

3. 植 栽

熱帯造林には、皆伐後の一斉造林、天然更新地での補整植栽、低質林の樹種更改、荒廃地の緑化、あるいは最近の乾燥地の緑化など、いろいろな視点のものが含まれており、同じ植栽でも、それぞれに独特の問題がある。それらのすべてに触れることはできないが、荒廃地造林に力点をおいて、わが国の造林と異なる点を中心に解説する。荒廃地といっても地域や国によって成立の経緯や現状は異なるが、かつては森林であった広大な荒廃地に森林を回復することは緊急な課題であり、各地でいろいろな試みが行われている。

1) 計画と踏査

造林事業の全体計画に従って、年次ごとの植栽対象地域の配置を決め、それぞれの対象地域に関わる各種の既存資料の収集に努める。例えば地形図、航空写真は基本計画立案に必要であり、縮尺5,000分の1程度のものが望ましい。土壤図、地質図、植生図などの人手も極めて有効で、事業全体の計画・遂行に障害となる要因を予測することが可能となる。入手した資料に基づいて、大まかな区分けを行い、踏査・測定の計画を立てる。必要な資料が揃っていない場合あるいは入手できない場合には、対象地域の地形測量や植生・土壤などの調査を行うことが必要になることが多い。

あらかじめ立てた大まかな区分けに従って現地の事前調査を行う。これを踏査 (preplanting survey, reconnaissance) とよんでおり、具体的には地形、水系、土壤型、土壤の化学性・物理性、基岩、植生などの自然的要素のほか、公道、土地の所有関係・利用権、住民の状況などの社会経済的要素についても調査する。近年比重を増している地域レベルでの植林にあたってはとくに後者の要件が重要で、住民の考え方やニーズを把握しておく必要がある。

これらを踏まえて、①いろいろな理由で現存する楠竹の保全が必要な区域を決める、②造林可能地を区分する、③それらの区分ごとに植栽樹種を決める、④植栽予定地について、地拵えの要否、必要な場合にはその方法を決める、⑤植栽本数・間隔を含めた保育形式を決める、⑥林道・作業道・防火線の配置、山元での苗木の仮置き場などを決める、⑦労働力の調達方法を決める、などの事項がある。ちなみに、植生を保全する必要がある場合としては、防火線として利用する場合や、種子源として活用する場合などである。

熱帯の造林では、植栽予定地域の社会経済的状況、とくに不法居住民の侵入状況やその地域に対する周辺地域の住民の依存状況などを調べておくことが不可欠であるが、これらは造林技術以前の問題なので、ここでは指摘するだけにとどめる。

2) 地拵え

苗木を植栽する場合にしろ、種子を直播きする場合にしろ、そのような作業をしやすくするためには地表をあらかじめ整理しておく必要がある。この作業を地拵え (site/land/ground preparation) とよんでおり、一般には、①地表植生を取り除き、片寄せる、②同時に散乱している枝葉あるいは伐採の際の切り屑なども片寄せる、③土壌の物理性をよくする、などが含まれるが、荒廃地の地拵えではとくに土壌の物理性を改善することが重要で、荒廃の程度にもよるが、利用できるものなら、機械による耕耘は効果がある。耕耘は、土壤の物理性を改善するだけでなく、植栽後の雑草木の再生を抑える上でも効果がある。機械耕耘には、ブルドーザかトラクタに装備したリッパーで列状に耕起する方法と、ディスクハローを牽引して全面を耕起する方法とあり、普通等高線に沿って行うが、表面侵食を増す恐れがあるので、これまでのところ15°くらいまでの傾斜面が限度とされている。耕耘は普通には乾季の後期に行われるが、乾季のうちに前もつ

て地表植生を除去しておき、雨季に入って土壌に水分が十分に浸透してから耕起作業をするほうが効率的たとする指針もある。ただし、両作業の間隔が開きすぎると植生が回復してしまうので注意を要する。

雑草木の制御については、ユーカリ類、マツ類を植栽する場合には徹底した地拵えが必要とされているか、マホガニーなどのセンダン科の樹種や *Cordia alliodora* の場合には、虫害予防の観点からはあまり潔癖に刈らないほうがよいとされている。センダン科の多くの樹木（例えば *Swietenia* 属、*Cedrela* 属などの樹木）はメイガの1種 *Hypsipyla* spp. によって生育の初期に激害を受けることが多い。

