

中華人民共和國
 首都周辺風砂被害地域植生回復モデル計画調査
 森林植生回復技術マニュアル
 — 北方地域の生態公益林造成のために —



2010年2月

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

中華人民共和國首都周辺風砂被害地域植生回復モデル計画調査共同企業体

社団法人 海外林業コンサルタント協会

朝日航洋 株式会社

環境
JR
10-015

別冊 2

中華人民共和国
首都周辺風砂被害地域植生回復モデル計画

森林植生回復技術
マニュアル

中国北方地域の生態公益林造成のために

平成 22 年 2 月

(2010 年)

独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

首都周辺風砂被害地域植生回復モデル計画共同企業体

社団法人 海外林業コンサルタント協会

朝日航洋 株式会社

はじめに

本マニュアルは、国際協力機構が実施する日中技術協力事業「中国首都周辺風砂被害地域植生回復モデル計画」におけるモデル林造林支援業務の一環として、本件調査の諸モデル林を主要事例に、本事業計画の実施及び中国政府が推進している「北京・天津風砂源整備プロジェクト」に資すべく、中国北方地域の生態公益林造成に適用される植林技術をまとめたものである。

ここでいう“モデル林”とは、本件調査の対象となる4区県において、従来の植林地から選抜した“既存モデル林”と、調査期間内に新たに造成した“新規モデル林”を指す。

既存モデル林と新規モデル林及び調査対象地以外のその他の優良植林地を事例とし、既存の植林、森林育成等の技術マニュアルや関連資料を参考に、植林団体や研究者への聞き取り調査を加え、現地の実情によりマッチした関連基礎知識と実用的な森林植生回復技術（技術モデル）を整理したのは本マニュアルである。

ここで論ずる森林植生回復技術は本件調査において新たに開発した技術ではない。これまですでに開発されたさまざまな植林、森林育成などの技術と経験を現地の自然状況や事業実施主体の資金、運営管理能力に合わせて、より適正な森林植生回復技術を選択して活用できることが本マニュアルの作成目的である。

また、本マニュアルで取り上げているモデル林の多くは経過年数が短く、その成績はあくまで現段階のものであり、植栽木ないし林分全体の今後の成育について確たる予測はできない。しかし、大幅な自然環境の変化や、外部の（人為的な）かく乱がない限り成林の可能性は大きい。マニュアルは内容的にまた未熟な部分や改良・改善の余地が少なからずあると考えられるが、技術モデルの一つとして参考されることを期待する。さらに、より多くの関係者に使用されながら絶えず改善され、いっそう使いやすいものになることを願いたい。

なお、基礎理論・知識編、植林施工基本技術等の部分は主に、「森林營造技術（2007年中国林業出版社）」、「人工造林技術概論（2007年中国科学出版社）」、「森林培育学（2001年中国林業出版社）」を引用・参考した。ここにて、改めて記するとともに感謝を表す。

2010年1月

中国首都周辺風砂被害地域植生回復モデル計画
植生技術（1）担当 黄 勝澤
（社団法人海外林業コンサルタンツ協会）

本書の日本語翻訳について

本マニュアルは中国の国内において使用されることを考慮し、作成過程において始めから中国語で書きまとめた。それを日本語に訳したのは本書の日本語版となっている。中国の造林技術を論ずる場合、その本国では最もポピュラーな表現である専門用語は日本語にはぴったりマッチした用語は無いが、常用されていない場合がしばしばある。そこで、一部の中国語専門用語（漢字表記）をそのまま日本語版に使用することが、本マニュアルの日本語版を使用する利用者においても、中国の林業事情をよりリアルに理解するうえで役に立つと考え、個別の原語をあえて変えず使用することとした。特に頻繁に出現している用語について、下記の注釈を付ける。また、外注翻訳の限界につき、読みづらいところは多分にあると思量されることも併せて、ご了承願いたい。

“防護林”：日本でいう保安林或いは保全林に当たるが、要するに保護したい対象を森林、（群生灌木も含め）林木で護衛する意味合いを防護林で表した。中国では、防護林は面積の大きさの規定こそないが、農地の周りに一列に植えた並木も「農地防護林」になれる。実際中国では、防護林は「水源涵養林」、「水土保持林」、「防風・防砂林」、「農地・牧草地保護林」、「水害防備の堰堤保護林」、「道路保護林」に区分されている。

“造林地整地”：植栽する前に、地表の雑草など植付け作業の障害物を取り除くことと、土壌の保水性や通気性を高め、造林成績を上げるために地下の一定の深さまで中耕することを整地という。整地方法には全面整地（全面地拵えに相当する）と局部整地（坪刈り地拵え）があるが、一般的に使用されているのは後者である。局部整地はさらに二つの方式に分かれている。一つは等高線上に一定の間隔（2～5m）で、一定の幅（60～150cm）のテラスを作る水平帯状整地、一つは植栽ポイント毎に植え穴周り（50～100cm×50～100cm）のみを対象とする塊状整地という。

中国の山地斜面の造林する場合、最も多く利用されている整地方法は“魚鱗坑整地”である。名の通り、斜面に魚鱗のように植え穴のポイントを配置させ、植え穴を掘る時、斜面を切り盛りして穴を上面を水平にする。遠くから見ると、まさに魚鱗のようである。

“林帯”：農地防風林を論ずるときによく出る言葉で、一般的に一列から数列で帯状に植えた林木をいう。ときには、広域にまたがって概ね線状に分布する森林を“大林帯”と称する場合もある。農地防風林では、幾つの林帯が交差して格子状になるときは“林網”という。

“防風固砂林”：黄砂現象は砂塵が風に吹かれて舞い上がることで、それを抑制する手段は二つ、風を弱めることと、自由に動く地表の砂塵（細粒）を固めこと。この二つの現象を最も合理的かつ効率的に抑制できる手段はその土地に林木を生やすことである。林木は風を弱めることも、さらさらの砂質土壌を団粒構造に変えることも同時にできるゆえ、砂地や砂漠化土地に風砂対策をメインにした造林地をより適切な表現として、防風固砂林と定義している。

“封山育林”：天然更新能力を備えている疎林地、灌木林地、伐採跡地、山火事跡地、荒廃裸地などの土地において開墾、薪の採取、放牧などの森林再生妨害行為を制限することにより、森林の自力復旧を図る。未成林造林地の保護はこの封山育林の範疇に属しない。封山育林期間は北方地域で3～10年、南方地域は2～8年になる。封山方式には、期間中いかなる森林再生妨害行為一切禁止する全面封山、樹木の成長季以外は更新した幼樹の厳格保護を前提に一定の薪採取や草刈り取りを認める半封（季節封山）、封山計画地を数ブロックに区画して順次に実行する輪封（サイクル封山）の3種類がある。

