの要約を試みたい。

1-2-1 熱帯気候のメカニズム

熱帯アジアに例をとると、ビルマ、あるいはタイ国のように赤道からやや離れ、アジア大陸の影響を強く受ける地域は、大陸が夏のときは、海洋から大陸に向けて吹く風が海洋の湿気をもたらして顕著な雨期となる。そして、冬は大陸から海洋に向けて、乾いた空気が運ばれて乾期となる。そこにははっきりした原則がある。それが熱帯モンスーン気候であり、また、熱帯サバンナ気候である。

しかし、南洋材開発の中心地帯である熱帯降雨林気候には、前記のような単純な原則が存在していないかのように見える。南洋の熱帯降雨林気候を特徴づける要因は、諸大陸と諸海洋とに囲まれていることから、そこに発生する低圧帯、すなわち、赤道前線 (Equatorial front) が季節により南北に移動し、その移動が不安定なことである。

(赤道前線は熱帯前線—Tropical front, または熱帯収束帯—Inter-tropical convergence zoneともいう。)

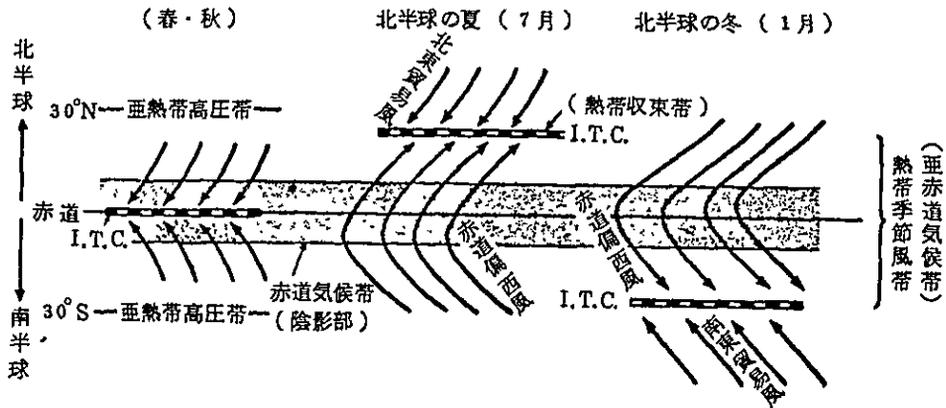
赤道の南北の緯度 ϕ に挟まれたベルトが赤道無風帯であるということを聞いたことがあるが、この説明はやや不十分、かつ不正確である。

気候の専門書によると、「赤道無風帯とは、その中に赤道前線が横わっている地帯として考えられるべきで、非常に不安定な状態をその特徴とし、周囲の大陸の影響を受けて、あるときは西へ、あるときは東へ、またある時期は高緯度地帯に向って移動する熱帯低気圧の通路となる。」と述べている。

赤道前線の季節的移動による風向の原則は図1-2の通りで、これが雨の多い時期を知るに当って重要である。

赤道前線がほぼ赤道にある春・秋(以下すべて北半球の季節を基準とする。)には、赤

図 1-2 季節による熱帯収束帯の変位と熱帯季節風帯



道の北側では北東貿易風が、また南側では南東貿易風がそれぞれ前線に吹き込み、赤道帯付近で反対方向から吹いてくる2つの貿易風は収束される。(風がなくなる)熱帯収束帯と称される所以である。

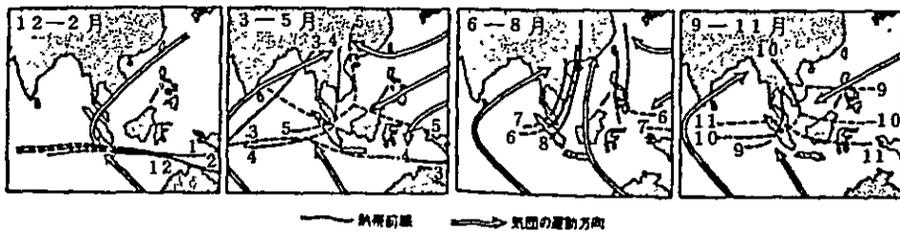
次に、夏に前線が北半球側に移動すると、前線の北側では図のように北東貿易風が、また南半球では最初は南東貿易風が吹き、ほぼ赤道帯に達すると風向を次第に東風から西風にかえて赤道偏西風になって赤道前線で収束される。

冬は前線が南半球側に移って、図1-2のように、夏とは南北が入れ替った貿易風となる。

概念的に示した図-2は大陸の影響を考えない場合であって、非常に単純明解であるが、実際には、赤道前線の季節的移動は太陽に引張られる形で、夏には北緯10°から20°位的位置をアジア大陸、太平洋などに発生する巨大気団の影響を受けて、時により南に北に、また、東に西にと不安定に移り替る。

冬には赤道前線はオーストラリア大陸の北部からニューギニア島南部の線にあって、一年を通じ比較的安定した位置を保っている。そして、春・秋の季節には、赤道前線は赤道帯付近を、右往左往、北に南にと非常に不安定に移動する。それらの不安定な状況は図1-3の

図 1-3 熱帯収束帯の平均位置 (Dobby による)



ように、東南アジア地域における熱帯収束帯、すなわち、赤道前線の位置の変化にあらわれている。

図1-3、および図1-4と5を参考にして、熱帯における3つの気候型について概観したい。

1-2-2 熱帯降雨林気候(Af)

このタイプは、年間を通じ降雨が多く、顕著な乾燥期がない。現地では乾期、雨期と区別しているが、相対的降雨量の多寡により区別しているに過ぎない。

月間降雨量が100%を越すと、木材搬出作業に何らかの支障が出てくるが、図1-4で見ると、木材の主産地であるフィリピンの南半分、ボルネオ島、スマトラ島などの地域では、1年を通じ月間降雨量が100%以下になる地域は、ほとんどない。また注意すべきことは、木材の生産現場、すなわち、山では図に示されている都市の降雨量より多量に降る場合が多い。

要するに、作業に都合がよい日数が非常に少なくなるということであり、その上、前記のように南洋の降雨型と降雨量は常に不安定であり、実際にしばしば統計とは違った降雨量を記録することがあるので、われわれは悩まされるのである。

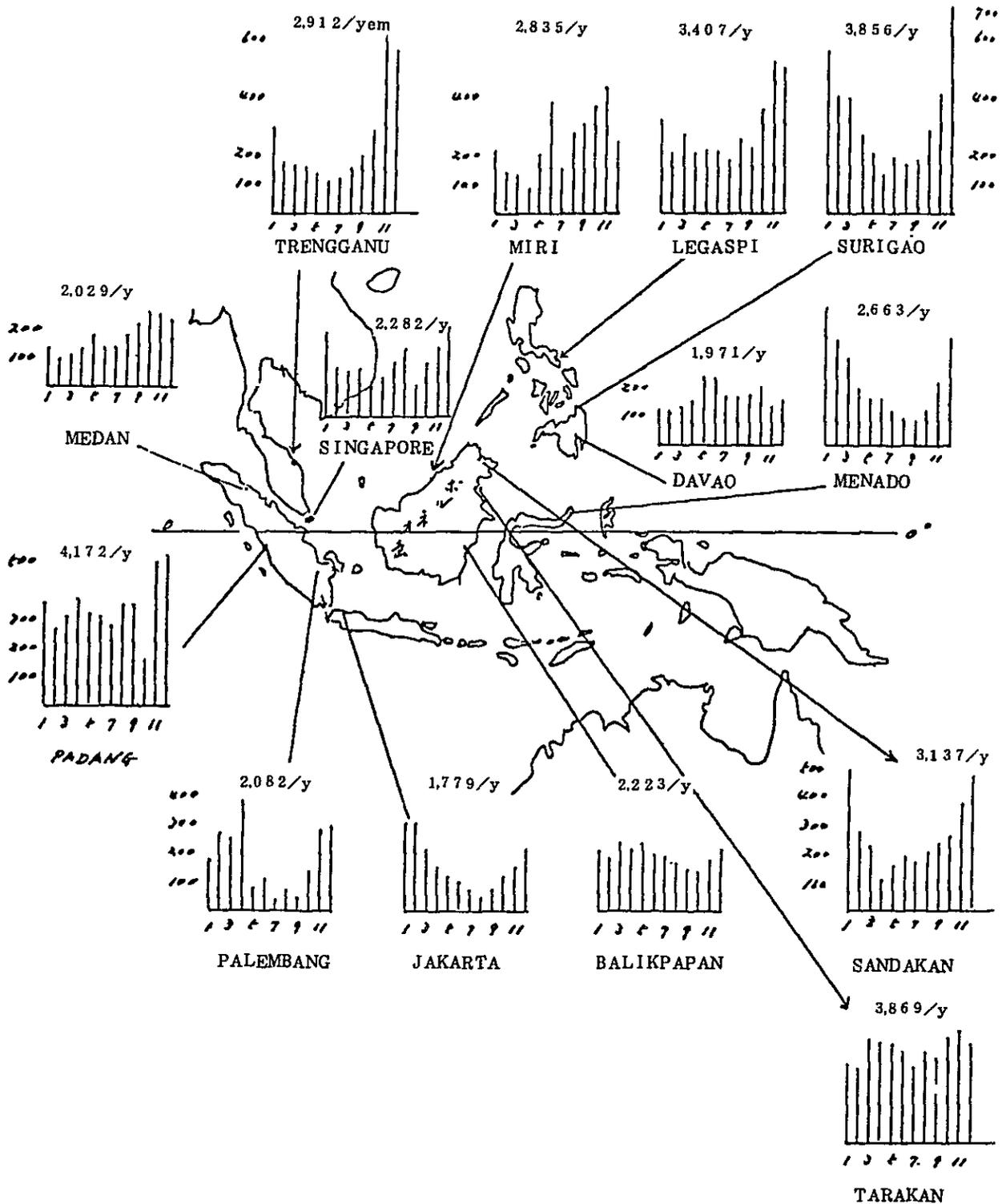
この気候帯の年間降雨量は、稀には、カリマンタンのサンクリラン地区のように海岸に接し、山を背にしているにもかかわらず、1,500~1,800%と少い所もある。しかし、大体2,000~4,000%の地区が多く、5,000%に達する地域もしばしば認められる。このタイプの気候帯で世界第2位の年間降雨量を記録しているのは、南米コロンビアの北西部の太平洋岸に近いチョコ溪谷の8,500~10,000%である。また、南太平洋のソロモン群島も地域的に非常に降雨量が多い。

