

中国・黄土高原の植林技術

藤 森 末 彦

1. はじめに

中国の半乾燥地における日本の植林協力は、多くの NGO が高い関心を示し現地で活動しているが、国の無償資金協力も行われている。筆者は 2001 年 10 月末から実施された中国・第 2 次黄河中流域保全林造成計画の基本設計調査¹⁾に参加する機会に恵まれた。海外植林における基本的な検討事項としては、植林目的、事業主体、事業資金、植林対象地、植林樹種、植林方法、リスク回避などがあり、特に全体のマネジメントや植林対象地における現実の土地利用者との権利関係の調整が極めて重要である²⁾。筆者は基本設計調査で植林計画を担当し、現地調査を通じて半乾燥地における適正な植林技術について検討を行ってきたので、ここでは黄土高原における植栽技術にしばって報告したい。なお、同計画は 2003 年 8 月から事業が開始され、2007 年末に終了の予定である。

2. 植林対象地

(1) 位置・面積

調査対象地の位置は、中国・山西省南西部に所在する吉県・大寧県・蒲県・隰県の 4 県内の黄河支流昕水河流域で、省都の太原市から国道で 260～320 km の距離にある。この地域は主要な河沿いに幹線道路が走り、そこから未舗装道が急斜面をつづら折りに台地や斜面上部まで延び、散在する村々を結んでいる。

植林対象地は耕作地（主に台地、斜面上部の緩傾斜地、広い谷に所在）、集落、森林・灌木林地・果樹園、急峻な崖地・崩壊地・岩礫地等植栽困難地を除く荒

Suehiko Fujimori : Silvicultural Techniques in Huangtu Plateau in China
技術士（森林部門）、海外林業コンサルティング協会 元技術嘱託

廃地で、面積は調査対象区域 8,386 ha の 58.4%, 4,900 ha である。

(2) 自然条件

調査対象地域は黄土が厚さ 50～100 m で堆積しているが、侵食により台地が削られて深い侵食谷を形成しており、斜面の上部から中腹は平坦・緩～中傾斜、中腹から下部は中～急傾斜または急峻な崖地である。このうち植林対象地は、耕作地につづく傾斜 35～25 度の急～中傾斜地が圧倒的に多く、緩～中傾斜地（耕作放棄地を含む）が少ない。標高は 830～1,440 m の範囲にある。

4 県の気象観測所（標高 851～1,053 m）における 1996～2000 年の平均気温は 9.6～11.6℃で、気温の日・年格差が大きく、最高気温の極値は 38.3℃（7 月）、最低気温の極値は -23.9℃（1 月）を記録している。10 月中旬～4 月中旬に降霜が、また 11 月上旬～3 月上旬に土壌の凍結（最深凍結深は 63～82 cm）が見られ、北斜面と南斜面では 2 週間程度の開きがある。

年平均降水量は 372.5～451.7 mm と少なく（この 5 年間では従来の 3/4）、6～8 月の降水量が年間の 53～61% を占める一方、12～2 月は僅か 2～3% にすぎない。大寧県気象観測所（標高 870 m, 年平均降水量 437.6 mm）における 10 年間の降水量を調べると、樹木生育期の降水量は年による変動が非常に大きいほか、日降水量 10～30 mm, 30 mm 以上の強度別降水量が月平均降水量に大きく寄与し、夕立のような降雨が多い（図 1）。

土壌は基質の黄土が微細で均質な粒子からなり、粒径が 0.01～0.05 mm のシルトが約 45% を占め、0.1 mm 以上の砂は極めて少ない。殆どが褐色土で、有機物含有量は 2～5% と少なく、pH 7～8 の中性ないし弱アルカリ性である。吉県・紅旗林場で調べられた土層 30 cm 深の土壌含水率は、凍結土壌の融解により高い 4 月から下降していき 6 月後半に最低となるが、雨季に回復するパターンで、特に北斜面と南斜面の土壌含水率の違いに注目する必要がある（図 2）³⁾。