目 次

基礎編

第 1 章 人工造林の基本知識	1
1.1 森林.....	1
1.2 人工林.....	1
1.3 防護林.....	2
1.4 造林地の立地条件.....	2
1.4.1 造林地の立地因子.....	2
1.4.2 造林地の種類.....	4
1.4.3 林業施業に係る区画区分.....	6
1.5 樹種の選択.....	8
1.5.1 樹種選択の重要性.....	8
1.5.2 適地適木.....	9
1.5.3 防護林樹種の選択.....	12
1.6 人工林の構造.....	13
1.6.1 人工林の構造の仕組み.....	13
1.6.2 合理的な構造の意義.....	14
1.6.3 混交林の特徴および応用条件.....	15
1.6.4 造林密度と植栽ポイントの配置.....	16
1.7 混交林の造成.....	20
1.7.1 混交林樹種の選定.....	20
1.7.2 合理的混交率の決定.....	22
1.7.3 合理的混交方法の設計.....	22
第 2 章 造林施工技術	25
2.1 造林地の地拵えの技術.....	25
2.1.1 造林地地拵えの概念と意義.....	25
2.1.2 造林地の地拵え方式.....	25
2.2 造林の耕耘整地技術.....	27
2.2.1 造林整地の作用.....	27
2.2.2 整地の時期.....	28
2.2.3 整地の方式と方法.....	30
2.3 苗木造林.....	34
2.3.1 苗木造林の特徴および適用条件.....	34
2.3.2 苗木の準備.....	35
2.3.3 苗木造林の時期の選択.....	38
2.3.4 植え付け方法.....	39
2.4 播種造林.....	43
2.4.1 播種造林の特徴および適用条件.....	43
2.4.2 種子の準備.....	44
2.4.3 播種造林の時期の選択.....	45
2.4.4 播種造林技術.....	46
2.5 無性繁殖造林.....	48

2.5.1	無性繁殖造林の特徴および適用条件	48
2.5.2	無性繁殖造林の季節選択	48
2.5.3	無性繁殖造林技術要件	48
第3章	幼齡林保育管理	50
3.1	土壌管理	50
3.1.1	耕耘と除草	50
3.1.2	水分管理	51
3.1.3	林地施肥	52
3.2	幼齡林の管理	53
3.2.1	苗の間引き	53
3.2.2	台切	53
3.2.3	萌芽整理	53
3.2.4	芽かき	54
3.2.5	枝打ち	54
3.2.6	農作物の間作	55
3.2.7	幼齡林保護	57
第4章	農地・牧場防護林造成技術	58
4.1	農地・牧場防護林造成計画策定の原則と実務	58
4.1.1	計画・策定の原則	58
4.1.2	計画策定の実務	58
4.2	農地・牧場防護林造成の基本技術	61
4.2.1	樹林選択の原則	61
4.2.2	林帯の配置	62
4.2.3	造林密度	63
4.2.4	造林地の整地	63
4.2.5	造林方法	63
4.2.6	幼齡林保育	64
4.2.7	林帯の副作用軽減措置対策	65
4.2.8	林帯の更新	66
第5章	水土保持林の造成技術	68
5.1	水土流失の概念と主な形式	68
5.2	水土保持林の作用	68
5.3	水土保持林およびその体系	69
5.3.1	水土保持林の林種	69
5.3.2	水土保持林の体系	70
5.3.3	水土保持林の体系構築の原則	70
5.4	主な水土保持の造成技術	71
5.4.1	斜面防護林の造成	71
5.4.2	侵食溝土手部、谷頭部防護林の造成	72
5.4.3	水源涵養林	72
第6章	防風・砂丘固定林の造成技術	74
6.1	樹種を選択	74
6.1.1	水文条件と樹種選択	74
6.1.2	砂地下部地面の性質と樹種選択	74
6.1.3	土壌塩分含有量と樹種選択	74

6.1.4	砂丘部位と樹種選択	75
6.1.5	各種人工造林と樹種選択	75
6.1.6	異なる自然環境と樹種選択	75
6.2	植栽の要領	76
6.3	造林密度	76
6.4	造林措置	76
6.4.1	土壌水分の補給・保持、灌漑造林	76
6.4.2	灌木を主とする混交林の造成	76
6.4.3	適切な造林方法の選定	77
6.5	林木配置技術	77
6.5.1	砂丘湾曲部造林	77
6.5.2	砂丘包囲造林（「前擋後拉」造林）	77
6.5.3	風下斜面及び高水位砂地での高幹深植造林	78
6.5.4	砂丘周囲環状造林	78

実例・事例編

第7章 プロジェクト4 区県における優良造林事例.....79

7.1	事業地区における造林の歴史	79
7.1.1	造林の歴史	79
7.1.2	造林技術の推移	81
7.1.3	植林技術の課題	87
7.2	優良造林地の選定	88
7.2.1	既存優良造林地選定の意義および期待効果	88
7.2.2	優良造林地の選定結果	89
7.3	代表的な優良造林地紹介	91
7.3.1	延慶県奥山無灌漑アブラマツ直播き造林地	91
7.3.2	延慶県準奥山無灌漑アブラマツ・コノテガシワ苗木植栽造林地	93
7.3.3	昌平区里山コノテガシワ・マルバハゼ苗木植栽造林地	95
7.3.4	昌平区平地針葉樹・広葉樹の混生による河岸・耕地防護林造林地	97
7.3.5	門頭溝区奥山針葉樹・広葉樹の混生林苗木植栽灌漑造林地	99
7.3.6	懷来県風積砂地コノテガシワ・新疆ポプラ苗木植栽造林地	101
7.3.7	懷来県黄土丘陵地アンズ・間作造林地	103
7.4	既存優良造林地の総合的評価（調査業務再委託先の専門家らのコメント）	105

第8章 プロジェクト新規造成モデル林.....106

8.1	新規モデル林造成の意義と造成基本方針	106
8.1.1	意義	106
8.1.2	基本方針	106
8.2	造林地選定とモデル林タイプ（技術仕様）の決定	106
8.2.1	造林地の選定	106
8.2.2	モデル林タイプ及び技術仕様	108
8.3	モデル林の活着・成長状況	115
8.4	モデル林の総合評価	117

第9章 その他地域の事例の紹介	119
9.1 黄土高原の造林・緑化	119
9.1.1 基本状況	119
9.1.2 施工方法(要点)	119
9.1.3 事業評価	120
9.2 毛烏素砂地の造林・緑化	121
9.2.1 事業概況	121
9.2.2 造林技術の応用方針	121
9.2.3 立地分類と造林樹種	121
9.2.4 主たる成果	122
9.3 ケニアの半乾燥地造林技術事例	124
9.3.1 ケニア社会林業技術協力計画の実施の背景	124
9.3.2 ケニア国キツイ県の自然環境と植生景観	124
9.3.3 プロジェクト内容	125
付属資料1 中国北方地区主な造林樹種	134
付属資料2 中国北方地域の主要造林樹種の適宜立地	136
付属資料3 中国北部防護林常用樹種の造林技術	145