半乾燥地における最近の経験によれば、平均年降水量が600mm 前後の地域で植栽木の活着・成長を確保するためには、地表植生を徹底的に剥ぎ取るような潔癖な地拵えが必要であるが、降雨強度が極めて強いので、表面侵食という点からはこのような潔癖な地拵えは危険であり、必ずしも勧められる方法ではない。そのような地拵えを行うとすれば次項で述べるような集水工法を行って侵食を抑えることが必要である。しかし、厳しい競争が予想されるような地表植生のところでは、現存する植生を基本にして、残存している有用な樹木や自然に更新してくる個体を育てることを基本とすべきであろう。

低地の湿潤熱帯林では構成樹種が多く、現在までに利用されている樹種は限られた本数しかなく、従って、このような林分の伐採は択伐によるのが普通である。択伐跡地には多数の立木が残っており、このような跡地に植栽を行う場合には、これらの残存木を除かなければならない。この作業は「上木整理」とよばれており、全面に植栽する場合には皆伐を行い、筋状に植栽する場合には带状に伐開する。この作業も広い意味で地拵えに含めることができる。度重なる抜き伐りによって低質化した林分の改良のために有用樹種を植え込む場合にもほぼ同じ方法が取られており、これも地拵えとよばれている。湿潤熱帯林における上木整理の後には、伐倒した未利用樹種や雑草木を乾燥・焼却することが多く、火入れ作業（prescribed

burning) とよばれている。火入れ地拵えは、熱帯てしばしば用いられているが、あらかじめ防火線を作設し、十分に注意して行わないと周囲に延焼する恐れがあり、また有機物を失うことになるから、林地の生産力を保続する視点からも望ましい方法とはいえない。低湿地の造林にあたって、停滞水を排除するための工法を行うこともあり、これも広い意味での地拵えになる。

3) 集水工法

広い意味では地拵えにはいるが、半乾燥地・乾燥地では植栽にあたって各種の集水 (water harvesting) 工法が行われている。いろいろな変形のあるマイクロキャッチメント工法と、比較的広い面積に対して開発されているテラス工法に大別することができる。

a. マイクロキャッチメント工法

乾燥の厳しいところでは、植栽本数は少し減っても確実に活着させるために、マイクロキャッチメント (micro-catchment) とよばれる構造が作られている。いろいろなタイプが試みられているが、ケニアでよく知られているのはトルカナ方式で、平坦な土地に畝立てを行い、畝に囲まれた低いところの一角に穴を掘り、その中に苗木を植える方法である。原型は畝の長さが10m四方、苗木を植える穴は1m四方であるが、いろいろな変形があり、穴の縁に苗木を植える場合もある。キツイ(ケニア)の斜面地に導入された例では、畝を5mほどに短くしたもの、斜面下方に向けて楔状に畝をつくり、畝の交点の内側に苗木を植える方法、斜面の等高線に沿って集水溝(深さ、幅は集水面積に応じて加減)を設け、そのすぐ下側に苗木を植栽する方法などいろいろな形が試みられている。同地の技術協力プロジェクトで作成されたマニュアルに示されている工法は図4のとおりである。