3. 植林設計方針

植林は「適地適木」「適期適作業」が大原則であるので、黄土高原の気象条件、地形・土壌条件などに適合した耐乾性の郷土樹種を採用し、適切な植栽密度、整地方法、優良苗木、植栽方法などにより植林を行うことを基本として、生態系に配慮した混植や住民が利用可能な技術を使うことなどを考慮しつつ、中国側と協議して植林計画をたてることとした。

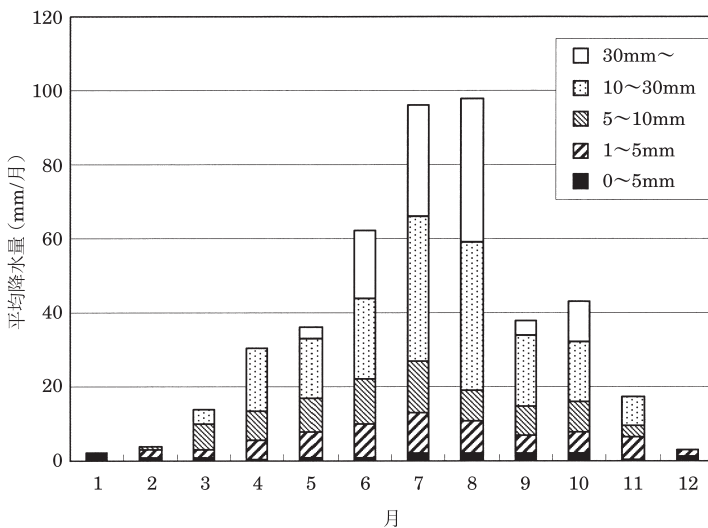


図 1 降水量の日強度別の平均月雨量（大寧県気象観測所 1991～2000 年平均）

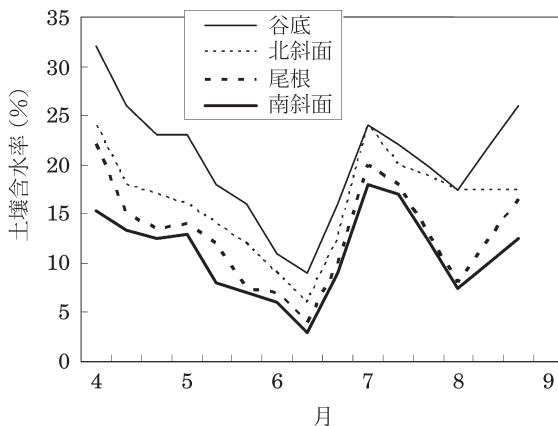


図 2 土壌含水率（30 cm 深）の推移（吉県紅旗林場，1979）

4. 植林樹種

現地で従来から植栽されてきた樹種は、ニセアカシア（刺槐 *Robinia pseudo-acacia*, 約 100 年前に北米から導入された外来種）、コノテガシワ（側柏 *Platy-*

clacodus orientalis), ヤマアズ (山杏 *Prunus sibirica*), マンシュウクロマツ (油松 *Pinus tabulaeformis*) のほか, リンゴ・クルミ等の果樹, ポプラ, 元宝楓 (*Acer truncatum*), 山桃 (*Prunus davidiana*), 漳河柳 (*Salix matsudana*), 灌木のクロバナエンジュ (紫穗槐 *Amorpha fruticosa*)・アオムレスズメ (寧条 *Caragana microphylla*) である。植林対象地は保全林造成が目的なので, 中国でいう経済樹種の果樹及び適地ではないポプラを除く上記の樹種を植林樹種として選定したほか, 樹種の多様性を試みて現地に生育する白皮松 (*Pinus bungeana*) と灌木の沙棘 (*Hippophae rhamnoides*), 酸棗 (*Ziziphus jujuba*), 火炬 (*Rhus typhina*) を加えた。