基礎編

第1章 人工造林の基本知識

1.1 森林

森林は陸上における最も“大型な”植生群落であり、さまざまな様態を持つ植物と動物によって構成されていて、外観的にも複雑な層構造をなしている。森林と言っても、そこに生えているのはなにも植物だけではない。いろいろな動物や微生物も生息している。これらの生物とそれを抱擁する環境、たとえば土壌、大気、水などと一体になって、森林生態系を構成している。陸上では、森林生態系が生命の延長のみなもとでもあり、ベクターでもある。無論、人類の生存においてもなくてはならない存在である。

自然界の存在形態の一つとして、「森林は一種の自然過程であり、その場所の自然現象ともいえる。言い換えれば、ある地域の植生遷移の過程に中の木本植物が優勢を持った段階は森林である」と、中国の故育林学者兆頼之先生が定義したように、異なる気候環境によって様々な形態の森林が形成され、いわゆる地域森林帯を構成している。森林はその気候帯中の異なる立地環境の影響をも受けながら、常に変化・変遷を成している。森林の変化・変遷を大きく3つの段階、すなわち、形成期、過渡期、安定期に分けられる。この3つの段階(過程)の代表的な樹種を先駆樹種、過渡樹種と極相樹種という。

自然森林の形成原理及び遷移特徴は人工的な森林育成の理論根拠でもあるゆえ、造林・育林に携わる者にとって、自然界の森林を専心して観察することは最も感受性のある勉強になる。

1.2 人工林

人工林は人工植林或いは人工更新により形成された森林をいう。人工造林とは、樹木の生育が可能だが暫らく(3年以上)林木がなかった状態の土地に人工植樹ないし人工播種して森林を造成する過程を指す。人工更新とは、さまざまな森林跡地(伐採跡地、山火事跡地など)或いは既存林分(疎林や改造・改良が必要な林分など)内に人工植樹ないし人工播種により森林を回復させる過程をいう。

人工林は造成目的とその林分の利用される機能によっていくつかの種類に区分するのが一般的である。中国ではこの区分を「林種」といい、防護林、用材林、経済林、薪炭林、特殊用途林の5つの林種に分けている。また、森林経営上では防護林と特殊用途林を生態公益林といい、用材林、経済林と薪炭林を商品林と称する。

天然林に比べ、人工林は総じて成長が早い。同じ樹種で人工林の成熟(伐採可能)期間が天然林の約半分程度まで短縮できる。しかし、人工林特に商品林において、往々して病虫害、強風、積雪などの外部からの圧迫に対する抵抗性は弱い。その理由に、林分構成樹種の単一、一斉植栽、

密植などの人工林の宿命的な造成パターンにより、樹木の機械組織の脆弱化や根系の浅根化などが挙げられる。ゆえに、近年は混生林造成、複層林育成が提唱され、多くの植林事業で実践されるようになってきている。

1.3 防護林

防護林とは、環境保護、浄化、水源涵養など公益的な機能の発揮を主目的とする森林を指す。言わずとも防護林造成の目的は、森林が持つ防風固砂、農地防護・牧場防護、水土保持、空気浄化及びその他の環境保全に役立つ機能を利用することにある。防護林は保護する対象と期待効果によって、水源涵養林、水土保持林、防風・防風固砂林、農地防護林、牧場防護林、護岸林、道路防護林などに分かれる。

ここで述べる各種防護林はそれぞれの保全対象に働くが、同時に森林・林木は、森林・林木の一般的な機能も無論有する。例えば、防風固砂林には水源涵養の作用を持ち、護岸林もまた防風固砂の作用も持つ。したがって、広域的に森林はその環境への作用は総合的にとらえるべきである。ある自然地理的な地域または流域において、各種類の防護林と既存の天然林を一体として、総合的な計画を策定して育成すれば、より完全たる森林植生体系（防護林システム）が出来上がる。よって、その保全効果も顕著に向上できる。

防護林システムは、区域的な自然災害の減免、農牧業生産の保障、生活環境の向上に非常に重要な働きを持つ。だから、中国政府は国レベルの防護林システムの建設を1970年代末から、大規模な防護林システムの造成（三北防護林建設事業、長江など大河川や沿海防護林造成事業、平原緑化事業など）を続々展開しつつある。今では、これらの防護林システムの一部はすでに著しい生態環境効果を発揮し、顕著な社会・経済効果も上げた。

防護林システムの建設は長期の努力が必要。特に自然環境が苛酷な地域においては、何代もの人々の奮闘が必要だろう。これも造林・育林に従事する者の栄光たる使命である。

1.4 造林地の立地条件

1.4.1 造林地の立地因子

1) 気候

気候には、光、温度、降雨、風などが含まれる。これらの気候的要素が森林やその他の植生の生育可否、森林の分布エリアと森林の生産性の大小を決める。たとえば、北半球においては、南から北に向けて、熱帯雨林、亜熱帯常緑広葉樹林、暖温帯落葉広葉樹林、温帯針葉広混交林、寒温帯針葉樹林などの森林植生タイプが違ってくる。

2) 地形

地形には標高、斜面の向き、傾斜度、局部的不規則地形などの要素が含まれる。地形は気候条件（日射、気温、水分など）と土壌条件を再分配することで、森林樹木の成長生育に影響

響を及ぼし得る。標高の高い山では、標高と森林タイプの関係（垂直分布）は、緯度による森林分布の変化と類似している。

3) 土壌

土壌には、土壌の種類、土層の深さ、腐植質層の厚み、土性、土壌構造、pH、浸食程度、土壌各層の砂礫含有量、土壌内の養分含有量、塩分含有量、母岩、母材の種類など要素が含まれる。植物は生育に必要な水分と鉱物質養分を土壌から吸収する。造林地の土壌の状況は森林の成長に極めて重要である。

4) 生物

植物群落内の優勢種、構造、バイオマス、地上・地下部分の成長分布状況、病虫・動物害状況、有益動物や微生物の存在状況などを指す。植生がおおよそ自然状態に保たれている（大量に破壊されていない）地域では、植生の状況はその土地の立地条件を如実に反映している。

5) 水文

地下水位の深さと季節的の変化、地下水の鉱物質含有度合い及び塩分濃度、ならびに季節的な水たまりの有無とその持続期間、地表水の水平方向での浸透状況、浸水の有無、持続期間とその季節などが水文条件の要素となる。平原地域では、水文水分条件とりわけ地下水位が植生の成長に非常に大きな働きを果たすが、山地ではその影響は比較的小さい。