南洋の熱帯降雨林気候帯各地の年間降雨量は図1-4に示した通りであるが、その特徴の一つはシンガポール、タバオ、バリックババンなどのように、降雨量が比較的少ない月が時々出てくることである。また、山系を越すか否かで近接地でも大きく変化し、また、同じ海岸線でも雨量が甚だしく異なる場合がある。特に海岸線と内陸では大差がある。

なを、雨期の最盛期と、その前後の時期、あるいは季節的に雨の降り方が全く異なることが多いので、降雨量が比較的少ない月だからといって、木材搬主を楽観していると大間違いを犯すことがある。それについては、あとでもう一度ふれたい。

なを、インドネシアの首都ジャカルタの降雨型は、熱帯モンスーン気候型に近い。その辺の区別には、やや不明瞭なところがある。(熱帯モンスーン気候帯の項、参照)

図1-4 東南アジアの熱帯降雨林気候帯の降雨量



1-2-3 熱帯モンスーン気候帯 (Am)

モンスーン (Monsoon) は、ご承知の通り季節風、あるいは貿易風のことであり、夏は海

洋から大陸へ、冬はその逆に吹く風、すなわち季節によって風向を変える風と説明されている。そして、温帯モンスーン、熱帯モンスーンなどの呼び名がある。

熱帯モンスーン気候は、赤道からやや離れた地域にみられる気候型であるが、アマゾン河河口付近の太西洋岸のように、赤道直下地帯に存在していることもある。

このタイプの特徴は、いずれも大陸と海洋の強い影響を直接受ける位置に存在していることである。その結果、明瞭に区別出来る雨期と乾期の2シーズンを持っている。

年間降雨量は2,000～3,000%の地域が多いが、一方では、世界の多雨地帯がこのタイプの気候帯のなかにある。

インド半島の西海岸に近い Satara (17°56'N, 73°40'E, 海拔1,382m) の6,226%, また、世界最多年間平均降雨量を記録しているインド・アッサム州の Cherapunji (25°15'N, 91°44'E, 海拔1,313m) の11,437%などがある。特に、Cherapunji では年間降雨量23,000%を記録したことがある。

また、この気候帯の特徴は降雨量の局所的变化が非常に極端である。前記の Satara から僅かに70km南西にある Ratnagiri (16°59'N, 73°20'E, 海拔15m) では Satara の半分以下の年間降雨量2,617%を記録しているに過ぎない。更に、世界最多年間降雨量を記録した Cherapunji から山系一つ越した北側にある Gauhati (26°05'N, 91°43'E, 海拔54m) では Cherapunji の $\frac{1}{8}$ の年間降雨量に落ちている。

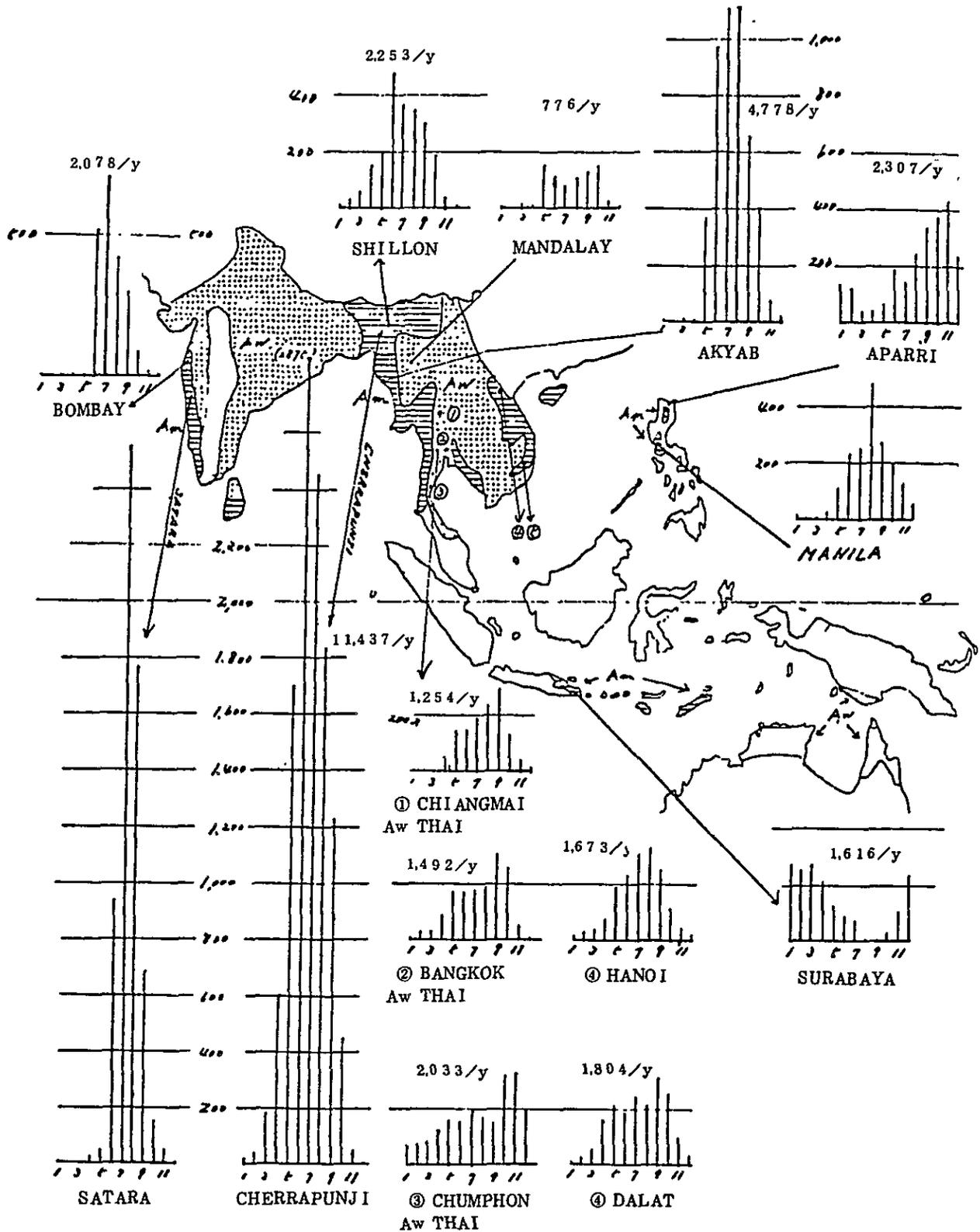
ビルマとバングラデシュの沿海地帯だけは、4,000～6,000%と平均して多量の降雨量を記録している。

東南アジアでこの熱帯モンスーン気候に属する地域は、前記のビルマの他、タイ、ベトナムの沿海部、ジャワ島の東半分から小スンダ列島、および、フィリピンのルソン島である。

熱帯モンスーン気候帯の降雨は、説明のしようがないほどの超男性的集中豪雨をもたらす。また、この地域は台風、あるいは、サイクロンの主な通過地域であるから、それによる集中豪雨が多い。

それでいて、雨期の最盛期の前後には女性的な細々とした雨が、数日続くことがある。このタイプのダラダラした降雨は、木材搬出作業にとって始末に悪い影響を与えることがあるので、あとでもう一度ふれよう。

図1-5 熱帯アジアの熱帯モンスーン気候帯と熱帯サバンナ気候帯の降雨量



1-2-4 熱帯サバンナ気候 (AW)

Savanna は気象の専門書「アジアの気候」では、サバナと発音させ、また辞書にも [サバナ] となっている。しかし、ここでは通俗的呼称であるサバンナを用いた。

熱帯アジア地域においては、夏期の季節風がもたらす海洋の湿気がインド半島の西海岸、あるいは、ビルマからマレー半島の西海岸に大雨を降らせた後、それぞれ山系を越すと、山系の東側に当るインド半島の内陸、および、ビルマの内陸とタイ国では降雨が非常に少なくなる。また、冬期には大陸の乾燥した空気が、海洋に向かって吹くので顕著な乾燥期となる。

要するに、熱帯モンスーン気候帯に大雨を降らせた後、おこぼれが熱帯サバンナ気候帯にもたらされるので、雨量が少なく、雨期と乾期の区別がはっきりしている。

この気候帯の降雨量は年間 700 ~ 2,000 % を記録し、アジアでは 1,500 % 前後の地域が多い。

熱帯における地上からの年間水分蒸発量は、森林地帯で 1,200 % 前後、裸地では 2,000 % にも達するといるので、熱帯サバンナ帯は乾燥ぎみになる。従って、土地利用産業には色色の問題が多く、森林存在の意義が重要なものになる。

要するに、年間降雨量が 1,500 % というのは、東京の年間降雨量にほぼ等しく、われわれが東京で経験しているような集中豪雨もあって、少なからぬ雨量である。しかし、熱帯では水不足を来し勝て、それでいて降雨による破壊力、あるいは、洪水などは日本におけると同様、またはそれ以上に発生しているのである。