これらの植林樹種はいずれも耐乾性で痩せ地でも生育できるほか, 広葉樹は成長が早く萌芽力があり, 灌木は寒冷・風砂にも耐えるものである¹。

5. 整 地

半乾燥地の植林では植付け穴の土壌が一定の水分を保持しないと植栽苗木の活着・成長が困難なので, 植付け穴の土壌へ雨水を導入・保水する地拵え方法は極めて重要であって, その経費は植林費の過半を占めることが多い^{2,4,5)}。

中国では水平帯状・穴状・魚鱗坑などの整地方法があるが, 植林計画では水平溝・臥牛穴 (魚鱗坑でなく穴状の整地方法)・植穴 (通常のもの) の3方法を小班単位に採用し, 人力で作設することとした。

水平溝は基本となる整地方法で, 中急斜面の等高線に沿って連続的に溝を作設する。これは, ①雨水を溝内の土壌へ流入浸透させ土壌の保水性・通気性を高め, ②上方からの地表水流による土壌侵食を防ぎ, ③日光照射と温度・風の条件を変えて土壌からの蒸発を減らすなどを目的としている。

水平溝の仕様は, 高木用として上幅 0.6 m, 深さ 0.6 m の溝 (灌木用は上幅 0.5 m 深さ 0.5 m) を掘り, 上幅 0.3 m, 高さ 0.2 m の畦を溝の斜面下側に作る。斜面・畦の傾斜角は雨水による侵食の小さい約 100 度とする (図 3)。また雨水が

¹ 基本設計調査時には地上部の枯れた上記3種の灌木が見られたが, 事業開始初年度の8~9月に豪雨 (平年の2倍の降雨量で大水害を被った) があり, その翌年には, 北向き斜面でそれらの灌木が根株から萌芽し再生するのが見られ, 特に高標高地で著しかった。このため以後の植林において, これら灌木が再生 (散生状) した北向き斜面では, 灌木の代わりに山杏を植栽した。白皮松は耐乾性・天然更新等の特性から3年生苗木を植付けたところ当初の活着はよかったが生育過程で生存率が低下したため, また灌木の沙棘と酸棗は上長成長が劣るため, 共に植栽を取りやめた。また地元の要望から一部の元宝楓にかえて山杏を植栽することとなった。

溝の低い方へ流れないように 5 m 程度ごとに溝内に仕切りの土手を設ける。水平溝と水平溝の間隔は水平距離 4 m (ha 当たり 2,500 m) で作設する。畦の上幅 0.3 m は畦の上を安全に歩行できる幅であり、畦の高さ 0.2 m は過去 10 年間の最高日降水量 95 mm を溝内に概ね浸透・貯留させて雨水による土壌侵食防止が図れる高さとして設計した^{7,8,13)}。

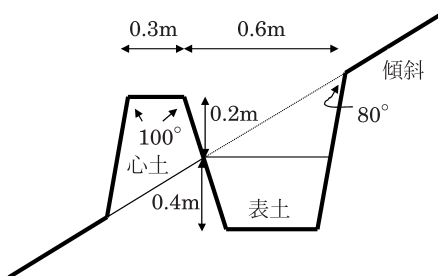


図 3 水平溝の横断面

水平溝の作設手順は、斜面に水平距離 4 m ごとに溝の位置を決め、唐鍬・平スコップを使って、先ず溝の上幅 0.6 m 上の表土を掘って斜面上側に仮置きし、次に溝の斜面下側に所定の幅・高さの畦を溝内の心土を用いて十分突き固めて作り、表面を平滑に仕上げる。さらに溝は所定の幅・深さに土壌を掘りあげ、その後に溝の斜面上側へ仮置きした表土や斜面上側の表土を、溝内へ畦の下底の深さ（高木用 0.4 m、灌木用 0.3 m）まで埋め戻す（図 3）。この方法により水平溝内の土壌は、有機物を含む表土でかつ耕耘された状態となる。