6) 人為的行動

人為的行動とは土地利用の歴史や現状、さまざまな人為的活動が環境に与える影響を指す。不合理な人間の活動、たとえば、林地における枯れた枝や落ち葉などの採取、不合理な整地や間作は土壌の肥沃度を下げる。反対に、建設的な生産措置、たとえば合理的な整地、施肥、灌漑によって、土壌の肥沃度や造林地の生産性を向上させることができる。

林分の生産力は、気候条件、土壌条件、人為的な経営活動などが総合的に作用した結果（図1）であり、各因子とも林木の成長発育過程における不可欠なものである。ただし、時と場合によって、それぞれの要素の働き大きく変わって来る。実践において、こうした複雑な要因の中から主要因子を見出して、立地の特徴を把握しなければならない。

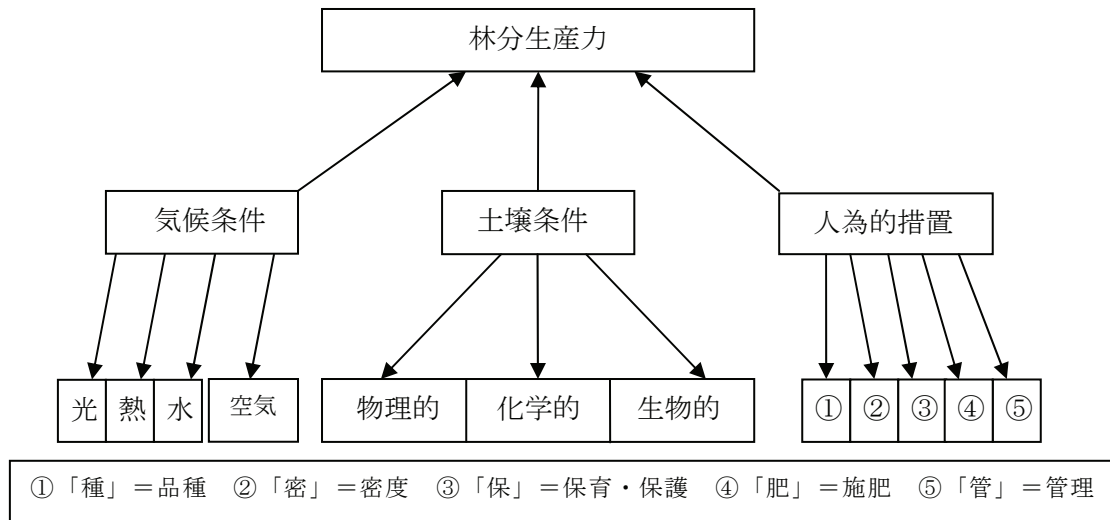


図 1. 林分生産力と環境条件の関係

1.4.2 造林地の種類

1) 荒れ山・荒れ地

もともと森林植生がなかったか、または森林植生が何らかの原因で無くなって野原に変わってしまい、森林土壌本来の湿潤性、通気性、柔らかさなどの特性が失われた土地を称す。荒れ山荒れ地はそこに自生する植生の違いに基づいて、さらに山坂草地、藪繁殖地、荒れ地に分けることができる。

(1) 山坂草地

この種の造林地には草本が茂っており、その多くが多年生のイネ科の雑草を代表とした根茎性の雑草である。これらの雑草の繁殖力は強く、幼樹と激しい生存競争を起こす。そのために造林初期において有効な対策で雑草の繁殖を抑制する必要がある。ただし、植栽ポイントの配置に物理的な妨げはないため、均等な間隔で植栽できる。

(2) 藪繁殖地

灌木、竹など藪が占める割合が 50%以上の山をいう。立地条件は一般的に上記の草地よりよい。そのゆえ、萌芽性が強い灌木類もはかなり発達するので、造林の場合、幼樹との生存競争も一層激しい。通常、大々的な地拵えが必要となる。一方、造林の目的、造林樹種によって、これらの灌木は役に立つ場合もある。たとえな、造林初期の造林地の浸食や表土の乾燥を防げることや、幼樹に日陰保護をもたらすことなども出来る。要するに、臨機応変の対応すべきである。

(3) 荒れ地

いわば、正真正銘の荒れた土地。基本的に農業にも利用できない。侵食地、砂地、含塩アルカリ地、低湿地、沼地、河原地、干潟などがこのカテゴリに入る。無論、このような場所での造

林もきわめて困難である。いずれも土壌改良が必要であり、整地においても特別な対策が求められる。

2) 農耕地、「四傍」地、耕作放棄地

(1) 農耕地

農地防護林を造成する造林地と、農作物を間作している造林地を指す。農耕地は通常平坦で、土壌が厚く、条件が比較的良好。しかし、農耕地の耕作層の下には、しばしば比較的に硬い耕盤があり、林木の根系が成長するには不利である。適切な措置を採らなければ、林木は浅い根系を形成しがちで、発病の危険性が高く、風倒しやすい。造林の際には深く耕し、植え穴を大きく掘って深く植える必要がある。

(2) 「四傍」地

「四傍」地とは、水辺に、村落の周りに、道路の両側にと宅地に周辺など生活エリア内の空き地を指す。農村部では、四傍地は基本的に農耕地または農耕地に類似した土地となり、条件はいずれも比較的良好。町村の中心部における四傍地の状況は比較的に複雑で、立地条件が比較的良好なものもあれば、建築くず土や地下配管やケーブルがあることもあり、高層ビルの日陰になっているところもしばしばである。

(3) 耕作放棄地

農業の利用を一定期間停止している土地を指す。耕作放棄地は一般的に植生が少なく、土壌層に草根もあまりないため、土壌流失現象が起こりやすい。長年放置された土地では雑草や灌木類が徐々に増え、荒れ山荒れ地に似てくるが、造林的な条件としては比較的良好。

3) 伐採跡地と山火事跡地

(1) 伐採跡地

伐採跡地とは森林を皆伐したあとの林地を指す。新しい伐採跡地は光が十分に照り、土壌の腐植質層が比較的に厚いうえ、軟らかく湿りが多い。従来の植生は消えているが、好光性の雑草がまだ浸入していない。この時期は人工更新上最も都合のいいときであるので、できるだけこの時期に地拵えをするとよい。ただし、新しい伐採跡地では伐木の根はまだ腐っておらず、落とされた枝も多く、植え穴を作る際の邪魔になりやすい。伐採してからすぐ更新せず、時間が経ってしまった跡地は、土壌は悪化し、好光性の雑草も大量に浸入して、時には草地化や沼地化していて、造林にはかなり不利になる場合もある。その場合は念入りに地ごしらえして造林しなければならない。一方、時間が経っている伐採跡地は伐根や落ち枝がすでに腐っているため、機械化作業には有利である。