1-2-5 熱帯の気候帯別土地面積

ケッペンの気候帯分類図、および、アメリカ大統領科学諮問委員会報告書「世界の食糧問題」の資料をもとに、熱帯の気候帯別土地面積を試算すると、表 1-1 のようになる。

表 1-1 熱帯の気候帯別土地面積の概算

単 位：億 ha

	ア ジ ア	ア フ リ カ	南 米	中 米	太 洋 州	合 計
熱・降雨林気候帯	2.10	2.70	4.10	0.40	0.50	9.80
熱・モンスーン気候帯	0.80	0.18	0.64	0.01	—	1.63
熱・サバンナ気候帯	3.07	9.30	6.79	0.86	0.80	20.92
合 計	5.97	12.18	11.53	1.27	1.30	32.35

表 1-1 のように熱帯の総面積 32.35 億 ha のうち、 $\frac{2}{3}$ は熱帯サバンナ気候帯が占めている。好ましくない気候型が熱帯圏に広く居座っているのである。

サバンナは「樹木の無い大草原」と辞書には書いてあるが、それは必ずしも天地創造以来、大草原だった訳ではなく、焼畑、放牧などの人為により、あるいは、その他の外的因子、例

えば草食動物の大繁殖により、森林が消滅させられ、かつ、その後も人畜の害が絶えぬために、大草原になっている地域が非常に多い。

タイ国のサバンナ帯には落葉広葉樹の林木が多いが、昔は常緑広葉樹林だったという。それは土中から採出された古い時代の花粉から証明されているという。

要するに、昔は気候がもっと湿潤だったことを意味し、人為による森林破壊が、気候を変え、後続植生を変えてしまった一例とされている。

森林復興が必要な所以であって、本報告書の目的である「伐出計画の技術的規準」の作成だけでは、熱帯林業の正常化は望めないという問題がここにある。しかし、その問題は別個に取り上げる機会を得たい。

第2の熱帯モンスーン気候帯の面積は、表1-1のように熱帯圏総面積の5%に過ぎない。この気候帯に生育する林木は熱帯降雨林と全く変らない。しかし、その開発に当っては、十分な注意を必要とする。

すなわち、この気候帯の特徴である超男性的な降雨が、伐採跡地を取りかえしのつかぬほど荒廃させることがあるからである。

雨期の最盛期の降雨量、地形、土質を十分に調査しなければならない。

第3に、熱帯降雨林気候帯は9.8億haあって、熱帯林業の主役を勤める地域であるが、地形、土質、土地の湿潤度などの関係から、優良林地帯は意外にも少ない。

多雨熱帯、すなわち、優良原生林地帯という観念は必ずしも間違いとはいえないが、過去における優良ラワン系材木を物指にして考えると、期待はずれになる。

なを、本報告書では、農牧地を得るための熱帯林の開墾が、それに続く土地管理の難かしさから、広大な荒廃地を発生させてきたこととふれていないが、これはこれで大問題である。そして、熱帯における土地の荒廃の進行は、熱帯の気候の厳しさによるものであるから、それを理解することは伐出事業のみならず、熱帯林業を知る上で、非常に重要な課題である。

1-3 熱帯の地形、土質と森林植生

本項は1971年に通産省からスマトラに派遣された一次産品開発促進調査団の報告書から引用したものである。

〈湿潤〉熱帯の気候の特徴は、高温・多雨であることはいうまでもない。その結果として、これらの地域における風化（weathering）、侵蝕（erosion）、および、堆積（pile）は非常に迅速に進行するので、地形の2次形成に大きな影響を与えている。

また、土の化学的変化も非常に促進されるので、それにより植生は左右されている。

そして、上記の特徴は、新らしくは現に広大な湿地を、また古くは更に広大な沖積層地帯を形成し、必ずしも森林状況に良い結果をもたらしていない。これらの地域の利用は、土地利用産業全体にとって、大きな課題になってくるだろう。勿論、伐出事業にもかかわってく

る課題である。

例としてスマトラをあげよう。スマトラは熱帯において林木の生育に適した①新生火山灰土の堆積地帯、および、②新生風化土の崩積層地帯の雄大な斜面が多いので、優良林が存在していると期待された。また、スマトラの地形は背梁山脈が西に偏して、ほぼ南北に配列されているので、その東斜面には比較的単純な地形に山腹林が存在するものと考えられた。

しかし調査してみると期待に反し、優良林が存在していると思われた地域で、かつ、地形が良好な地帯は、たとえ交通の便が悪くても、焼畑により森林は蚕食され、荒廃地と化していた。

一方、天然の交通路として利用出来る河川から程近い沖積平野は、土質が劣り、優良林が存在していないので、熱帯特有の居住空白地帯として、開発されずに残っていたのである。これは、「優良林は優良な耕地を提供する」という原則を身につけている農民の生活の知恵で、開発の対象から除外されていた。

われわれは彼等の知恵から、熱帯における土質と森林植生の問題、ひいては、開発のあり方、その他多くのことを学ばなければならない。

今後、熱帯における森林開発、更新、造林、あるいは、農地転換のような問題は基盤土質の問題を無視したならば、なんの解決策も得られないだろう。

熱帯の土地は肥沃だと思われ勝だが、その大半は非常に悪い土地である。熱帯には密林があるとよくいわれ、それは事実であるが、そのなかには巨大木林もあれば、大高木林から中木や小木の密林もある。また、その質にもピンからキリまでである。

一応安定した植生を保っている密林にも、このような差があるのは基盤土の性質と、土地の2次形成が副次的にもたらす土地の湿潤度が大きく作用しているのである。

1-3-1 熱帯における基盤土の変化

熱帯では高温多雨であるために、基盤土の変化が、特に急激に進む。地質年代は百万年、あるいは、1千万年の単位で数えられるが、植生に影響を与える基盤土は熱帯では1万年の単位で激変するという。

可溶性物質の溶脱と鉄物質の沈降が、高温多雨のために極めて早いからで、熱帯におけるその変化の速度は温帯におけるそれより数倍も早く進行するという。要するに、ラテライト化(※)が進み、土地は固く締り、次第に「硬盤状に結塊してくる」。(※ラテライトの語源はインドで、それは日干練瓦を意味するという。熱帯に多い、この種の土質をいいえて妙である。)

以上のような現象により、熱帯のほとんどの沖積平野は程度の差はあるが、肥沃ではなく、また、林木の根が張り難い基盤土質となっている。

さて、熱帯において林木の生育に適した土質は何かというと、新しい土が厚く堆積した

地域、あるいは、小礫を混えた土地である。すなわち、新生火山灰土、新生風化土の堆積地であって、基盤土質の化学的成分は少なくとも、「物理的性質が十分に軽しうな土地」に巨大木林は好んで生育する。要するに、根が張り易い土地を求めて、巨大木林は生育している。

フィリピンにおける優良ラワン材は正にそのような土地から生産されていた。それがサバからカリマンタン、更にスマトラに移るにつれ、ラワン系木材の質が低下するのは、土質の劣化によるものである。

今後、開発の対象になる未利用樹種の生育地は、劣化の傾向が強まるので、調査に当っては十分に注意する必要がある。

1-3-2 基盤土質と森林植生

Dr. P. Gourouは「熱帯林は土壤にほとんど何も要求せず、土壤から吸収された無機質は、再び土壤にかえる。樹木から落ちた有機物は腐植を作り、森林が生み出すものは、すべて森林にかえる。その熱帯林が地上にかえず落葉落枝、その他の有機物は1年間に1 ha当り50～60トンと推定される。」と述べている。

このようなことで、大量な有機物が高温多湿な環境により速やかに腐植分解されて、潤沢な養分が根元に環元されるので、至る所にフィリピンのような巨大木の密林が存在していると考えるのは、実は、大きな間違いである。

上記のように大量に供給される腐植物を有効に利用出来るか否かは、スポンジ効果を待つ表土層の厚さ、ひいては基盤土の性質によるものである。

基盤土が非常に固く締まっている場合には、林木の根が深く侵入することをはばんで、厚い表土を形成することが出来ない。貧弱な表土層は折角大量に供給される腐植物を貯蔵する能力が少なく、腐植物の多くは無駄に流亡してしまう。

このように根が十分に張れず、養分が流亡するといった悪循環が見られる基盤土の代表的なものは、熱帯の低地帯に多い古い沖積層地域である。

沖積層地域はカリマンタン、スマトラに多く、特に、スマトラ東海岸の中部平野には、われわれが期待するような巨大木林は少なく、大高木はあっても、過熟木になっている場合がしばしば見られる。また、市場が好まない堅い樹種が多くなっている。平均して、カリマンタンよりスマトラ東部平野の森林が劣っているのは、同じ沖積層地帯でも後者の方が古いためと考えられる。

但し、古い沖積層地帯の森林が劣っているとはいえ、温帯林にくらべれば生長ははるかに早いから、現存木を有効に利用する道を講じ、その後に森林構成樹種を改善するような更新方法を研究したならば、恐らく立派な森林になるだろう。また、土質が固く締まっているといっても、耕土は機械力で作り出すことが可能と思われるので、耕地として利用することも研

究すべきある。

さて、天然の状態で巨大な優良林が存在しやすい基盤土は、柔かい土地ということになるが、これを整理すると次の通りである。

① 新生火山灰土の堆積地帯

新生火山灰土地帯は均質な基盤土が、柔らかな状態で堆積しているという物理的性質のほか、広大な面積に普遍的に分布しているので、まとまった面積に優良林が存在し、また、樹種構成は比較的同一樹種が多くなる。今回の調査対象地として視察したフィリピンのミンダナオ島ブツアン地帯が正にそれで、水成層の隆起地帯に新生火山灰土が約1米余りの厚さに堆積していた。この地域はかつては、フィリピン随一のラワン材を生産していた地域として有名である。