臥牛穴は急傾斜地で斜面の壁が多く水平溝を連続して作れない小班や灌木が点生している小班などにおける整地方法で、長さ 1 m、最長幅 0.5 m、深さ 0.6 m（灌木用は 0.5 m）の穴を掘り、穴の斜面下側に上幅 0.3 m、高さ 0.2 m の畦を作設する。臥牛穴は上方から見ると半円状の穴がほぼ一定の間隔（斜面方向に約 4 m、水平方向に約 3.6 m）で配置され、ha 当たり 700 穴を作設する。

傾斜 15 度以下の緩斜面を対象とする小班の整地方法は、水平溝と植穴列を組み合わせたものである。このうち水平溝は上記と同じ仕様であり、植穴は縦 0.4 m、横 0.4 m、高さ 0.4 m の通常の植穴（斜面下側に穴内の心土で畦を作る）を針葉樹は苗間 1.5 m、広葉樹は苗間 2.5 m で等高線に沿って列状に作設する。各列の間隔は 3 m で、水平溝 1 列・植穴 2 列の組み合わせで作設する。

このように整地は小班単位で、水平溝・臥牛穴・水平溝と植穴の組み合わせの 3 方法であり、臥牛穴・植穴とも水平溝に比べ土壌の掘削量が少ないので作設費が安価となるが、雨水の穴内への流入量が少ない。

整地作業は植付け時期までに、植付け穴の土壌が水分を十分流入保持するよう雨季植用の整地は春に、秋植・翌年春植用は夏に行う。

6. 苗木

植栽用の苗木は現地の苗畑からの購入で計画した。現地の苗畑は官営・民営の両方があり、官営苗畑は規模が大きく施設（灌水は主に畝間灌水）も整っていたが、生産苗木の品質は官民とも十分とはいえなかった。これは根切りなどの育苗作業⁹⁾が行われないため苗木は徒長傾向にあったためだが、広葉樹苗木については地上部・根系とも切りつめた根株苗を植付けることが多いので、苗木の根元径が一定の太さ以上であれば活着には支障が少ないと判断した。

苗木の規格は中国の苗木品質基準^{10,11)}によったが、根元径に対する苗高の上限がないので徒長苗も許容される。したがって活着率の確保を図るため乾燥に耐える優良苗木（根元径を重視）の調達と苗木の適切な取り扱いが極めて重要となった。苗木の規格（1級苗、白皮松を除く）は次のとおりである。

- ・広葉樹裸根苗：1年生（1生育期間を経過したもの）で根元径 0.8～1.0 cm 以上、苗高 130～120 cm 以上
- ・灌木裸根苗：1年生で根元径 0.5～0.6 cm 以上、苗高 50 cm 以上
- ・針葉樹裸根苗：2年生で根元径 0.55 cm 以上（油松は 0.4 cm）、苗高 45 cm 以上（油松は 14 cm）（根系長、側根数の基準は省略）
- ・針葉樹ポット苗：2年生で根元径 0.7 cm 以上、苗高 45 cm 以上（油松 14 cm）

7. 植林方法

(1) 植栽密度

現地の慣行的植栽においては、1植穴2本植のケース（中国側の説明では片方が活着すればよく両方活着すれば除伐で対応）や、活着率の高い箇所は除間伐が行われないため密生状況を呈する箇所があるなど、半乾燥地の植林としては適切な植栽本数とはいえないと判断した。このため1植穴1本植（臥牛穴では灌木のみ 0.5 m 離して2本植）とし、植栽本数は中国の技術規定^{7,12)}より少なくして、次のとおりに計画した。なお作業員が理解しやすいよう苗間は針葉樹 1.5 m、広葉樹高木 2.5 m、灌木 1.0 m とした。

