

熱帯の機械化造林事業

服 部 清兵衛

はじめに

今から30数年も前の話、当時林野庁の職員で伐木造材が専門の私に突然造林の機械化を考えろという命令をいただいた。対象地として北海道釧路のパイロットフォレストが選ばれた。あの一寸日本離れをしたような広々とした釧根原野でトラクタを使って造林作業を考えろというのである。結局2~3年かけてトラクタで地拵をし、トラクタで苗木を植え、トラクタで下刈をする事を考え出し実行に移した。当時はまだ刈払機さえも殆ど普及されていなかった時のこと。こんな事は日本中で自分しかやっていないという実務屋としての嬉しさと、こんな特殊な作業方式がここ以外どこで利用されるのだ、無駄な事をしているのでは、という虚しさとジレンマで複雑な気持ちになったものである。

その後、私は人生の仕事の後半20数年間を、いわゆる熱帯地域と名のつく東南アジアや、中南米の森林を相手に仕事をしてきた。東南アジアでは森林開発と、木材の生産と、日本への輸出であり、中南米ではブラジルでの造林を目的とした森林開発で、いわゆる産業造林であった。初めてブラジルの大地にたって、あの大造林の実行されているのを見た時の驚きと嬉しさは例えようのない大きなものであった。それは私がかつて釧路の原野で実験をし、若しも、造林作業を大型の機械化作業に切り替えるとしたならば、それはかくあるべきという考えにたどり着いた作業方式が、そこではすでに実行されていたからであった。この点ブラジルは既に大先輩であった。我が意を得たという嬉しさと、既に大先輩がいたという驚きである。おかげでブラジルの仕事はほとんど違和感なく遂行することが出来た。

大造林計画や機械化造林とかの声が聞かれるようになり、林業国際協力の遂行のため、今後ますます日本の造林技術者が海外に派遣されねばならないであろう時期になってきた。森林再生のためである。いよいよ実務屋の出番なのである。だが、日本での造林技術者は、殆どの人が大規模造林事業や、大型機械を使用した大規模機械化造林作業などにはあまりお目にかかるないのでないかと思われるし、さらに海外での仕事でも経験がないと思われる所以、実務屋の立場から少しでも事業実行上のお役に立てばと思い、古い資料も交えて筆を執った次第である。

HATTORI, Seihei : Mechanized Reafforestation in the Tropics

国際協力総合研究所

1. 造林事業の機械化

海外で国際的に大造林計画というからには、その造林の対象地はおのずと開発途上国となる。東南アジアか、中南米か、アフリカか、その辺と思えば間違いない。今、海外では日本の林学の学者や林業技術者達が熱帯林の回復のため、どんな樹種を、何処に、どの様にして、と必死の努力をして研究をしている。間もなくその結果が出るに違いない。学者や技術者達の研究、実験によるデータを頂いて事業に移すのは実務屋である。実務屋がその成果を現場で事業として実現し、森林を作らねばならない。機械を持ち込んだ大型造林事業にあって頂いたデータを参考に機械化作業をどのように事業化してゆくか、これから実務屋が考えねばならない責任分野である。

普通機械化といえば、それは合理化とか労力節減とかで決まったようなもの。ところがこの対象地である開発途上国では、仕事に飢えた人達が5万といいる。しかも低賃金の労働力である。こんなところに月並みの考え方で機械化を持ち込んだならば、とんでもないことになる。袋叩きに会い、悪名を買って敗退すること請け合ひだ。このへんは、よほどきちんと整理して使用目的、作業方式を決めてからないといけないと思う。そこで私なりに経験した中から、熱帯途上国と言う特殊環境での大造林事業の様相や、大型機械を持ち込まざるを得ない場合の事例となるものを、作業別に拾い上げてみると次のようである。

①大面積造林を計画、実行するときのため ②地拵のため、活着率の向上、成長促進のため ③下刈りなど撫育作業のため ④植え付け作業のため ⑤林道や作業道建設のため ⑥苗畑建設、苗木運搬、作業員輸送のため ⑦インフラ施設建設など。

以後、これにそって話を進めたい。ただし、私はアフリカにあるような半乾燥地に對しては、まだ土地感も無いので当てはまるかどうか判からない。また、ここで一言お断りするが、私は造林作業の機械化を奨励しているのではない。機械化を導入しなければならないような大型の造林事業を実施しようとする時の在り得る状態をお話して、計画立案と、機械導入、事業実行の参考になればと思っている。ただ闇雲に機械を導入することは厳に慎しまねばならない。