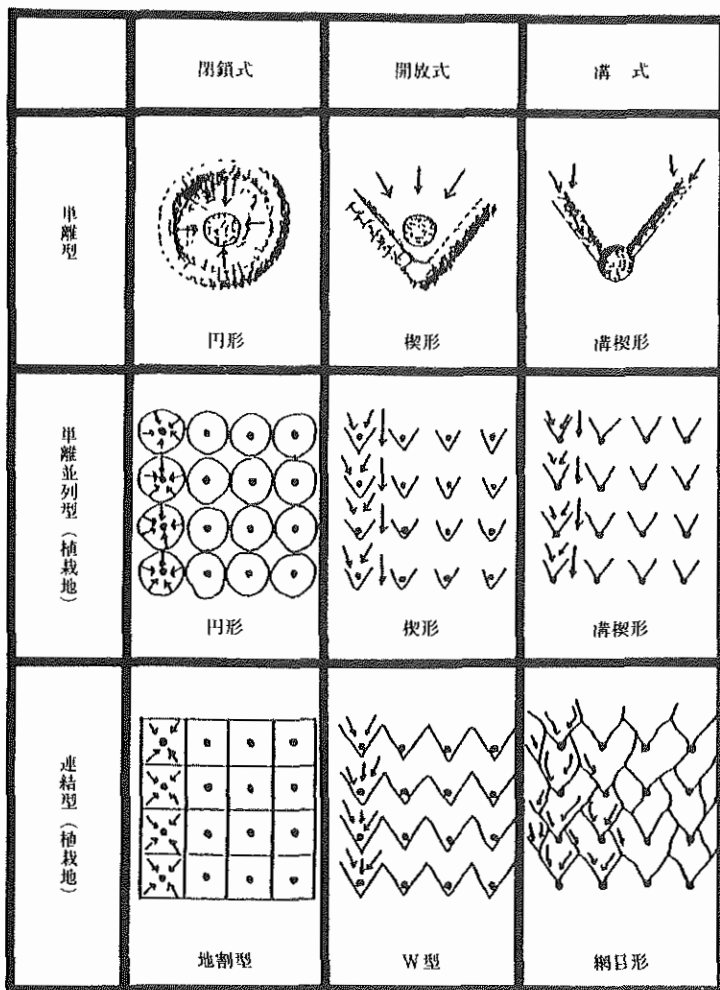


図4 マイクロキャッチメント：ケニア、キツイの例
(Chahilu & Sarinji (1995) による、ただし型式邦語名は筆者の仮訳)

b. テラス工法

比較的広い面積に対して行う方法として、西アフリカで開発されたステピック法 (methode steppique) が知られている。この方法では、土壌の

表層を耕耘した後、緩斜面の等高線に沿って畝 (contour ridge) 立てを行い、畝の上側を少し下げたテラスにして、そのテラスの畝寄りに苗木を植える。畝の幅、間隔は雨量や傾斜の程度によって加減するものとされ、雨量の少ないところや緩い傾斜面では、幅・間隔とも広くする。この変形と考えられるのがトレンチ法であるが、テラスの場合と同じように長いトレンチを等高線に沿って造成するものと、短いものを組み合わせたものがある。エチオピア北部では、石積みで等高線に沿ったテラスを作り、そのテラスに苗木を植えているが、これをマイクロキャッチメントとよんでいる。

4) 植栽間隔

植栽の目的、樹種の特性に応じていろいろな間隔 (spacing) で植栽されているが、森林を再生することが第一の目的である荒廃地の緑化 (rehabilitation) では、限られた経費でできるだけ広い面積に植栽したいことと、普通には除間伐は行わないことから、一般に疎植である。チップ・パルプ材生産を主としているいわゆる早成樹の造林では、普通には $3\text{m} \times 3\text{m}$ が多いが、 $2\text{m} \times 2\text{m} \sim 4\text{m} \times 4\text{m}$ さらには $1\text{m} \times 10\text{m}$ のような植え方や、 $1\text{m} \times 1\text{m}$ の4本の群を数m離して植える、一種の巢植えも行われている。また、常風の強いサイトで、群内の間隔をもっと狭くした束植えに近い方法を試みた事例もある。なお、荒廃地で疎植した場合にはなかなか閉鎖しないことになり、従って下刈の必要な期間が長くなる。

用材を含めた積極的な木材生産のための造林では植栽密度が検討されている例もあるが、そのような造林は立地条件の良いところで行われているので、やはり疎植である。マレーシアのサバにおける *Acacia mangium* の造林では、 $3\text{m} \times 3\text{m}$ の間隔が最も普通であったが、 $4\text{m} \times 2\text{m}$ の間隔に変えることにより植栽列を減らすことができ、それによって植栽経費を減らすことができたという。

PNG における *Eucalyptus deglupta* の事例を見ると、 $4\text{m} \times 4\text{m}$ の植栽

間隔で植えた場合でも38年生ですでに競争が起き、自然枯損現象が観察されている。3m×3mの植栽間隔の場合にはこの現象は一層激しく、被圧木・枯損木の割合（本数）ははるかに大きかったと報告されている。このような成長の実態から、4m×4m（625本/ha）で植栽して25年生で主伐する場合、4年生で除伐、10年生と18年生で2回間伐を行う管理方式が提案されている。ちなみに、この密度で植栽された林分の4年生時の成長は、平均樹高18m、平均胸高直径16cm、林分材積120m³/haとされている。詳しくは坂口（1984）または森（1992）を参照されたい。