○列間 4 m の水平溝で整地の小班（単一樹種で植栽した場合）

- ・側柏，油松，白皮松：ha 当たり 1,650 本（列間 4 m×苗間 1.5 m）
- ・刺槐，元宝楓，山杏：ha 当たり 1,000 本（列間 4 m×苗間 2.5 m）
- ・灌木：ha 当たり 2,500 本（列間 4 m×苗間 1.0 m）

○臥牛穴（列間約 4 m）で整地した小班

- ・高 木：ha 当たり 700 本
- ・灌 木：ha 当たり 1,400 本（1 穴に 0.5 m 間隔で 2 本植栽）

○列間 3 m で整地（水平溝 1 列・植穴 2 列の組み合わせ）した小班

- ・山 杏， 山 桃：ha 当たり 1,320 本（列間 3 m×苗間 1.5 m）
- ・側 柏， 油 松：ha 当たり 2,200 本（列間 3 m×苗間 1.5 m）²

混植の小班は，上記の ha 当たり植栽本数に列状混植の割合を掛けたものとなる（例：側柏 2 列・刺槐 2 列の混植； $1,650 \times 0.5 + 1,000 \times 0.5 = 1,325$ /ha）。

(2) 植栽方法

植林樹種の特性と植林対象地の方位・標高・傾斜などによる類型区分（小単位）とを対応させた施業方法を定め，主に列状混植方式で植栽する計画とした。土壤水分環境のきびしい南向き斜面は，側柏，刺槐を主体に，山杏・山桃，元宝楓，灌木を植栽するのに対し，北向き斜面は，油松，灌木を主体に，元宝楓，山杏・山桃，白皮松を植栽する。なお刺槐は標高 1,300 m 以上を元宝楓で，また油松は標高 1,000 m 以下を元宝楓で代替する。列状混植は針葉樹 3-2 列対広葉樹 2-3 列の組み合わせとする。土層の薄い斜面などは側柏と灌木を植栽する。

植栽における留意点は，裸根苗の根系を乾燥させないように苗木の掘取り・運搬・仮植などにおける乾燥防止を図ること（現地では掘取った苗木をそのまま置いておくこと，裸根苗をシートをかけずに運搬することなどの例があった），苗木は水平溝の中央に植付けること（現地では溝の谷側端への植栽例があった），苗木の根系を土壌とよく密着させること，植付け後に苗木の周囲に雑草などでマルチングをすること（現地ではマルチングの考えがなかった）である。なお土壌水分の減少が早い南向き斜面で春植の側柏裸根苗のみ植付け時に灌水（1 本当たり柄杓 1 杯）を 1 回行うことなど苗木の活着率向上を図ることとした。

(3) 植栽時期と面積

現地の植栽時期は，針葉樹・広葉樹とも土壌融解後の春 3～4 月を主体に裸根苗を植栽していたほか，広葉樹の一部は 10～11 月の落葉後に根株苗・裸根苗を，また針葉樹の一部は 7～8 月の雨季にポット苗を植栽していたが，植栽後の活着率は全体的に低かった。これは適切な整地，優良苗木の確保と乾燥防止

² 中国技術規定の例では，植栽本数（本/ha）は側柏 3,500～6,000，油松 4,500～6,000，刺槐 1,650～6,000。大同の NGO プロジェクトでは 3,300 本/ha⁸⁾。

などへの取組不足のほか、5～6月の少ない降雨による春植苗木の枯死が多いことなどが原因と判断した。

このため、針葉樹・広葉樹とも春植をできるだけ減らして、針葉樹ポット苗の雨季植えと広葉樹の秋植え（苗木の運搬距離の遠い箇所は広葉樹の秋植えを主体に計画）を増やすこととし、整地・苗木調達等との関連を考慮して適切な季別植栽面積を計画した。ただし植栽時期は従前どおりである。