また、ジャワ島の大部分は新生火山帯であって、ジャカルタからボゴール植物園に行く道路沿に見られる切取土の断面を見ると、厚さ数米に及び、赤褐色の均質の新生火山灰土の堆積層となっている。この地帯は熱帯農業の代表的地域になっているが、以前にはフィリピンに勝る優良な密林でおおわれていたものと考えられる。

なを、火山灰土のすべてが森林植生にとって、良好という訳ではない。強酸性のものや、極微粒子の土地、あるいは、石・礫ばかりの土地などは必ずしも良くない。

② 新生風化土の崩落堆積地帯

熱帯の強烈な陽光と降雨により、豊富に供給される新生風化土が、山腹や山裾に崩落して堆積した崩積土も林木の根が張り易い土質となっている。

スマトラの背梁山脈の崩積層地帯は雄大な、ゆるい斜面をなしているが、小型航空機で飛んでみると焼畑により森林は蚕食され、開墾地の多くは放棄されて草原と化している。第一級の森林と第一級の地形を持った地域が、常に犠牲になっているのである。

一方、スマトラの古い沖積平野にある丘陵の崩積層は貧弱である。そこに優良林木があっても小面積、かつ、断続的である。スマトラ、そしてカリマンタンなどの優良林の分布にムラが多いという原因の一つはこれである。

また、崩積土は母岩の性質によって、その上に生育する林木の良否、あるいは、樹種構成に差が出てくる。母材が砂岩系、または、古い石灰岩系の場合には、優良林は見当らない。但し、同じ石灰系でも珊瑚礁の隆起地帯は後記のように別である。

③ 河岸テラス帯

洪水によって運ばれた風化土が河川の両岸に堆積した残積土のテラス帯、あるいは、自然堤防と称される部分は林木の生育に適した、柔らかな土地を提供している。このような地域は天恵の搬出路である河川に接しているため、初期開発には最も便利であるから、真先に利用されてきた。

カリマンタンでは河岸テラス帯の森林を対象に人力による木材生産が1971年まで行われていた。いわゆる、クダクダ方式である。この方式により、1970年には3,500千㎡という驚異的な木材生産が行われた。

しかしながら、これらのテラス帯は河岸からの奥行が1軒前後、多くは1軒にも満たない幅であるから、その総面積には限界があるので、長期的木材供給源とはなり得ず、カリマンタンでは過去のものとなった。

なを、河岸テラス帯の背後は湿地帯となっていることが多い。雨期の洪水はテラス帯を乗り越えて背後に溢れ、水が引くときはテラス帯に邪魔されて排水が不十分になるからである。

④ そ の 他

沖積層地帯の土質は多種多様であり、また、堆積層の新旧により、その上に生育する林木は地域的に千差千別である。そのなかに、優良林が成立する特殊地区がしばしば見られる。適度な大きさの礫を混えた地区が、その一つである。例えば、花崗岩風化礫と粘土、珊瑚礁の隆起地帯における多孔質珊瑚礫と粘土、また、沖積層地帯ではない火山地帯における多孔質火山礫と粘土などが堆積した地帯である。

われわれが経験した最大級の立木は伐採点で直径2.8 mを記録し、東カリマンタン州サンクリランの多孔質珊瑚礫と粘土が混入した地帯で発見された。思うに、多孔質礫と粘土の混合は、立木の根が張り易く、また養分、水分、空気などの保持に勝っており、一方、礫質のため農地転換が不可能であったために、超巨大木が残存していたものと考えられる。

礫質地帯の例はしばしば見られるが、全体的には非常に少い例であり、個々の面積的分布も限られたものが多い。

資料 Ⅱ

**REGIONAL SEMINAR ON THE APPLICATION OF
APPROPRIATE TECHNOLOGY IN FORESTRY AND FOREST INDUSTRIES**

**Manila Philippines
11-23 January 1979**

APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR FOREST HARVESTING AND TRANSPORT

Compiled by:

**International Labour Office
GENEVA**

CONTENTS

	Page
1. INTRODUCTION.....	175
2. HARVESTING AND TRANSPORT TECHNIQUES EXAMINED IN THE PHILIPPINES	176
2.1 Stump Site Activities.....	177
2.2 Debarking	193
2.3 Log Loading	193
3. FACTORS AFFECTING THE CHOICE OF HARVESTING AND TRANSPORT TECHNOLOGY	196
3.1 Employment and Socio-Economic Conditions	200
3.2 Ergonomic Conditions.....	201
3.3 Environmental Conditions.....	202
4. CHOICES OF HARVESTING AND TRANSPORT TECHNOLOGY FOR EVALUATION IN ASIAN COUNTRIES.....	202
5. CRITERIA FOR CHOOSING APPROPRIATE HARVESTING AND TRANSPORT TECHNOLOGY	204
6. POTENTIAL CONTRIBUTION AN AVAILABILITY OF APPROPRIATE HARVESTING AND TRANSPORT TECHNOLOGY IN ASIA	205
7. DISSEMINATION OF INFORMATION ON APPROPRIATE HARVESTING AND TRANSPORT TECHNOLOGY IN ASIA	209

APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR FOREST HARVESTING AND TRANSPORT

1. INTRODUCTION

Forest conditions vary greatly throughout the Asian Region, ranging from the temperate forests in the northern mountains, through arid and semi arid forests to the dense moist evergreen forests in the equatorial zone. These differences in forest conditions are largely determined by climatic and geological factors, but super-imposed on the ecological zonation is the human population which is quite uneven both in terms of density and the level of economic development, and therefore in its influence on the forest.

The development and choice of timber harvesting and transport techniques in the region up to the present time appears to have been determined mainly by technical and financial considerations. For example, in the sparsely populated, but densely forested equatorial areas there has been little alternative to using heavy machinery, because there were just not the people around to use labour intensive methods. However, in many countries the opening up of the forest for logging and its deliberate clearance by illegal or officially sanctioned farmers, has resulted in increased populations in many of these areas, and the labour supply situation is now quite different.

The opposite situation has existed, and can still be seen in some countries, where most forest exploitation has been in the hands of small local entrepreneurs. These people have little capital but there have been enough of them in relation to the demand for timber, to enable them to operate reasonably successfully with very simple equipment. In most cases the sizes of tree that they have been dealing with are within their capacity, perhaps with the assistance of animals such as elephant or buffalo.

As the demand for timber increases, both as a result of population growth and rising world demand, especially in developed countries it becomes increasingly difficult for the small entrepreneurs to increase their output, with the methods they know, and many are giving up the struggle and moving to the cities. To overcome this problem agencies concerned with forest exploitation are increasingly turning to sophisticated technology to raise output in the face of a declining labour force.

It therefore appears that the time is very ripe for a close examination of the technologies available for timber harvesting and transport in the Asian region. New techniques will be required in many areas to enable harvesting technology to adapt to changing social conditions. With population generally increasing, there must be more emphasis on technologies which help to improve working conditions generally. At the same time population movement, means that locally it may be declining or static, and in these situations steps must be taken to improve labour productivity to meet rising demand.

There is therefore no one solution to the choice of harvesting equipment but there

is a very great need for more detailed and thorough examinations of the available technologies to identify the most appropriate one in particular circumstances.

2. HARVESTING AND TRANSPORT TECHNIQUES EXAMINED IN THE PHILIPPINES

Employment in logging and transport of forest produce in the Philippines can be separated into three categories: private industry, government, rural households, and of these three the first is by far the most important.

The timber industry in the Philippines is relatively important in that it has been a major earner of foreign exchange, but it only accounts for a very limited proportion of total employment - about 0.5% of the total workforce. The country has a shrinking base of old growth timber but government recognize the need to rehabilitate degraded forest land, and establish industrial plantations to meet the expected growth in demand for forest products. The sector therefore has great potential for providing employment. Population increase has intensified pressure for more cultivable land and much logged over forest is then cleared by illegal squatters. These people represent an important pool of labour for forestry work which would enable them to be employed creatively and productively to both their own benefit and to that of the country as a whole. It is therefore important in the Philippine context to seek technologies which are relatively labour intensive, but which will improve both the quality of the work done, and working conditions for employees.

The following studies related to harvesting and transport were undertaken in the course of the Philippines project:

- 1.a) *Tree felling and crosscutting in virgin dipterocarp timber*, comparing the large power chain saw, small power chain saw, and two-man crosscut saw – conducted at Las Navas and Bislig;
- 1.b) *Thinning in man-made tree plantations*, comparing the small power chain saw with bow saws and axes – conducted at Tungao;
- 1.c) *Small-log crosscutting*, comparing bolos, axes, and bow saws – conducted at Bislig.
- 2) *Short-distance log transport (skidding from stump to roadside)*, comparing the crawler tractor, four-wheel skidder, farm tractor and carabao (water buffalo) – conducted at Pagbilao-Tayabas, Tungao, Talacogon, and Bislig;
- 3) *Debarking*, comparing bolos (machetes, jungle knives) with properly designed debarking spuds – conducted at Tungao and near Baguio;
- 4) *Log loading*, comparing manual loading with a mechanical wheeled loader – conducted at Bislig.