(2) 山火事跡地

山火事跡地は伐採跡地と比べて、しばしば残骸や倒木が多くあるため林床整理が必要である。山火事跡地では土壌の灰分養分が増え、土壌微生物も温度の向上で活発になる。雑草も焼かれ、

造林作業がしやすくなるので、直ちに更新を行う必要がある。放置すれば、大方荒れ山に衰退してしまう。

4) 部分的に更新された跡地、不成績な幼齡林地、林内造林地、疎林地

この種の造林地の共通した特徴は、造林地にすでに樹木が生育していることである。一般的に、本数は少なかったり、成長がよくなかったり、既存木の成長が衰退していたりなど林分は何らかの欠点をもっていて、改植ないし補植が必要である。

(1) 部分的に更新された跡地

跡地の一部には天然更新などですでに樹木生育しているが、空地への植え込みや立木密度が低い場所への補植が必要である。植付けは原則的に、林分全体に樹木が均等に分布するように「隙間を埋める」方式で行う。また、天然更新で生えてくる樹種には先駆性広葉樹が多いので、これらの広葉樹を残しながら、針葉樹を積極的植える。必要な場合には既存の成長不良木を一部伐採して樹木の間隔を均等に配置させる必要もある。

(2) 不成績幼齡林地

不成績幼齡林は、封山育林または伐採跡地の天然更新により形成された天然幼齡林で、その樹種の種子源が問題があたり、樹種の構成がよくなかったり、または本数が少ないうえ偏ったりなど問題を抱えている林分をいう。ときには人工造林地においても、適地適木がなされず、樹種の構成は非合理的で、造林密度が高すぎ、または育成管理が適切でなかったなどの諸般の原因で、造林木の成長が著しく悪く、何年経ても大きくならない矮性化した林分を不成績造林地という。いずれもそれぞれ具体的な状況に応じて適切な措置を採り、随時改良を行なう必要がある。改良に際しては、特に樹種の組み合わせに注意を払わなければならない。

(3) 林内造林地

この種の造林地には雑草は少なく、良好な土壌条件を有する。ただし、上層の樹冠が幼齡樹に及ぼす影響が比較的大きいため、幼齡時に耐陰性の強い樹種の造林に適用し、幼齡樹が光を必要とする段階まで育ったら、すぐさま上層の樹木を除去する必要がある。択伐跡地の更新はこれに似ている。林内で造林作業を行うので、既存木は作業の妨げになる場合が多い。

(4) 疎林地

疎林地とは林木の密度が低い（樹冠閉鎖度は20%未満）造林地をいう。この種の造林地の条件は、荒れ山荒れ地と林内造林地の中間的なものだが、しばしば荒れ山荒れ地により近い。造林の際、隙間へ補植することもあるが、改植を計画してよい。

1.4.3 林業施業に係る区画区分

中国では1985年に全国林業施業区分の区画を完成させた。1級区分は気候帯区分を基準に8の林業発展方針地域に分け、2級区分では大きな山系と水系を基準に50の林業経営区に分け、3級

区分では省レベルの流域、山脈、大地形を基準に 168 の林業施業区域に分け、4 級区分は主に県レベルの営林現場であり、数は数千に上る。表 1 は 2 級までの区分で、表 2 は 3 級区分の一例である。

表 1. 中国の林業区分

<p>I 東北の用材・防護林地区</p> <p>I 1 大興安嶺北部用材林区 I 2 フルンベル草原防護林区 I 3 松遼平原農地防護林区 I 4 小興安嶺用材林区 I 5 三江平原農地防護林区 I 6 大興安嶺南部用材・防護林区 I 7 長白山用材・水源林区</p>	<p>V 青藏高原の寒冷で砂漠化した造林に適さない地区</p> <hr/> <p>VI 西南高山峡谷の防護・用材林地区</p> <p>VI26 雅魯藏布江上中流防護・薪炭林区 VI27 高山峡谷水源・用材林区</p>
<p>II 蒙新の防護林地区</p> <p>II 8 アルタイ山防護・用材林区 II 9 ジュンガル盆地防護林区 II 10 天山水源林区 II 11 南疆盆地オアシス防護林区 II 12 河西回廊農地防護林区 II 13 祈連山水源林区 II 14 黄河上流水源林区 II 15 黄河河原農地防護林区 II 16 陰山防護林区 II 17 シリンゴル草原牧畜保護林区 II 18 オルドス東部防護林区 西北砂漠・半砂漠給水防護林区</p>	<p>VII 南方の用材・経済林地区</p> <p>VII28 秦巴山地水源・用材林区 VII29 大別山桐柏山水源・経済林区 VII30 四川盆地山地用材・経済林区 VII31 四川盆地水土保持・経済林区 VII32 川黔湘鄂経済林区 VII33 長江中流・下流濱湖農地防護林区 VII34 幕阜山用材林区 VII35 天目山水源・用材林区 VII36 雲南高原用材・水土保持区 VII37 黔中用材・水体保全区 VII38 南嶺用材林区 VII39 湘贛浙中部丘陵経済林区 VII40 浙閩沿海防護・経済林区 VII41 武夷山用材林区 VII40 湘西南用材・経済林区 VII43 元江南盤江用材・水源林区 VII44 西江用材・経済林区 VII45 贛閩粵用材，水土保持区</p>
<p>III 黄土高原の防護林区</p> <p>III19 黄土丘陵水土保持区 III20 隴秦晋山地水源林区 III21 汾渭平原農地防護林区</p>	<p>VIII 華南の熱帯林保護区</p> <p>VIII46 滇南熱帯林保護区 VIII47 粵桂沿岸丘陵台地保護・用材林区 VIII48 海南島・南海諸島熱帯林保護区 VIII49 閩粵沿岸防護・経済林区 VIII50 台湾用材・経済林区</p>
<p>IV 華北の防護・用材林地区</p> <p>IV22 燕山太行山水源・用材林区 IV23 華北平原農地防護林区 IV24 魯中南低山丘陵水源林区 IV25 遼南，魯東防護・経済林区</p>	