2. 個々の機械化作業

1) 大面積造林を計画、実行するときのため

最近、産業造林という言葉をよく聞く。言葉の意味はともかく、海外での大面積の造林となると、1つのキャンプでの年間造林面積が千ha単位から万ha単位の事業規模が普通となる。いくら規模が大きくても木を植える動作に変わりはないが、問題は、規模が大きくなつたために発生するいろいろな事業上の問題である。如何に労力が豊富といつても、このクラスの大きさになると機械力を導入しなければ事業遂行は困難になる。地拵えするにも、植え付けするにも、下刈りするにも、苗畑を考えるにも、林道、防火帯を建設するにも、大型の機械力導入を念頭にして考える必要がある。

しかし如何に機械力が必要とはいえ、造林作業という特殊な作業であるからには、

当然のこと、地形的制約を強く受けることになる。また大型機械である以上、個々の作業に連係して機械が使われないと、作業速度に部分的なアンバラが出てきて、作業の進行に大きく影響し、機械の導入がかえって作業進捗を阻害する大きな因子となる恐れがある。言い換えるなら、立地的条件が機械の導入を可能にしているから、大面積の計画が成り立つと言える。また、たとえ大面積で機械が導入可能といっても、100% 機械作業可能な地域もまれにはあるが、それはむしろ例外と思ったほうがよい。対象地域の何% が機械作業可能で何% が人力によるか、それにより機械類の編成が大きく変わる。この点を的確に掌握する事が重要である。

例えは一つのやり方として、対象地を ④ 草原地域、⑤ 疎林（灌木材）地域、⑥ 密林地域、の 3 つに地域区分して、それぞれの地域の機械作業可能地、不可能地の面積比率を出して面積を算定する。そのうえで夫々の作業方式を決定して、それにもとづく各々の必要機材器具による作業編成を想定し、コスト計算をすることである。

2) 地拵のため、活着率向上と、成長促進のため

活着率向上、成長促進も地拵の良し悪しにかかっている。熱帯の地面は日本のそれと違い、大方がかちかちに固い地面をしていると思えばよい。ジャングルの中でも、灌木地帯でも、草原地帯でも皆同じようだ。また草の伸びがものすごく早い。このような条件の中で、下刈撫育を怠るとたちまち枯死してしまう。必然的に初期成長を出来るかぎり早くする事が最も肝要で、いろいろ工夫が必要となる。

今のところ活着を良く、初期成長を早くしようとするには、地拵の時点で表土を耕耘するのが一番よいようである。出来たら全面耕耘である。養分のない土壤をかき混ぜることは、表土を破壊し、あるいはエロージョンを引き起こす原因となると非難されそうだが、これらの不利をはるかにしのぐ効果が、上記の活着向上、成長促進のうえであるようである。これは私の経験からだが、そればかりでなく、最近の JICA プロジェクトでの実験結果でも立証されていると聞いている。

また大面積ともなると、対象地には当然のこと立木地帯も含まれ、伐根作業が出てくる。このかちかちの固い地面を全面耕耘するとなると、どうしてもトラクタ等の重機材が必要となる。また次項に述べる下刈り作業のためにも必要となる。熱帯の雨季は植え付け作業で一番多忙となるときで、自然と地拵などは乾季に行うことになる。固い地面がますます固く感ずる。トラクタ作業が可能な地域と言ってもトラクタの入らぬ所は随分とあるもので、このような所は植え穴掘りのため“アースオーガ”的な小型機材を導入するのが良く、耕耘と同じ様な効果が期待出来る。熱帯では乾季、雨季といっても、夫々の地域でその様態が大きく異なる。日本のように四季のある国に育った我々には思いもよらない気象状況がある。事業を運営する時、この事を十分に理解掌握しておく必要がある。暑い熱帯だからといって、いつでも植え付け出来るというものではなく、日本以上の制約がある。後記の苗畑事業でも、苗の成長がやたらと早い。日本のように播種から山出しまで 2~3 年かかるというような事はない。せいぜい 4~5 か月である。地拵作業は、当然の事、これらの制約や条件を十分に理解したうえで計画実行しなければならない。