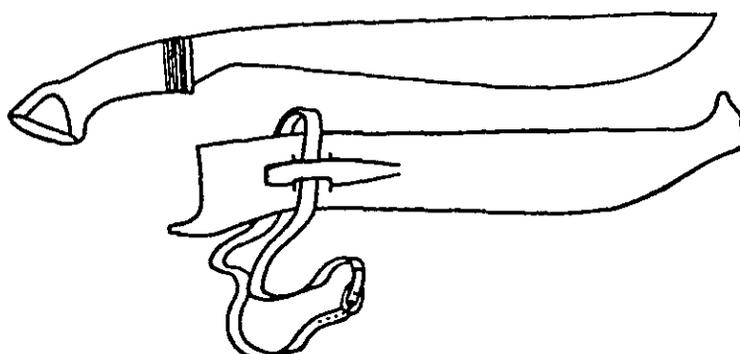
The basic methodology was similar for each work study. Equipment-intensive

and labour-intensive methods were identified for each activity having alternative production possibilities. Stop watches were used to record the time elements and compute a production rate for each method as the sum of individual cost items, e.g., machine or tool depreciation; interest; fuel, oil and lubricants; repair and maintenance; and wages plus additional social benefits. This procedure provided a direct comparison of private costs, one method to another.

Included among the alternatives were "improved" labour-using methods and "Intermediate" methods, entailing some combination of better hand tools, helping devices, and working organisation. Productive labour-intensive methods depend on technologies said to be "improved.. or "intermediate" because the machine/tool input is higher than in primitive manual methods, but much lower than in sophisticated capital-intensive ones.

The ubiquitous forestry hand tool in the Philippines is the *bolo* (i.e., machete, jungle knife – see Fig. 1). It is commonly fashioned from discarded leaf springs of motor vehicles, old saw blades, and other pieces of hard steel that happen to be available. When speaking of primitive manual methods as in the preceding paragraph, the bolo is often the sole machine/tool input. Bolos are used for clearing underbrush, debarking, pruning, digging holes for tree planting, and sometimes falling and crosscutting small-diameter timber.

Fig. 1. Bolo with Sheath



Scale 1:5

A sharp bolo can be a formidable cutting tool, and even small boys know how to wield it with skill. The problem, however, is that the bolo is not designed for the wide range of activities in which it is used. As a general-purpose tool adequate for a great number of tasks, the bolo cannot hope to be as productive as special-purpose tools in all of them.

2.1 Stump Site Activities

The investigation of stump site activities is divided into two sections: (1) virgin dipterocarps, and (2) fast-growing plantations and other small trees. In each case the studies indicated that it is *economically feasible* to move one step towards more labour-intensive practice from the prevailing cutting technology at present. For the virgin dipterocarps, this step is from

the large, heavy-weight power chain saw of 9-13 horsepower to a smaller, lighter power chain saw of about 3-5 horsepower. For the plantations and other relatively small trees, this step is from the small, light power chain saw mentioned above to manual cutting with bow saw.

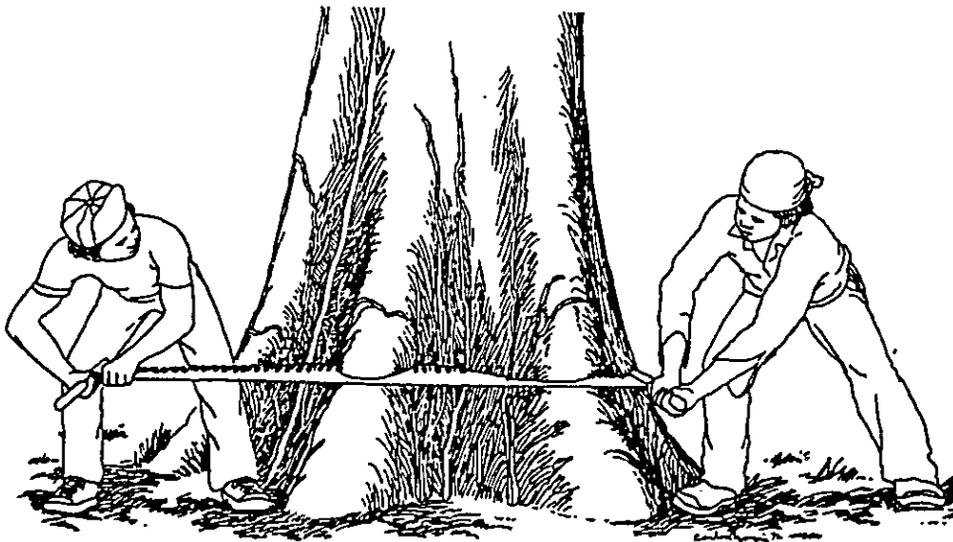
2.1.1 Virgin dipterocarps

The labour content of stump site activities in heavy tropical hardwoods, such as the Philippine dipterocarps, is low relative to that in fast-growing tropical plantations and in more temperate regions.

The reasons are, first, that in the virgin dipterocarps the merchantable bole often represents less than two-thirds of the total height of the tree; the first large branch generally sets the utilisation limit. Hence there is little or no debranching required. second, the number of crosscuts is rarely more than 3-4 per tree, since the logs are made in long lengths of up to 15 meters. Finally, the massive log size of at least three or four tons precludes manual handling and positioning.¹

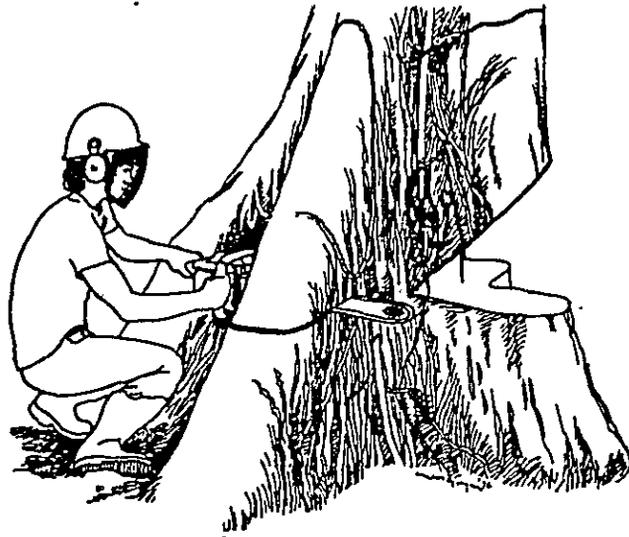
The scope for manpower use is therefore to be found chiefly in cutting speed. Because it is slower, manual sawing requires three crews to achieve the same level of daily output

Fig. 2. Falling Large Trees with Two-Man Crosscut Saw and with Power Chain Saw



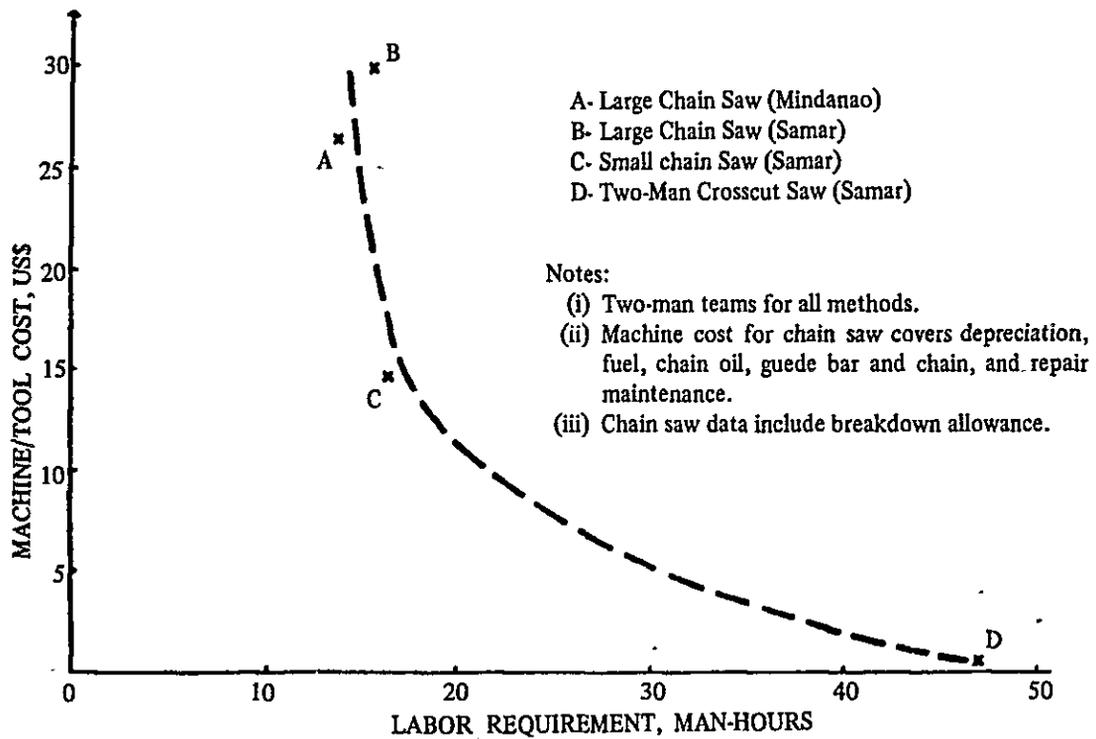
(a) Two-Man Crosscut Saw

¹ Supplementary background material is found in *FAO, Logging and Log Transport in Tropical High Forest* (Rome, 1974), pp. 8-15.



(b) Power Chain Saw

Fig. 3. Machine Cost and Labour Requirement to Fell and Crosscut 100 Cubic Meter of Virgin Dipterocarp Timber by Alternative Methods.



as a single power saw crew (Fig. 2). Small power saws have a slower cutting speed than large power saws, and so likewise require more crews to equal the output level of the larger saws.