5) 植え穴

植え付けた苗木が完全に活着するには約1か月かかるから、植栽は乾季の始まる少なくとも1か月前までに終えておく必要があるが、できれば雨季の前半に実行することが望ましい。そこで、耕耘地掘えの場合は別として、植え穴はあらかじめ乾季の後半までに掘っておかなければならない。乾季の後半は土壌が最も堅い時で、この時期に植え穴を掘るのは効率的ではないか、植栽を適期に済ませるためには止むを得ない。植え穴掘りの工期は著しく低く、穴のサイズにもよるが、1日あたりせいぜい20～30穴といったところである。

植え穴の大きさは普通、径30cm×深さ30cmから45cm×45cmくらいとされているが、半乾燥地・乾燥地ではもっと大型の植え穴のほうがよいとする意見もある。例えばミャンマーの乾燥地では、180cm×45cm×45cm（深さ）の穴の中央に30cm×30cm×30cmの穴を掘り下げた巨大な植え穴を掘るように決められている。

要するに、植え付け後の苗木が速やかに根系を発達させることが目的で、土壌条件と植栽後の苗木の成長をみて適宜に加減する。重粘な土壌が厳しい乾季で固結している場合には、植え穴が小さいと植栽木の根系が周囲の

土に張り出せず、また強雨の時に一時的に湛水状態になる恐れもある。一方、砂質な土壌の場合には、乾季にはかなり堅くても、一旦雨が降って雨水が浸透すると意外に硬度が下がり、水の浸透もよくなる。土壌硬度と根の貫入を調べてみると、土壌硬度が $10\text{kg}/\text{cm}^2$ （山中式土壌硬度計で20mm）以下であれば根は土壌中に容易に貫入することができる。砂質土壌の場合には、乾いた状態では $30\sim 40\text{kg}/\text{cm}^2$ （山中式硬度計で30mm前後）くらいの堅い土壌でも、雨水が十分に浸透すると20mm以下に下がった。このように、土性によって湿った場合の硬度低下が異なるので植え穴サイズを決める要因になる。

植え穴を掘ることをpittingとよぶ。植え穴を掘るにあたっては、植え付けの間隔を計る棒（spacing stick）を用意し、それで植え穴の位置を決め、枝や竹の切れ端を挿してゆく。これをstakingまたはpickettingとよぶ。なお、柔らかな土壌のところや耕耘したところでは、鍬などで単に印付け（marking）だけを行う。

6) 植え付け

厳しい熱帯の自然条件下では、頑健な苗木を、最善を尽くして植えることが成林の第一歩である。しかし実際には、苗畑から山元に運ばれる間、山元で一旦待機しなければならない場合の取り扱い方にも注意深さが足りなかったり、また植え穴までの配り方、植え付け方にも配慮が欠けることが多いので、十分な指導・監督が必要である。

季節林地帯でも乾燥が厳しいところ、また半乾燥地などでは、雨の降り方が不規則なことが多く、植栽開始の時期の判断は非常に難しい。普通には、雨季が始まってある程度の積算降雨量に達したところで植栽を開始する。植栽を開始する時機の決め方にはいろいろな目安があるが、例えば、①日降雨量（mm）を記録し、1週間の積算降雨量が60mmを越えた時、②表層土30cmに降水が浸透した時、③植え穴の底が十分に湿ったことを確認し

たら一旦穴を埋め戻しておき、さらに降雨があって穴の中の土壌がよく吸水したら植栽を始めるなどである。

ポリエチレンフィルム製のポットで育てた苗木の場合には、ポットは植栽直前に取り外し、なるべく根系を崩さないように植え付ける。この際、巻き根がひどい時には、剪定して根を解きほごしてから植え付けるという指針もあるが、根系を傷めることになるので、普通にはほとんど実行されていない。ルートトレイナーで育てた苗木の場合には、ケースのままサイトに運ぶか、ポットから抜き取ってからサイトに運ぶ。