したがって熱帯では、地拵、育苗、植え付け、この三者の連携が大変難しく、重要な実行者は、例えばワルターの気候ダイヤグラムを作成検討し、事にあたることである。事業量が決められていて、作業時期に制約がある事で、事業速度が変わる。これは導入機材の編成、労務需要、資金需要その他、いろいろなところに影響を及ぼす。遂には事業量の変更にまで遡る事のあることを忘れてはならない。

3) 下刈など撫育作業のため

熱帯地方の下草の成長はもの凄く早い。下刈りなどの撫育を怠ると、せっかく植えた苗木はたちまち消えてしまう。小面積で人力の間に合ううちはそれでもよいが、面積が大きくなってくると、いくら労力があっても間に合わなくなってくる。成長した草を刈るとなると1年に3回~4回も必要になる。しかも毎年毎年植え付けが重なってくると要下刈り面積は膨大なものとなる。そこで機械作業となるのだが、草を刈る作業は、草が伸びてこないと仕事にならない。トラクタを利用して草を刈る場合でも、トラクタのPTO（動力取出軸）に接続されたモアーやスラシャーで刈り払うのが普通だが、それではやはり草の伸びるのを待つことになる。草の伸びるのを待っていては、仕事の流れに大きな制約を受けることになる。

私がやったのは、草を刈るのでなしに、草の生えている地表5-10cmのところの地表をかき混ぜることであった。このためには対象地が地拵の時点で全面耕耘されているのが一番よいが、地表物の状況によっては荒起し耕耘を省略し、いきなりハローライングしてもよい。これは、トラクタのPTOに接続された回転式耕耘機で行う。この方式であると、草が伸びようが伸びまいが時期に一切関係がない。トラクタが植栽列間を順次回転式耕耘機（写真-1）を引いて走ることになる。

結果として、もしそこに草が生えているなら、刈り払うことと同じように草を根っこごと細断して敷き込むことになるし、草がまだ生えてなかったら、地中の根部のみが細断されるために草の成長速度が遅くなり、かつ草が生えてきても単位面積あたり茎の本数が非常に少なくなる。これは下刈りの一つの効果である。

このヒントは牧場経営の畜産専門家から頂いた。この人達の言い分は、牧場に良い草を沢山生やすためには、①踏みつけて根を傷めないこと、②草刈

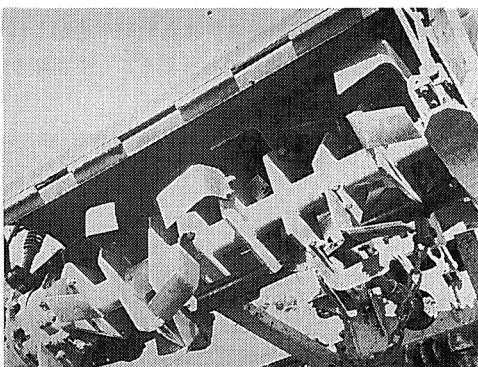


写真-1 回転式耕耘機（ローターベータ）

回転軸に10列の翼がありそれぞれ2枚の切削刃が取りつけられ、軸の回転により地面を細かく砕くことになる。植筋付けは中央の4列のみを使用する。列間下刈りには10列全部を使用する。

りは地ぎわから刈らない、この2つだとのこと。つまり①では牛は蹄で草の植を傷つけ、山羊は草の根もとまで食いちぎるので、牛や山羊の過放牧は草の成育に非常に悪く、ついには草が消えてしまう。②の草刈りでは、刈り足が短か過ぎるとつぎの成育が悪く、刈足しは地ぎわから10cmくらい上のところが次の成育に一番良く、且つ根の分蘖（根が分れて茎が増えること）も良いとの事であった。造林の下刈りには牧場経営の反対をやれば良いということである。植えつけた苗木に影響を与えずに、①草を生えなくするか、②生えても本数を少なくするか、③生え方を遅くするか、④いつでも作業ができる、という4つである。これらの条件を満たすものが前記の回転式耕耘機によるハローイングである。草の生え方にもよるが、地面を5-10cm位の深さまでかき混ぜるのである。