Fig. 3 shows the relative labour intensities of the alternative methods. It can be seen that the small chain saw was only slightly more labour-using than the large chain saw, but considerably less labour-using than the two-man crosscut saw. The machine cost component using the small chain saw was only half that with the large chain saw, though much higher than that of the two-man crosscut saw. The small chain saw could therefore be termed an intermediate technology, although it is closer to the existing machine-intensive than to the labour-intensive alternative.

The methods had the following unit costs per cubic meter:

small chain saw (Samar)	US\$0.19	
two-man crosscut saw (Samar)	US\$0.22	
large chain saw (Samar)	US\$0.23	
large chain saw (Mindanao)	US\$0.26	1.

In recent years there has been a revolution in the development of chain saw performance and design. The overall trend is towards lighter, safer, quieter saws that have a low level of vibration. Comfort of use and safety are implicit in good machine balance, low weight, low noise level, low vibration level, chain brake, and right-hand safety trigger. Chain saws of advanced design are available in a large number of makes and models.

Until now small, light-weight chain saws have not been used in the Philippines for felling and crosscutting large-diameter dipterocarps. Heavy, gear-driven saws weighing 15 kilograms and more, frequently without any of the modern safety or anti-vibration devices are the normal equipment. The larger saw is evidently preferred on the basis of machine reliability, ability to withstand harsh treatment, and the power needed to cut through large-diameter strees and logs, despite the fact that the large saw entails hidden ergonomic costs borne by the workers in the form of heavy carrying weight and high risks of work-related accidents and hearing loss.

Trials to establish whether a more modern chain saw of reduced power and weight could be used in the virgin dipterocarp forest have never been undertaken. The work study goes a long way towards demonstrating that the small chain saw is quite suitable for trees up to 120 centimeters in diameter, or even larger if the trees have buttresses. Using the technique of cutting "around" rather than "through" the tree, it was possible to fell trees having cutting diameters of about 2.5 times the 20" guide bar used.

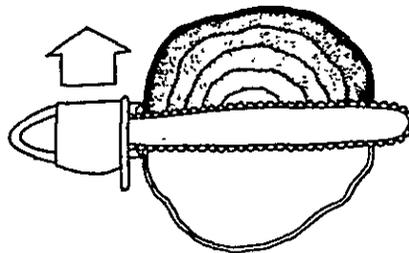
The usual method of cutting "through" the tree with a large chain saw and long guide bar is illustrated in Fig. 4. The technique of cutting "around" the tree with a small chain

¹ Uniformity of costs is what could be expected based on a study by FAO in 16 developing countries during the period 1966-69. With daily wages of US\$1-2, there only small cost differences when comparing stump site activities by one man using a power chain saw. See M. Bendz and A. Jarvholm, *Logging and Transport in Tropical High Forest* (Stockholm Royal College of Forestry, Research Note No. 38, 1970).

saw and shorter guide bar is illustrated in Fig. 5. When using the small saw, the undercut – or felling sink – is made as usual. The next step is to make the center cut with the help of the roller-nose bar. Leaving hinges at the sides of the undercut, the final step is to walk around the tree and complete the falling cut.¹

If light, low-powered chain saws are to be used on wider scale in large-diameter timber, there will have to be much greater diffusion of this special working technique than exists presently. Secondly, the large chain saw cannot be completely displaced, since there are some trees too big to be handled by the small chain saw and its 20" guide bar. In the timber type of eastern Mindanao which is similar to the forest of Kalimantan and most of Malaysia there are an average of about three trees per hectare that could not be cut with the small chain saw. In the timber type of Samar which is perhaps more comparable with Papua New Guinea, Thailand, Borneo, Sri Lanka and most of India the number of such trees is less.

Fig. 4 Cutting "Through" a Large Tree with a Large Chain Saw and Long Guide Bar



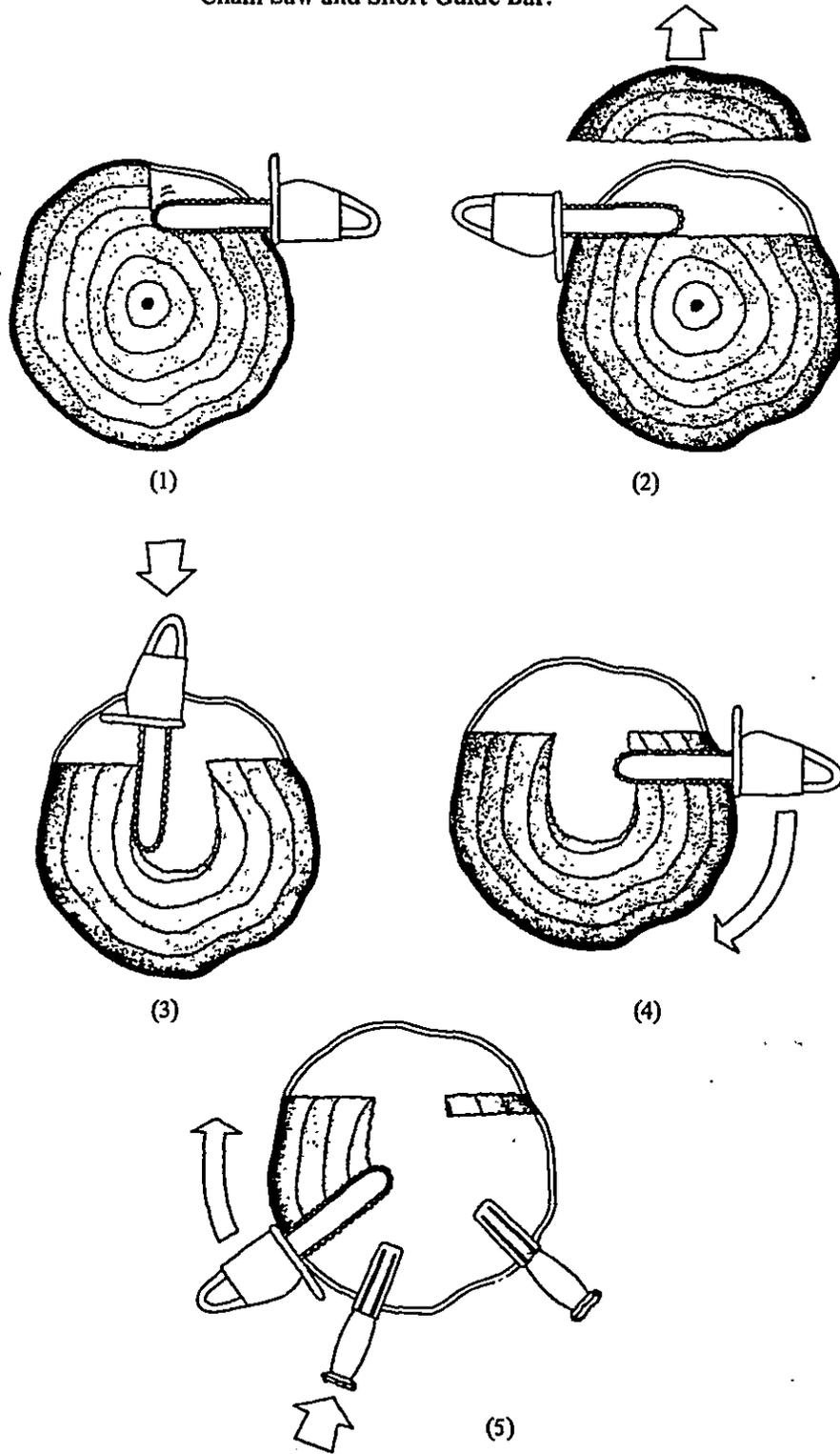
In both regions the small chain saw could be used in combination with the large chain saw, either simultaneously with different teams, or sequentially with the same team using first the small and then the large chain saw. The small saw could be used for the majority of the trees, and the large saw only to cut the few giants. Of course, these combination methods bear a certain cost for additional organisation and coordination not incurred when using the large chain saw alone.

The truly labour-intensive method, the manual crosscut saw, proved to be very much cost competitive with the chain saws.

There are some real as well as imagined short-comings to the manual methods, one of the main ones being the high stump height associated with the construction of platforms to place the cutting diameter above the buttresses. Without the aid of power chain saws there

¹ For a buttressed tree this procedure changes slightly to include (i) penetrating the nose of the bar through the first buttress to mark a level sawing position on the main trunk; (ii) continuing the falling cut on the main trunk between all other buttresses in the same way; and (iii) finishing by cutting the buttresses where they adjoin the main falling cut.

Fig. 5. Cutting "Around" a Large Tree with a Small Chain Saw and Short Guide Bar.



is a tendency to cut only medium-sized trees to the exclusion of the very large ones, and manual felling and crosscutting of large tropical hardwoods is extremely strenuous from the view-point of work physiology, especially if the diet regimen is not completely adequate.¹

Objections to the method because it is "old-fashioned" are not valid if the contrary position is supported by actual cost calculations, and rising fuel costs may well force the re-adoption of these labour-intensive methods.

2.1.2 Fast-growing plantations and other small trees

A very appropriate intermediate method for small trees is the bow saw (Fig. 6). Fig. 7 shows two alternatives to the bow saw; the small power chain saw and the axe. Fig. 8 shows the bow saw to be far more labour-intensive than the small chain saw, and to have a very low hourly machine/tool cost. The bow saw is less than half as labour-intensive as the axe.

The studies were both carried out in falcata plantations (*Albizia falcataria*), which have excellent bow saw potential, especially for the small-scale tree farmers who can neither afford nor justify the investment in chain saws. The introduction and diffusion of bow saw would free tree farmers from dependence on contractors, and avoid them having to buy or lease expensive chain saws which they cannot fully utilize.