(4) 補植

中国の技術規定¹²⁾による補植の判断時期は、植栽後3～5年と定められているため、植林計画では植付け後最初の6～7月に小班ごとに苗木の活着率の調査を行い、一定の活着率（造林技術規定の85%を準用）に達しない小班は、日本側の協力規定で定める補植の範囲内で優先順位をきめ、針葉樹は雨季の7～8月（苗木はポット苗）、広葉樹は秋の10～11月に補植を行う計画とした。

8. 保 育

降雨の少ない半乾燥地では雑草の繁茂が少なく保育が必要ないように思われるが、水平溝の作設により雨水の溝内への流入浸透が増えて溝内はびっくりするくらい雑草が繁茂する。また、刺槐等の萌芽に対し（根株苗は複数の萌芽を発生する）、芽掻きをしないところはヤブ状になっていることも多かった。このため、植付け苗木のムレによる枯損を防ぐための雑草の刈払い、樹幹を1本立ちさせるための萌芽の芽掻きと枝の剪定、豪雨などで破損した水平溝・臥牛穴の畦の補修などを内容とした保育を針葉樹は3年、広葉樹は2年行う計画とした。

9. 終わりに

事業実施当初、仕様どおりの整地の作設や植栽苗木の乾燥防止措置が不十分で活着率が85%を下回る箇所があり補植を行ったが、施工管理のコンサルタントの濃密な現地指導の結果、活着率はほとんどの箇所でも85%を大幅に上回るようになり（新しい作業班のところで下回る箇所がでることが多い）、さらに植栽苗木の成長も極めて良好となって、中国側から高く評価されているという（年次ごとの事業報告は国際協力機構へコンサルタントから提出されている）。なお、昨年11月にTBSからテレビ放映されており、海外植林における事業全体のマネジメント、半乾燥地に即した植林技術等のさらなる前進が期待される。

【参考文献】 1) 国際協力事業団 (2002) 中華人民共和国第二次黄河中流域保全林造成計画, 基本設計調査報告書 2) 岡部廣二 (2003) 熱帯林の造成と維持管理 日本林業調査会 3) 曹 裕民ら (1979) 西山地区造林立地類型区分及適正樹種初步研究 山西省林業科学研究所 4) 国際協力事業団 (1998) モンゴル国セレンゲ県森林管理計画調査ファイナルレポート 5) 藤森末彦 (1991) 青年海外協力隊現地技術指導報告書 6) 黄 勝澤 (2002) 最近の中国森林林業事情 熱帯林業 No. 55 7) 中国国家林業局 (2001) 生態公益林建設技術規定 8) 高見邦雄 (2002) 黄土高原の緑化協力プロジェクト 熱帯林業 No. 54 9) 山西省 (1984) 国有苗圃育苗技術規定 10) 同 (1984) 主要樹種苗木基準 11) 中国国家林業局 (1999) 主要造林樹種苗木品質区分 12) 同 (1995) 造林技術規定 13) 鄒 年根ら (1997) 黄土高原造林学 中国林業出版社

図書紹介

◎熱帯早生樹優良種苗生産手引書 (第1集) —採種 (穂) 林造成に必要な基礎知識— (古越隆信編著, 海外植物遺伝資源活用支援つくば協議会, 47 pp. 2006年8月発行)

長年にわたり東南アジアや南太平洋の諸国で森林・林業研究プロジェクトや林木育種技術協力プロジェクトで活躍された著者によりまとめられた手引書である。熱帯産業造林に供される早生樹の種苗生産に必要な採種 (穂) 林の造成に関する技術上の問題点が整理されている。遺伝的に保証のある早生樹種子の入手方法, 対象樹種選択と育種計画論, 遺伝資源管理とその活用, アセアン諸国におけるアカシアおよびユーカリ育種の現状等について最新の知見が解説されている。熱帯造林や育種に携わる専門家には有用なハンドブックである。具体的技術課題をまとめた第2集の刊行も予定されている。 (長坂壽俊)