この方式で作業をする場合の植栽列間幅は、走行する使用トラクタの幅によって決める必要がある。トラクタが植え付けた苗木の間を走るのであるから、トラクタの幅より両側にそれぞれ20-30cm程度のゆとりのある幅が良い。要するに、トラクタでの下刈りは、下草の成長に関係なく、対象の造林地列間を順次トラクタが走り、ハローイングしてゆくのである（写真-2）。列間を下刈り（ハローイング）して、あと残るところは苗間である。苗間の下刈りは人力による手鎌か刈払機に頼るよりない。

しかし、要は下刈りの目的である。植栽木に対して風通しを良くするとか、暑さに蒸れなくなるとか、太陽光線をあてる、というような事からすると、列間に草がなく、間が透いているということだけでかなりの下刈り効果を出している。したがって苗間の下刈りは普通4回必要なら2回で良いし、2回必要なら1回で良い事になる。また、植え付け直前に植え筋作業（写真-3）の終わった箇所は、苗の成長いかんで苗間の下刈りは不必要な事もある。また地面が耕耘されていることから、作業員やその家族に列間を利用して自家用のとうもろこしや豆類の作付けをする事をすすめる。面積が

広いので対象地域全部というわけにはいかないが、作業道路沿いとか防火帯の付近だけでも、一定の期間を条件を付けて農作物を耕作させる事は、作業員の定着、防火対策など、いろいろな面での効能がある。

4) 植え付け、育苗

植栽本数は、下刈り時にトラクタが列間を走行する事と、早期閉鎖を望むことから、2,000～2,500本/haくらいが良いよう思う。パルプ用材目的の萌芽林の様に利用目的のはっきりしている山は、生産出材時の伐



写真-2 列間下刈り（ハローイング）中のトラクタ

採搬出時材形（大径木に育てる必要がない）を考えて、トラクタ作業が容易であることを中心として、植栽本数を決めてゆくことが肝要である。

苗木の植え付けにはトラクタに曳かれたプランタと人力を併用する。すでに地拵時点で荒起しは終わっているので、今度は列間に沿って植え筋（植え付け線）をトラクタでハローイングしてゆく。これは下刈りのハローイングと同じ要領でよく、植え付けの直前が一番効果がある。植え付け準備を行ったと同時に、事前の下刈りも行なった事になる。私たちはこれを植え筋作業と呼んでいた（写真-3）。あと植え付けはプランタによるか人力であるが、前者の場合は1日の工程が7,000～10,000本なので、苗木の供給をよく考えないと折角の機械が働かなくなる。プランタでは根じめが不十分となるので、プランタのあとに続いて人力で再度踏みつけをする必要がある。

苗木は全てポット苗なので、植え付け直前にポットの下部をカッターで傷をつけポットの底部を切り裂く。根張りを助けるため忘れてはならない事である。熱帯における育苗は日本のそれと違い、播種後4～5カ月で山出しとなる。苗の成長が非常に早い。植え付け時期を失すると苗畠での苗長がたちまち大きくなり、運搬も植え付けも困難になる。そればかりでなく、植え付け時期である雨季からはずれて次の乾季が来てしまったら、植え付け計画に齟齬を来すことになる。この様なことは事業上何時も起こる事で、地拵作業の時期や作業速度に十分気をつけ、また苗畠の成育状況などの連絡を密にしていいならない。苗が山だし時期に来ているのに地拵が出来ずに遅れてしまい、せっかくの苗が成長し過ぎて駄目になる。一つの苗畠の苗木全部を放棄してしまったのを見たことがある。

この問題を解決するのに、黒い寒冷紗で苗畠を被覆して、苗の成長を調整する研究がされていたことを知っているが、特に熱帯では、事業を進める上で大変重要な事なので一層の究明を望むところである。

また、運搬された苗が、植え付け現地で放置されている事がよくある。炎天下、熱帯での野ざらしの放置は、たちまち苗木がしおれてしまい、活着率が極端に低下する。苗木の運搬方法、作業現地での苗の管理には特に細かい工夫と配慮が必要となる。わかりきった事だが不思議と疎かになりがちである。

さらに、大規模造林となると苗木も膨大な量となる。掘り起こし、運搬、植えつけ、



写真-3 植え筋付け作業と植え付け：数次に涉る山火事被災により直径10cm以下の灌木が散在する雑草原。全刈り火入れ後に、植え筋付け作業を行い同時に植え付けする。全面耕耘は省略