The economic use of bow saws is not restricted to tree farmers and other small-scale operations. The timber concessionaires should also find that bow saws are cost-competitive with chain saws. Unit costs per thousand stems thinned in the work study of thinning were: small chain saw US\$35.27, bow saw US\$34.50.

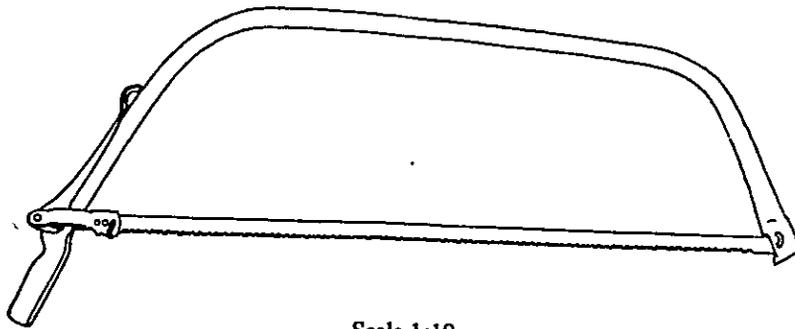
The five ground skidding methods investigated by the work study were a) crawler tractor, (b) four-wheel skidder, (c) farm tractor, (d) carabao, (e) manual carrying of pulpwood in a plantation of falcata (*Albizia falcataria*). (See Fig. 11).

Fig. 10 shows that manual carrying generated more than twice the labour input of carabao skidding. Load size transported manually averaged only 0.08 cubic meters, compared with 0.17 cubic meters by the carabao and 0.25 cubic meters by the farm tractor, which was subsequently increased to 1.0 cubic meters by adding a winch to the tractor (a four-fold increase). For the men working singly the observed average load size of 50-60 kilograms balanced on their shoulders was equal to or greater than their own body weights, surpassing the recommended limit set for safe handling and avoidance of muscle strain.² Subject to this constraint on log weight, human transport provides the most readily available and by far the least costly conveyance for individuals such as the falcata tree farmers and the people in the pine region of Luzon. Opportunity cost of their won labour in the agricultural off-seasons is almost negligible.

¹ J. Hasson A. Lindholm and H. Birath, *Men and Tools in Indian Logging Operations* (Stockholm Royal College of Forestry, Research Note No. 29, 1966), pp. 8-10.

² ILO, *Guide to safety and Health in Forestry Work* (Geneva, 1968). For males, safe limits are 40% of body weight for continuous work, or 50% of body weight for intermittent work.

Fig. 6. Thinning with Bow-Saw.

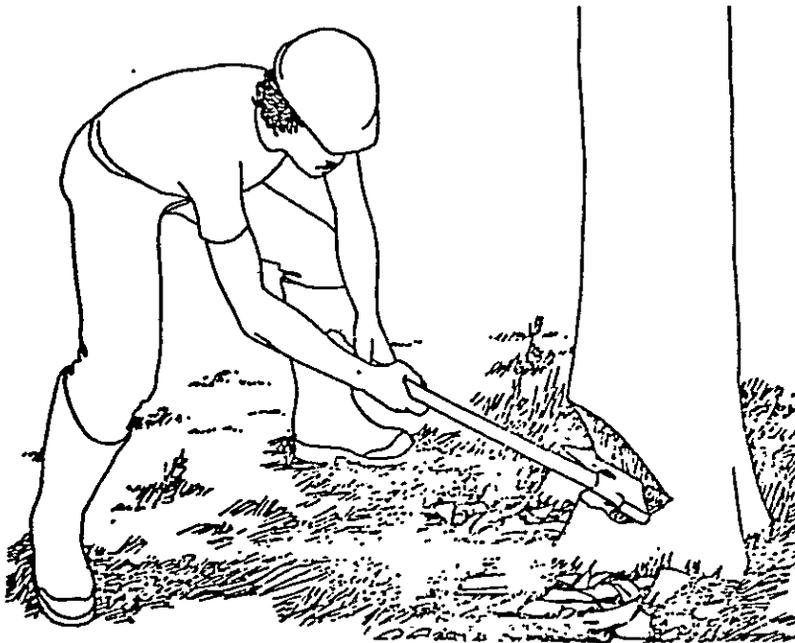


Scale 1:10

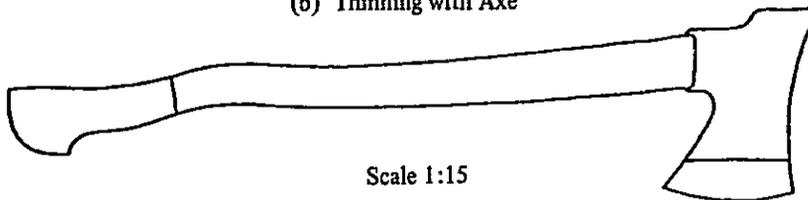
Fig. 7. Thinning with Small Power Chain Saw and With Axe.



(a) Thinning with Small Power Chain Saw

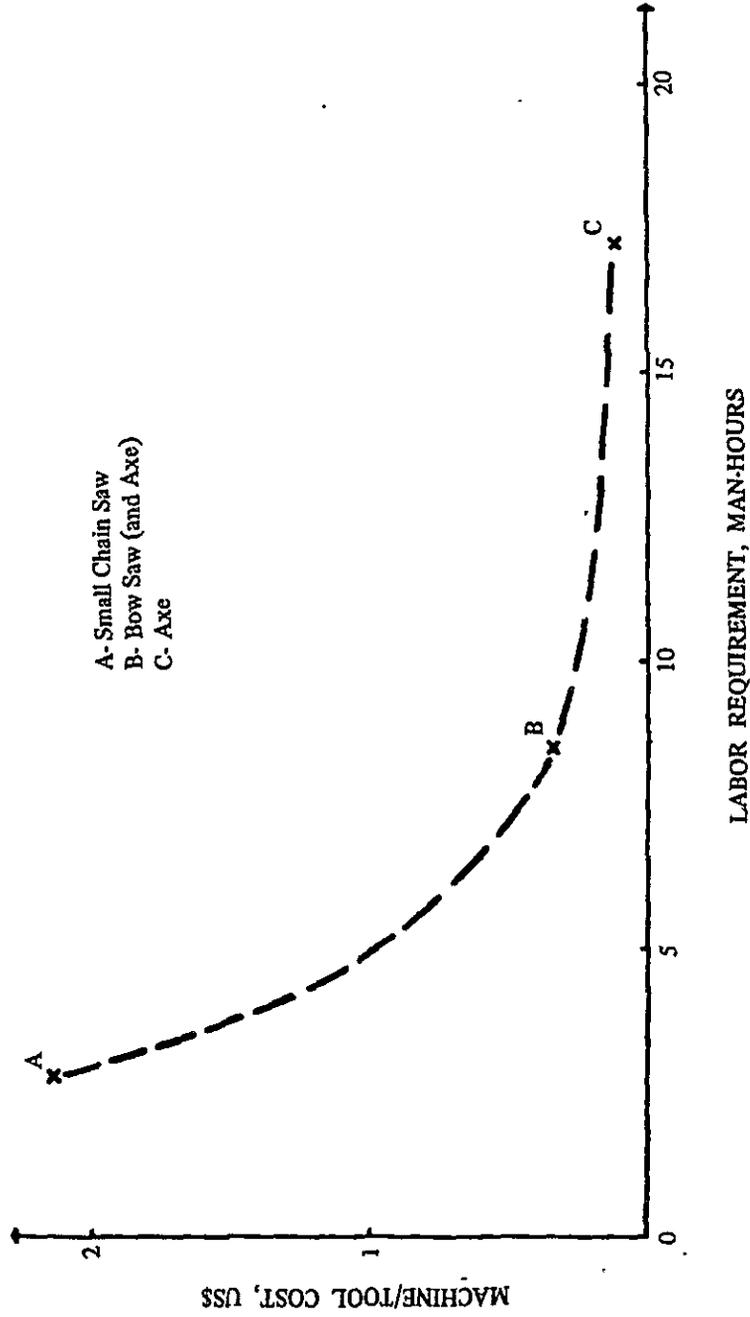


(b) Thinning with Axe



Scale 1:15

Fig. 8. Machine Cost and Labour Requirement to Thin 100 Stems in a Planation of Albizia Falcataria under Alternative Methods.



- Notes:
- (i) One-man craws for all methods.
 - (ii) Machine cost for chain saw covers depreciation, fuel, chain oil, guide bar and chain, and repair and maintenance.
 - (iii) Chain saw data include breakdown allowance.

Fig. 9. Comparative Kerfs for Small Logs Crosscut by Bolo, Axe and Bow Saw.