植え付けは列植えが普通である。とくに機械を用いる場合には、後から機械除草などかできるように、列間を広くあけ、株間を狭くするような列植えも行われる。数本の苗木をや、狭い間隔で群状に植え、群の間を離す巣植えも試みられている。これは近くに植えられたもの同士が支え合って成立に有利だとされていることも理由の一つであるが、部分的に閉鎖を早くすることも期待されている。環境林の造成にわが国で創案された束植えを、常風が強いサイトで試みて効果があったことを報告している事例もあるが、具体的な方法はむしろ巣植えに近いと考えられる。

普通の植え付けは、植え穴の周囲に上げてある土を半分くらい植え穴に戻し、その上にポットを外した苗木を置き、さらに土をかけて根元を踏む。このため根元の周囲は周りの地面よりやや低くなるのが普通であるが、乾燥の強いところでは、植え穴を深くし、戻す土の量を減らして根元周囲の面をもっと下げる植え方もあり、反対に湿潤な地域で、とくに水はけが悪いところでは、根元の近くを盛り上げて植える「置き植え」(mound planting)も試みられている。半乾燥地では、雨が降ったところで、周囲に上げてあった土を埋め戻すので、もう一度ポットの大きさ程度の小穴をつくり、その中に植え付ける。ポットは根系を傷めないように外すのが普通であるが、シロアリの多いところで、底なしのポットを付けたまま植えている場合もある。ただし、この方法で必ずシロアリの侵入を防ぐことができるとはいえないようである。

7) マルチング

乾燥の激しいところでは、植栽した後、植えた苗木の根元周辺の埋め戻した土の上に周辺で刈った草などをかける。地面からの蒸発を抑えるため、根元の地表面が直接日射を受けないようにする。ただしシロアリが多いところでは、このようなマルチング (mulching) を行うとシロア리를誘引する恐れがあるとする意見もあり、小石を周辺で得やすい場合には、小石を敷くのも一案であるが、ケニアで試みた限りでは両者の間に有為な違いはなかった。植えた苗木をシロアリが食害するのは他に餌がないからで、むしろ刈った草を周囲に置くほうがよいとする意見もある。実際には、シロアリの分布が影響しており、草を敷いても必ずしもシロアリが寄ってくるとは言えないようである。なお小石を利用する方法は、日射が強い場合には、小石が熱せられて地温を上げ、根の成長にマイナスの影響を与える恐れもあるし、熱くなった小石が直接根元に当たると熱害を起こす可能性もあるから注意が必要である。

8) 補植と改植

植栽した後、遅くとも2～3か月以内に活着状況を調査し、同じ雨季の間に枯損したものを植え替えることを補植といい、英語ではrefilling、unfilling、blanking、supplementary/compensatory planting、beating-upなどのいろいろな単語が使われている。これに対して、活着率が著しく低い場合には翌年全面的に植え替えることがあるが、これは改植(replanting)と呼ばれる。ただし、伐採した後に植栽することをreplantingとよんでいる場合もある。

補植の基準は必ずしも決っていないが、活着率が90%より低い場合に行うとする指針の例がある。活着率が50%より低くなった場合には、残存木の配置にもよるが、翌年の植栽期以降になるべく早く改植を行うほうがよ

いとされている。

9) 混植と先行植栽

荒廃地の造林では、根粒 (root nodule) を形成する樹木いわゆる肥料木 (英語では *nitrogen fixing tree* 窒素固定樹木) を植栽して土壌の改良をはかることもしている。初めから目的樹種と肥料木を混ぜて植栽するのが混植 (mixplanting) で、わが国の海岸林でニセアカシアやイタチハギをクロマツに混ぜて植栽しているのと同じである。一方、まず肥料木を植栽して土壌の肥沃化をはかり、数年してから本来の目的樹種を植え込んで置き換えてゆく方法を先行植栽とよんでいる。後者の場合、先行して植栽するものは必ずしも肥料木とは限らず、瘠せ地に強い早成樹、例えば *Cassia siamea* などを植えることもある。