などの作業を考えると、ポットは出来るかぎり小さいほうが何をするにも効率が良い。ポットの大きさは、苗の成育のため小型化するには限界があるが、作業効率のために何処迄小さく出来るか、大いに研究して欲しい。大きな植木鉢のようなポットでは大造林実行はとても覚束ない。

5) 林道建設や作業道のため

造林事業における道路建設でよく見られる誤りは、収穫時における搬出用道路の配慮がなされていない事である。特に最近の産業造林では短伐期の萌芽更新樹種が大勢を占めているから、収穫時の輸送の配慮のない林道計画や建設では、後になって大変な無駄をする事になる。苗木運搬や作業員移動のための造林用道路なら道幅4mもあれば十分だが、収穫時の幹線ロギングロードとなるとどうにもならない。

生産規模にもよるが、普通20トン以上のトレーラトラックが走ることを想定しなければならない。その時には、生産される搬出材の量から少なくも8~10mの道幅が必要となる。また道路を中心として両サイドに40~50mの伐開地を設置しておく必要がある。つまり、熱帯のロギング用幹線ロードは、100mちかい幅の伐開地の真ん中に10m幅のカマボコ道路（板付きカマボコのように中央が山形になっている道）をつけると思えば良い。熱帯地方のロギングロードでは砂利が少い。したがってこの位の伐開幅を取らないと雨に濡れた道が早く乾いてくれない（写真-4）。

また、多雨地帯が多いから、出来る限り徹底した尾根林道を心がけねばならない。片きり道路は極力避け、水抜きは付けるが、作道の常識である側溝は造らない。年間雨量の少ない所でも1回の降雨量は日本で想像出来ないくらい多く、雨粒が大きいのが普通。側溝を付けると流水により、たちまち溝が大きく掘られるために、道路崩壊の原因となる。出来るかぎり道路に沿って雨水を走らせない様に心掛ける事が大切である。

さて、ロギングロードのことを念頭において造林用の道路を作る訳だが、先程大変

な無駄になると述べたことは、
ユカリのような萌芽樹を道路
沿いにびっしり植えこんでも、
近い将来ロギングロードの建設
で、100m幅の伐開をするので、
その用地に植え付けられた
折角の造林木を取り除かねば
ならないからである。

しかし、造林地には必ず防火
帯を造らねばならないから、幅
100mの開かれた尾根のベル
トは防火帯として決して無駄に
はならないし、この幅ぐらいは
防火帯として絶対必要であろう。



写真-4 ロギング用メインロード（インドネシア国カリマンタン）道路の両側が広く伐開され、側溝はない

支線や作業道はともかく、造林用の幹線林道はこのベルトの中に将来のロギングロードを念頭に入れて伐開しその間に適当な幅の道路を付けるとよい。

6) 苗畠建設、苗木運搬、作業員輸送のため

熱帯地方の造林用苗木はほとんどがポット苗で、大抵が播種から4~5ヶ月で山だしとなる。したがい苗畠用地の選定にあたっては、地味の良いところを選ぶ必要はない。造林予定地に近い、水の便利な、水はけの良い、平坦な場所なら何処でもよく土は別のところから運んできて調合する。1キャンプの造林面積が数千~万ha/年と大きいのであるから、事業の進行により苗畠と造林予定地の間はほとんど遠くなってしまう造林事業では、種々の施設が植え付け現地に近いほうが良いことはご承知のとおり。したがって、苗畠のいろいろな関連施設（土の消毒、調合、揚水、スプリンクラなど）は仮設で良く、これら施設を含め苗畠も移動し易いようにしたほうが良い。苗畠建設に金をかけ過ぎると、これにこだわり不本意な事業実行を強いられることがある（写真-5）。苗木運搬や作業員輸送は雨中、雨後に実行することが多く、たいていが悪路時の実行が常となることを覚悟しなければならない。

先にも記したよう熱帯の道路では砂利石で苦労する。砂利石を敷きたくも砂利石の無い事のほうが多い。雨が降ると路面はツルツルになる。ロギング道路の丸太輸送のように、路面の乾くまで待つのと異なり、造林の場合は時期に制約が有るためこの悪路の中の苗木運搬や人員輸送を強行する必要がある。植え付け時機を失しないためである。運搬用の機材は悪路専用のものでないと役には立たない。