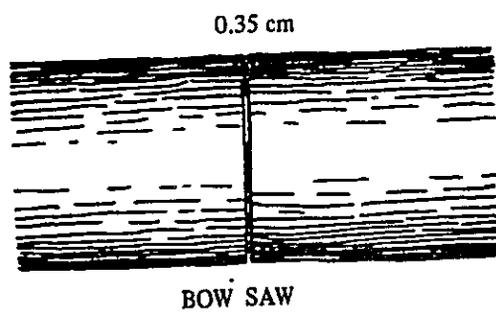
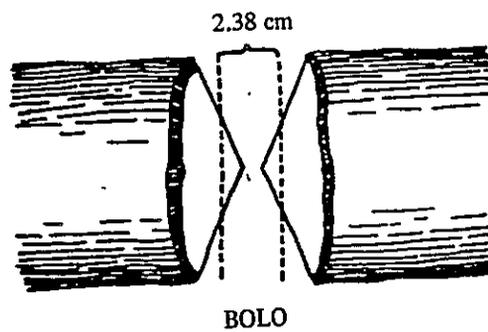
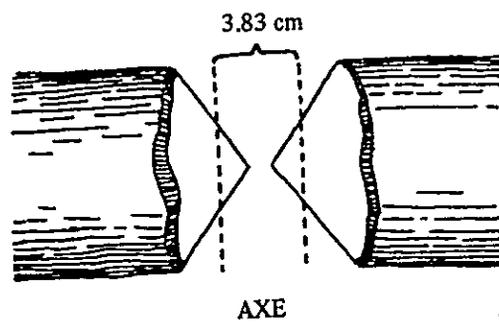
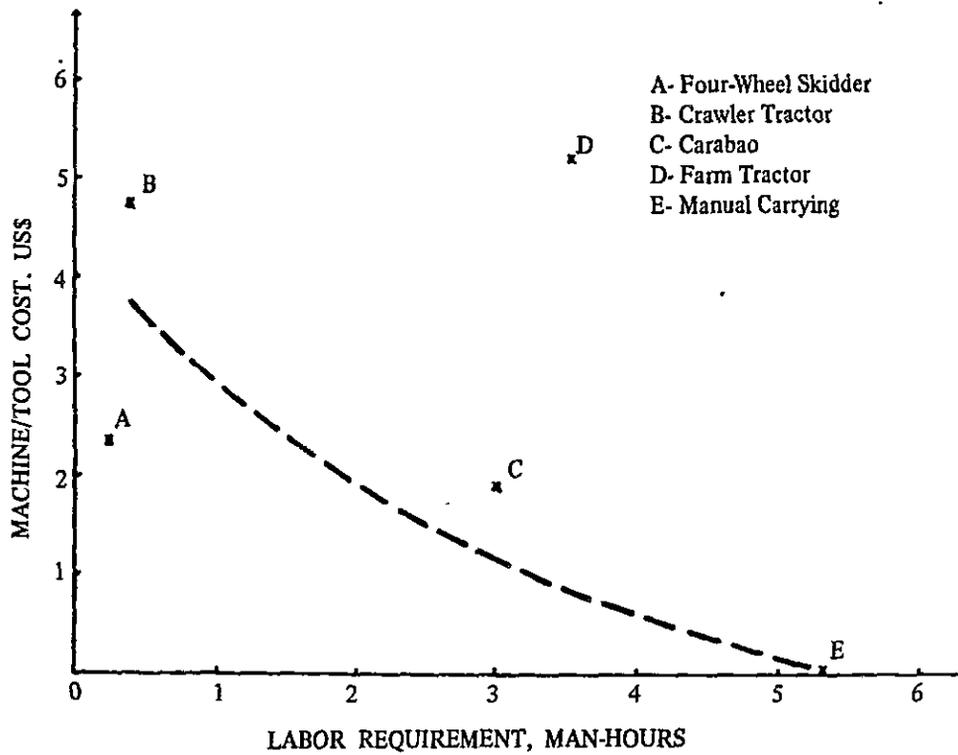
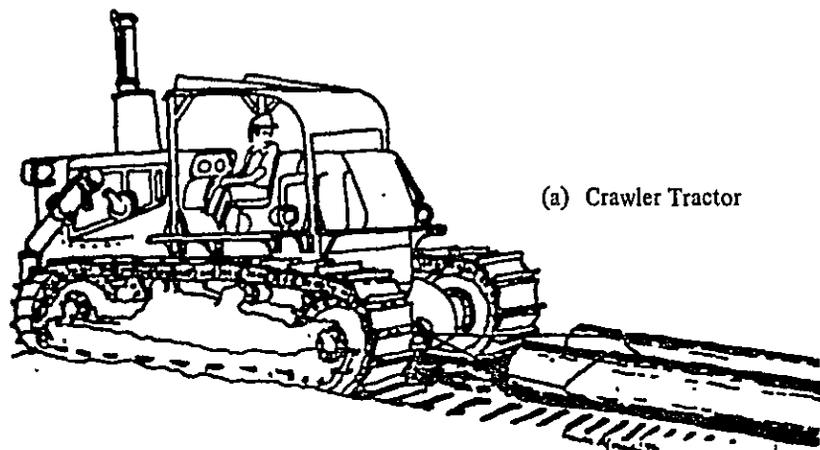


Fig. 10. Machine Cost and Labour Requirement to Transport One Cubic Meter of Logs a Round-Trip Distance of 500 Meters under Alternative Methods.

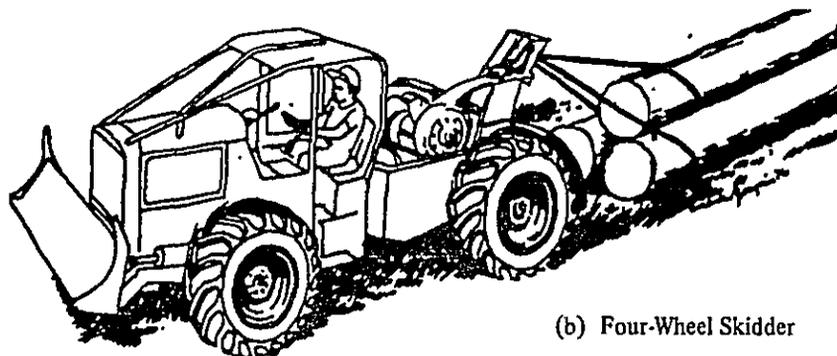


- Notes:
- (i) Operator and choker setter for crawler tractor, four-wheel skidder, and farm tractor. One-man crawls for carabao and manual carrying.
 - (ii) Machine cost for crawler tractor, four-wheel skidder, and farm tractor covers depreciation, interest, fuel, oil lubricants, and repair and maintenance. "Machine" cost for carabao covers carabao hiring, feed, and rope.
 - (iii) Data for crawler tractor, four-wheel skidder, farm tractor, and carabao include breakdown allowance.
 - (iv) Farm tractor inefficient due to lack of winch and tire chains.

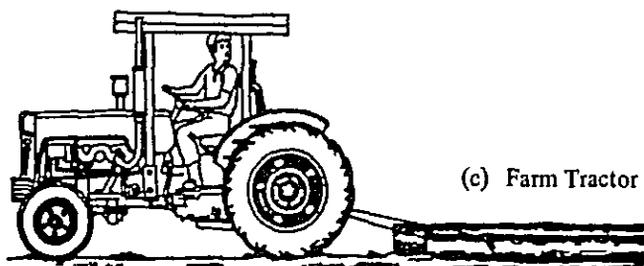
Fig. 11. Log Skidding with Crawler Tractor, Four-Wheel Skidder, Farm Tractor, and Carabao.



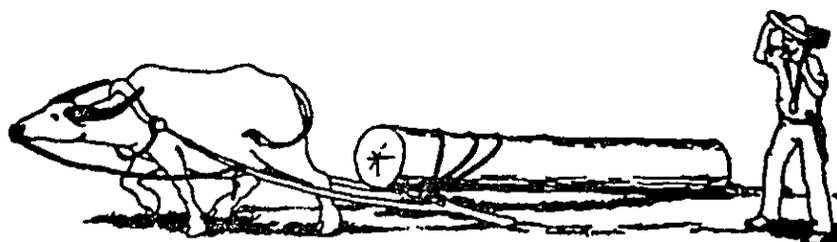
(a) Crawler Tractor



(b) Four-Wheel Skidder



(c) Farm Tractor



(d) Carabao (with Sledge)

Fig. 12 shows log transport costs as a function of distance for the four ground skidding methods studied. The least-cost envelope curve shows the carabao to be the most economical method for round-trip distances under 440 meters, and the four-wheel skidder to be the most economical method for round-trip distances 440 meters and longer. The crawler tractor and the farm tractor – neither of which was properly designed or equipped for skidding – did not prove competitive.

The productivity of both carabao and farm tractor can be raised with the addition of simple helping devices. Carabao skidding has the following advantages:

- the animals are adaptable, not easily excited, and easy to train;
- they are particularly useful in roadless and swampy areas, and where heavy equipment cannot be risked in rainy periods;
- they have a minimal opportunity cost during agricultural off-seasons; and
- they are economical where the timber is too small or scattered to justify machine skidders.

The disadvantages are:

- the animals may be in short supply during agricultural planting and harvesting;
- the carabao is a non-sweating animal that needs frequent bathing on hot days to keep down its temperature, requiring the presence of nearby water holes;
- carabaos are susceptible to overwork and hoof-and-mouth disease, and their life-time expectancy in woods work is much less than in farm work;
- the modest pulling capacity of a carabao working singly limits the size of load it can skid to .30-.45 cubic meters;

Before the era of mechanised logging the carabao was the principal means of ground transport, pulling logs of up to three or four cubic meters by hitching several carabaos together. Devices to facilitate hauling included (1) crude sleds made from the natural forks of small trees; (2) carabao carts, either with spoke wheels or solid wooden wheels; and (3) wooden pole railways with carabao pulled trucks but all these were restricted to level terrain.

Some helping devices for carabao log transport were examined in the course of the work study with the objective of decreasing drag resistance and enabling the logs to slip past ground obstacles. A carabao cone, skidding hrapple, and travois-type sledge (Fig. 13) were investigated.

Although it did not prove economical in the work study because it was not properly equipped, the farm tractor also has definite potential as an intermediate skidding method.

Indeed subsequent trials had revealed that the addition of the winch to the tractor raised hourly output by 200% while the corresponding increase in hourly costs was only 9%. As in the case of carabao, the farm tractor can be used to skid logs in idle periods when not needed in agriculture, and it is more labour-intensive than the four wheeled skidders and crawler tractors. It should however be equipped with a winch and tyre chains, and be restricted to skid-