表 2. 北京市の林業区分

IV 華北の防護・用材林地区
IV22 燕山太行山水源・用材林区 1 京北燕山防護・経済林区 1 (1) 北部準奥山地域水源・用材林準地域 1 (2) 北部低山水土保全/乾果生産林準サブエリア 1 (3) 里山（浅山）およびダム水土保全・景観・経済林サブエリア 1 (4) 雲蒙山の準奥山地域水源涵養林サブエリア 1 (5) 東部低山水土保全・経済林サブエリア 2 延慶盆地の農地防護林区 3 京西太行山の防護林区 3 (1) 百花山、霊山準奥山地域の水源・用材林サブエリア 3 (2) 西部低山水土保全・風景林サブエリア 3 (3) 京西里山（浅山）水土保全・風景林サブエリア
IV23 華北平原の農地防護林区 4 京郊平原の農地防護林区 4 (1) 中部平原農地防護林網サブエリア 4 (2) 潮白河東部平原農地防護林網準サブエリア 4 (3) 永定河、潮白河沿岸防風・飛砂防止林サブエリア

1.5 樹種の選択

1.5.1 樹種選択の重要性

造林事業を成功させるために最も重要なことは、樹種（品種）をどのように選択するかということにある。選択された樹種の良し悪しが林分の“生涯”に影響を及ぼす。ある樹種を選択して造林した場合、植栽当年の活着は優れていても、幼齢期の成長能力が弱ければ雑草や灌木に負けてしまう。また、生存・成長できたとしても、最終的に本来の成木の大きさまでにならないと、造林の目的は果たせなかったに等しい。中国の第6回森林資源調査によると、人工林の面積は5,300万ヘクタールに達しており、世界一の人工造林大国となった。しかし、人工林の蓄積量は15億500万 m^3 しかなく、1ヘクタールあたりの蓄積量はわずか46.59 m^3 で、本来の林分平均水準の55%にしか達していない。こうした現象を招いた原因は多様ではが、おろそかにしてはならない主な原因の1つに、樹種を合理的に選択できていなかったことがあげられる。中国の南方丘陵地帯では、コウヨウザンの「小老樹林（10数年以上も経つ樹木がわずか数メートルの高さにしかならない成長不良木）」がしばしば見られ、また、北方の乾燥地ではポプラの「小老樹林」現象がよく見られるが、いずれも樹種の実地適性ミスと言える。そのため、現地の土地に適した樹種を選ぶことが造林を成功させる前提条件となる。言い換えれば、同じ樹種でも立地条件が異なれば結果も異なることである。樹種の実地適性においては、土壌や気候などの立地条件を十分研究して、慎重に定める必要がある。

中国は国土面積が広大である分、立地も千差万別である。同時に樹種も極めて豊富であり、木本植物だけで 8000 種を超えていて、その内、高木類は 2000 種余りある。無論、それぞれの樹種は各々の生育適地を持ち、その適地に植えて初めて順調に活着し良好な成長を遂げることができる。立地と樹種が相互に適合した場合でも、選択する個別樹種によってはその生産量（経済効果）も異なり、大きな差が生じる場合もある。また、同一樹種でも選択した種子の産地が異なれば、成長効果にしばし大きな差が生じる。したがって、林業生産の長期性、造林目的の多様性、自然条件の複雑性などからして、造林樹種の実地選択は極めて重要である。くれぐれも真剣に対処し、慎重に取り組まなければならない。

1.5.2 適地適木

適地適木とは、その樹木が成長するのに最も適した場所にその樹木を植えることである。造林樹種の生態学的特性と造林地の立地条件を相互に適応させて、造林地の生産潜在力を十分に発揮させ、その立地における現段階の技術と管理条件の下で到達できる最高の生産性、または最高の効果を達成させることが適地適木の真髄である。

1) 適地適木の基準と方法

(1) 適地適木の基準

適地適木は相対的な概念でしかないが、適地適木が達成されたかどうかを評価するためには客観的な基準が必要となる。この基準は主に造林目的の要求に基づいて確定される。用材林について言えば、活着し、成林して、木材となり、かつ成長期間中に自然災害に対して一定の抵抗力があり、安定性を持つ必要がある。「木材となる」要素においてはさらに数量的基準、すなわち一定期間内に一定の生産量に到達させるという指標が必要となる。

適地適木を評価する数値的基準は主に 2 つある。1 つは平均材積成長量であり、もう 1 つは特定した樹種の各種立地条件の下での地位指数である。

①平均材積成長量

平均材積成長量とは、ある樹種が一定の立地条件と植栽密度範囲内で、一定の経営方式のもと、成熟した時点で収穫できた平均材積で、これを持って成長量の評価基準とする。一定の基準に達すれば適地適木であるとし、基準に達しなかった場合には適地適木ではないとなる。

②地位指数

地位とは、材積生産能力を示す位級であり、気候、地勢、土壌条件などの地況諸因子が統合化されたものである。その指数とは、地位の判断に用いる数値基準で、多くの場合は標準林分の標準樹齢の優勢樹種の平均樹高の絶対値で表す。この値が高ければ立地がよりよい。調査を通じて、樹種のそれぞれの立地条件における地位指数を調べ、とりわけ同一立地条件における異なる樹種の地位指数を比較すると、樹種の実地選択が適地適木であったかどうかをかなり客観的に評価することができる。標準年齢を 25 年としたコウヨウザン（杉木）の成熟林については、地位指数が 10

未満の立地条件は、コウヨウザン（杉木）の成長に適さない、となる。コウヨウザン（杉木）の早生多収穫林を造成する場合、造林地の立地指数は14以上となる必要がある。

(2) 適地適木へのアプローチ

①造林予定地に合わせて樹種或いは選択した樹種に適地を当てる

ある造林地の立地条件に基づいて、その造林地に適する造林樹種を選択する。たとえば、乾燥地では乾燥に強い樹種を選択する。または造林樹種を確定してから、その造林樹種に適する造林地を選択する。たとえば、水分を好む樹種のために、水分条件の整った造林地を選ぶ。

②決まった造林地に適した樹種に変更してその土地に合わせる

土地への選択余地がない場合、極力樹種において工夫しなければならない。具体的には、樹種の種類の再選択、良質な品種の導入および順化、ひいては育種などの方法を通じて、樹種の変えて立地条件に適応させる。たとえば、育種にて樹種の耐寒性、耐乾燥能力、耐アルカリ性を強化して、寒冷地、乾燥地または塩類集積地への造林に用いる。

③造林地を改良・改善して育成目的樹種の好みに近づける

具体的には、整地、施肥、灌漑、混交、間作などの措置を通じて、造林地の現状を変えて、樹種の生育・成長に必要な環境を整えてあげる。たとえば、排水や灌漑を行い、土壌中のアルカリ成分を洗い流して、耐アルカリ性は低くが成長の早いポプラなどの早生種を含塩アルカリ地でも順調に成長させる。

以上の3つの方法のうち、①は基本である。②と③は特殊なケースの場合における変則的な方法である。3つの手段をうまく合わせて使うことで、より効率的かつ効果的な適地適木が実現できる。立地条件を変えることも、樹種の性質を変えることも、限界があり、容易ではない。たとえば大きく変えられたとしても、そのための投入と産出のバランスを十分考慮しなければならない。