例えば、ウニモグトラクタのような、或はロギング用スキーダーの様に、スリップ、悪路に強く、超低速の可能な、何処でも何時でも走れる全輪駆動の運搬車を常備することが絶対必要になる。

7) インフラ施設計画、その他

産業造林での造林計画を組む時は、造林時の費用のみでなく収穫時の収入をも計算基礎にして組まねばならない。種々のインフラ施設も同様にこの中に組み入れてゆく。特に熱帯の短伐期造林では、数年で伐期が来るものもあるので、造林事業の当初から共通しているロギング事業のインフラ施設をも同時に考えておく必要がある。しかし、規模が大きい為、かなりの施設でも収穫時の m^3 当たりコストの占める計画上の割合は微々たるものになってしまう。ついつい大施設が先行しがちである。造林事業はあくまで生物（なまもの）を扱っているので、何時、どの様な病虫災

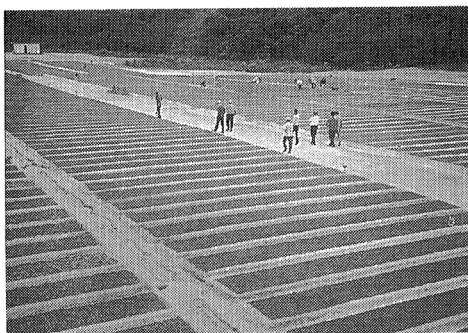


写真-5 臨時の大苗畠（ブラジル、エスピリットサントス州 ユーカリポット苗）

害が発生するかも知れないことを念頭に置いて、被害を最小限にとどめる意味で、造林成績の良否の、およそが判明するまでは、極力、造林～ロギング共通部分のインフラ投資を控えることである。

最後に労務問題に少し触れてみたい。日本の常識は世界の常識ではない、という言葉を良く聞くが、それが労務問題の中に一番あるような気がする。事業の規模が大きくなればなるほど問題化してくるのが労務の問題である。事業開始に当たっては、その国の労働法規に精通した者を探し出し、就業規則などの作成整備に意を用いることは大切なことである。

事業を遂行するためには、まず通年必要とする基幹作業員を確保する必要がある。開発途上国では、特に小都市や田舎を歩いていると、働き盛りの人達がうじゃうじゃたむろしているのをよく見かける。事業予定地で必ず見かける風景である。この様な人達は一日中うろうろしているが、それなりに何かをして生活している人達である。小間物を届ける仕事とか、車の後押しどとか、門番をするとか、庭の草をむしるといった、私たちの知らない雑用賃仕事の出るのを待っているのである。欲の無い者は、それで結構満足している。この状態は私たちが来るずっと前からこの状態であったので、いま急にこの様になったのではない。新しい仕事が出了からと云ってすぐ飛びつくとは限らない。したがってその人達を計画当初に 100% 労働人口のなかに入れて計画を立てる事は一考を要する。

また、これらの労務の編成にあたっては、種族、宗教、習慣、因習など十分に調査したうえで各作業種ごとに編成を考えてゆく事も事業を進めるうえで大事な事である。

むすび

思いつくままに書いてしまった。書きたい事は次から次と出て来るがこのへんで終えることにします。途上国で事業を展開するとなると、日本では想像もしなかったようないろいろな事に遭遇する。特に造林事業のように、扱う物が生物（なまもの）であり事業の成否が判明するのがずっと後になるような仕事では、事業中の作業の管理、監督が最も大切な事になる。

第2次大戦が終わった直後、日本の山は禿げ山となり、造林ブームが起こった。こんな時よく「アカマツ造林をやった」と云われる山が時々目にいた。これはアカマツを植えたのでなく、でたらめな仕事をしたため、植えた苗がみんな活着せずに、赤くなってしまった山を指して言われた事であるが、これから馴れない途上国に出かける事業実務家達に、くれぐれもこの様なアカマツ造林と言われないように頑張って欲しいものである。参考に載せた写真類は、捜したが適當なものもなく、北海道パイロットフォレストとブラジルでの写真を利用した。真夏に草の伸びる条件はどこも同じなので、敢えて古い写真を探し出して載せたのでご了解いただきたい。この雑文を読まれて、少しでもお役に立てばと願いつつペンを置きます。