いわゆる肥料木—根粒樹木は、根粒菌 (*Rhizobium* 属の細菌) の共生するマメ科樹木と、放線菌 (*Frankia* 属などの細菌) の共生する非マメ科樹木に分けられている。マメ科は普通、マメ亜科、ネムノキ亜科、ジャケツイバラ亜科にわけられる (これらを科とすることもある) が、とくにあとの2亜科の樹木は熱帯に多い。ジャケツイバラ亜科の樹木には根粒をつけないものが多い (p88~p89) が、この亜科の早成の樹木、例えばタガヤサンなどは土壌改良効果が大きいとされている。非マメ科樹木で熱帯に分布するものにはモクマオウ類、イヌマキ類、ハンノキ類などがあるが、よく植栽されているのはモクマオウ類である。ハンノキ類は南アジアの一部や中近東で多く植えられている。

10) 列状植栽

皆伐によって引き起こされる問題は今更述べるまでもないが、熱帯の場合には、とくに地力維持上影響が大きいこと、大面積の一斉単純林の造成

は病虫害突発の危険があることなど、現存植生をいろいろな幅に帯状に伐り開いて、伐開したあとに苗木を列状に植栽する方法をとることも多く、これを列状植栽または筋植え (line planting) と称している。天然更新の補助作業として行われている enrichment planting の1法として、目的樹種の前生あるいは後生稚樹が基準よりも少ないような場合や、有用樹種がほとんど含まれないようになった低質林分を改良する場合にも、現存林分を適宜の幅に帯状に伐採して筋植えを行う。また多くの極相樹種のように、とくに幼齢期に強光下で育てにくいものの苗木を植栽する場合にも、現存植生を帯状に残してその間に苗木を植栽するが、現存植生を植栽木の保護のために残す場合には、植栽木の成長が抑えられないように保残帯は逐次伐りすかしたり、除去して、その跡にも更改樹種を植栽することになる。

伐開帯・保残帯の幅は植栽の目的、現存植生の状況、とくにその高さ、植栽しようとする樹種の性質、地況などによって変える必要があるが、オセアニアの事例を見ると、伐開帯は15～2mの幅が多く、保残帯は28～112mと事例によってかなりの幅がある。ナイジェリアやケニアで行われた例から見ると、これらの伐開帯の幅はや、狭いように思われるが、いずれにしても、光環境と植栽木の成長の関係からそれぞれの場合に適切な方式をとるべきである。これまでの研究成果から大ざっぱに言えば、樹種によって削減する必要はあるが、相対照度は50～80%くらいがよさそうである。

11) 下木植栽

皆伐した跡地や草原にいきなり植えても育ちにくい樹種の場合には、先行植栽した樹木や前生樹を伐りすかしたり、枝を払ったりして苗木を植え込み、逐次光環境を改善しながら育ててゆく。こういう方法を下木植栽または樹下植栽 (underplanting) と称している。極相樹種は一般に幼齢時は直射光に弱いといわれているが、例えばフタハガキ科の樹種をこのような方法で成林させた例がある。その例では、はじめタガヤサンを植栽し、約

20年後に林内にホワイトラワン (*Pentacme contorta*) の山引き苗を植え込み、はじめに植栽した上木のタカヤサンを逐次抜き伐りながら、ホワイトラワンの一斉林に誘導したという。極相樹種は生育段階が進むにつれて光が余分に必要になるが、光環境は上木の成長につれてむしろ悪くなるのが普通で、植え込んだ苗木を十分に成長させるためには、林内の光条件を早め早めに改善するような手入れが不可欠である。なお樹種によっても異なるが、成長を期待するためには植栽時から50%以上の相対照度は必要である。

12) 灌水

半乾燥地、乾燥地における特殊な植栽法として water jar reservoir とよばれる方法がある。これは本来、農地の周囲などに被陰樹を植える時などに用いられるもので、深さが40～50cm、直径25～30cmの素焼の壺の底の片側に小さな穴を開け、植栽木の傍らに埋め込み、これに水をいれて徐々に水が浸み出るように考案されている。ケニアの社会林業技術協力プロジェクトでは、40～50cmに切断した塩ビパイプ(直径約5cm)を植栽木の根元近くに差し込んで、これに生活廃水などを適宜に注入する方法や、空き瓶やペットボトルに水を入れ、植栽木の根元近くに逆さに押し込んで徐々に水が浸み出るようにする方法などを考案した。前者はコストにやや問題はあがるが、いずれの方法も、屋敷周りの植栽木の活着・成長促進には有効な方法であろう。