2) 適地適木の方法手順

(1) 造林地の特性の把握

適地適木は造林の基本原則であり、適地適木を行うためには造林地の特性を理解する必要がある。合理的な造林密度を確定し、効果的な整地方法を選定して、適正な育成と伐採といった一連の営林措置を定めるためには、いずれも造林地の特性を十分に理解することが基礎となる。実践においては、立地分類を通じて、それぞれの植栽地ごとの地形的特徴、土壌の特徴、植生の特徴をまとめ、造林地の特性を把握する。

(2) 造林樹種の特性の把握

樹種の特性には生物学的特性と生態学的特徴が含まれる。造林目的における樹種の選択には生物学的特性を考慮し、適地適木の立場からは生態学的特性を考慮すべきである。

では数多い樹種からどのようにして目的樹種を選べれば良いのか、方法は2つしかないと言ってもよい。一つはこれまで蓄積された経験や知識、すなわち既存の文献資料から得ること。一つは自ら調査分析して決めること、特に文献などが無い場合。

(3) 土地と樹木の関連分析と適正樹種の確定

「樹木」と「土地」の特性を深く認識したうえで、土地と樹木の関係が適切であるかどうかを分析する。すなわち、樹種の生態的特性と造林の立地条件とが一致しているかどうかを調べる。

まず、気候因子に対する樹種の嗜好を分析する。気候は樹種の分布を制限する最大要素である。一般的に各樹種の自然分布の中心は、その樹種の成長に最も適した地域となり、そこでは成長量、繁殖力、樹幹形態、抵抗力、寿命などがいずれもベストを示す。逆に、その分布地域の境に近づくほど成長は劣るようになる。気候条件のうち、林木の成長に影響を及ぼす最も重要な因子は気温（平均気温、最高気温、最低気温、有効積算温度など）と、降水量（年間降水量とその分布法則など）である。無論、このほかの日照、空気湿度、風などの因子も一定の影響を及ぼす。樹種を選択する際には、上述した気候因子に対する樹種の嗜好と、これに対応する造林地区の気候因子とが互いに適合するかどうかを1つずつ分析しなければならない。

次に、土壌因子に対する樹種の嗜好を分析する。同一気候帯においては、土壌が樹木の成長に極めて密接に関係する。土壌条件のうち、樹種の選択に影響を及ぼす主な要素は、土壌の養分、水分、pH値、塩化の度合いなどである。樹種と土壌因子との適合性も1つずつ分析しなければならない。

最後に、地形因子に対する樹種の反応を分析する。海拔、斜面方向、傾斜度、斜面位置、小地形によって、温度、風、降水効果、湿度、日照時間、土壌の水分と養分などが異なる。特に湿度と土壌水分状況がかなり大きく変わり、それが樹木の生育に与える影響は場合によっては決定的である。ここでも適合性を個々に分析する必要がある。

土壌因子や地形因子を分析する際には、立地類型ごとに比較するとよい。これで立地類型区分の実際の意義が生まれ、作業効率を高めることができる。

(4) 適地適木プランの策定

土地と樹種との関係の単一でない。1つの事業エリアで、同一立地条件に適切な樹種が複数現われる可能性があり、反対に同一樹種が複数の立地条件に適用する可能性もある。樹種によって適応性、経済的価値、生態的価値にかなり大きな差があるため、造林目的と適地適木の要件を総合的に考慮して、適地適木プランを策定する必要がある。どの樹種が主要造林樹種であり、どの樹種が次善造林樹種であるかを決め、さらにその割合も確定する必要がある。

主要造林樹種は、最も成長に適し、最も生産性が高く、経済的価値が最も大きい樹種でなければならない。一方、次善造林樹種は、その経済的価値は非常に高いが、立地条件に対する要求が厳しいすぎる、または立地への適応性は高いが経済的価値がやや劣る樹種、もしくは特殊な立地条件に適応できる樹種をいう。

事業者は、経営方針、林種の割合、立地条件の特徴に基づいて、主要な造林樹種を選定する。ただし、1つ事業エリアにおいて、樹種があまり単調にならないよう注意する必要がある。早生樹種と稀少樹種、針葉樹種と広葉樹種、立地条件に対する要求が厳しい樹種と広域性に富んだ樹種を、適宜組み合わせ、各樹種に適した造成比率を確定しなければならない。こうすれば、異なる立地条件の総合的な成長潜在力を発揮させることや、社会経済の多面的な需要に応えることができ、より良好な生態効果も発揮される。

また、適地適木プランを策定してから、実際に造林を行う場合、立地条件が最も優れた造林地には経済的価値が最も高い樹種、或いは立地条件に対する要求が最も厳しい樹種を優先して当てる。同一樹種で経営目的が異なる場合には、異なる造林地を割り振る必要がある。たとえば、山地地域でニセアカシアを育成させる場合、早生鋸木林を育成する場合には比較的条件のよい立地を割り振り、水土保持林または薪炭林を運営する場合には一般的な造林地を割り振ることができる。南方のタイワンアカマツ（馬尾松）については、大径木生産や早生多収穫林を造成する場合には、比較的条件のよい造林地を割り振り、中・小径木材の生産を中心とする用材林、または水土保持林もしくは薪炭林の場合には、条件が比較的劣る造林地を割り振ることができる。

1.5.3 防護林樹種の選択

防護林樹種は、一般的に成長が早い、樹冠の閉鎖が早い、寿命が長い、防護機能維持期間が長い、常緑であり、根系が発達しており、乾燥や痩せた土地に強い、繁殖が容易、落葉が多く土壌改良効果が高い、と言った条件を備えることが最も望ましい。しかし、以上のすべての条件を一身に有する樹種はないに等しい。また、各種防護林の防護対象が異なれば、樹種の選択に対する要求も異なる。ここでは、主要な防護林の適正樹種を簡単に紹介する。

1) 農地防護林の常用樹種

農地防護林は風害（乾燥熱風、風災、砂嵐など）、平地における霜被害、旱害・水害、雹など自然災害を主な防護対象とする。そのため、農地防護林の樹種には以下の条件を求める必要がある。

(1) 防風能力が強く、風で倒れたり、折れたり、枝末が枯れたりしにくい。また、二次生アルカリ的な区域においては、植物体の蒸散能力高いものである必要である。

(2) 成長が速く、樹の主幹が高く、枝葉が茂り、より速く防護効果を発揮できことと、できれば常緑樹種であることが望まれる。

(3) 深い根を持つ樹種にとって、側根の伸展幅が少なく、樹冠が狭く、防護区内の農作物に及ぼすマイナス影響が少ないことが望まれる。

(4) 成長が安定し、寿命が長く、農作物と共同病虫害を持たないことが必要である。

(5) 木材と他の副林産物を生産でき、比較的高い経済価値を有することが望まれる。

北方地域の農耕地帯に適する樹種は、モンゴルアカマツ（樟子松）、アブラマツ（油松）、ネズミサシ（杜松）、カラマツ（落葉松）、カエデ（槭樹）、シナノキ（椴樹）、ナツメ（棗）、エンジュ（槐樹）、グルミ（核桃）、モクゲンジ（栾樹）、カンリュウ（旱柳）、ノニレ（白榆）、ドネリコ（白腊）、ニセアカシア（刺槐）、ニワウルシ（臭椿）、コヨウ（胡楊）、シンキョウポプラ（新疆楊）、ギンドロ（銀白楊）など。

2) 水土保全林の常用樹種

水土保全林は雨水の地表流出の軽減、水分涵養、土壌侵蝕を防ぐためである。水土保全林の樹種選択には、以下の条件が求められる。

(1) タイプが異なる水土保全林の特殊環境への適応性が高い樹種であること。例えば、傾斜面保護には乾燥及び瘠せ地に強い樹種を選択する。たとえば、ネイジョ(柠条)、ヤマモモ(山桃)、ヤマアズ(山杏)、ヤマナシ(杜梨)、シンジュ(臭椿)など。谷底防護林及び河岸防護林樹種は水分を好み、かつ湿りに強い樹種を選ぶ。たとえば、ヤナギ(柳)、ギョリュウ(桤柳)、サージ(沙棘)など。

(2) 成長が速く、枝葉が発達し、樹冠密度が高いことも望まれる。しっかり落枝落葉層を形成できることも重要である。よって、雨粒が直接地面に接触することを避け、地表を保護することができる。

(3) 根茎が発達し、特に側根の伸展幅が広く、土壌の固定能力が高いことが望ましい。表土が粗しょうで浸食し易いところでは、側根が強い樹種、例えばニセアカシア(刺槐)、ニシキギ(卫矛)、ネパールハンノキ(早冬瓜)またはマンセイ(蔓性)樹種がよい。

(4) 樹冠密度が高く、落葉が豊富で分解しやすく、土壌改良の機能(保水性、地力向上)性が高い樹種であること。たとえば、ニセアカシア(刺槐)、サージ(沙棘)、イタチハギ(紫穗槐)、センダイハギ(胡枝子)など。

3) 防風固砂林の常用樹種

防風固砂林は砂地風食を防ぎ、砂嵐による施設や生産活動への災害を抑制するために造成されるが、砂地の生産力の開発利用も一つの目的である。造林樹種に求める条件は以下の通りである。

(1)強い耐乾燥性、特に枝葉は耐乾燥構造を有する樹木が望ましい。例えば、葉が退化して枝状になっている植物、枝葉には毛で覆われ、気孔が凹んでいたり、葉と若枝の角質層が異常に発達してたりする特徴を持つ植物、また、根系が垂直にも水平にもかなり広がりを持つ植物を選ぶとよい。例えば、コルシンスキームレスズメ(毛条)、モンゴルヤナギ(沙柳)、ハロキシロン・ナンモテンドロン(梭梭)、サバクタデ(沙拐棗)等。

(2)風食、砂埋もれに強く、茎幹にも多くの不定芽を持ち、根元萌芽更新能力または伏条萌芽更新能力が強い樹種が求められる。たとえば、サバクタデ(沙拐棗)など一旦砂埋めなれば、成長力が返って活発になる。このような灌木樹種は沙生灌木または固沙先駆灌木と称す。

(3)強い耐荒蕪能力を持つ樹種が望ましい。これらの樹種類の中には、根瘤細菌を有するものが相当に含まれる。例えば、イワオウギ属のカボウという樹種、サージ(沙棘)、ホソバグミ(砂棗)等がある。

1.6 人工林の構造

1.6.1 人工林の構造の仕組み

人工林の構造とは、林分を構成する植物個体並びに植物群落の時空的分布をいう。林分を構成

する樹種、割合、密度、配置、林冠、根系などの空間的、時系列における状態は様々であるが、その特徴を見出すとき、概ね水平分布状況と垂直分布状況を指標とする。天然林に比べ、人工林は限れた樹種を一斉に植えるのが常であるゆえ、構造的には比較的単純であるが、それでも一定の構造を具えている森林群落である。一方、人工林は人工ゆえ、人為的な設計と育成によって、その構造をコントロールできる。合理的な構造は限れた栄養空間（光、水分、養分）を最大限生かして林分の生産性を高める重要な手段である。また、ある特殊な木材商品を生産しようとするときも林分構造をコントロールして行う。

人工林の水平構造は植栽密度と植栽ポイントの配置によって決まる。垂直構造は樹種構成と樹木の樹齢（苗木の育成年数、植栽年度）によって決定される。林分構成樹種の種類と割合によって、純林と混交林に分けることは一般的である。純林とは、唯一の樹種によって構成されるか、多種の樹種が混生するがそのうち主要樹種の本数或いは蓄積量が林分全体 80%以上を占める場合にいう。そうではない場合は混交林となる。

林分における樹冠層が 2 層以上になる場合は複層林と言う。樹冠層（林冠）が複層になるのは、樹種による樹木の高さの違いと同一樹種を時間をずらして植えることに由来する。

1.6.2 合理的な構造の意義

1) 構造と樹冠閉鎖の関係

樹冠閉鎖（個々の樹冠が隙間なく繋がっている状態）は森林の成長過程における重要な転換点である。樹冠閉鎖によって、林床雑草の繁殖が抑制され、他の樹種の侵入が厳しくなり、林分全体の物理的な強度（強風、積雪などへ抵抗力）が顕著に強くなって、林分が安定した成長期に入るための独自の環境が完成される。この樹冠閉鎖の遅かれ早かれは造林初期の植栽密度で決まると言ってもよいほど重要な役割を果たす。ただし、樹冠閉鎖が早すぎると不利なこともある。育成目的樹種がまた適正な個体に成長していないうちに林分内の栄養空間競争が始まり、間伐や保育を繰り返してこまめに行わないと、林分全体が早々に崩れる恐れもある。林分樹冠の閉鎖をいかにベターな時期に持っていくかは、造林樹種の特長、造林地立地条件、育成目標などのさまざまな面から総合的に考慮しなければならない。

2) 構造と木材生産量の関係

林分の木材生産量には「蓄積量」と「総生産量」の 2 つの内包を持つ。

蓄積量は、端的に言えば、林分から最終的に生産される丸太の体積である。無論、この蓄積量は伐採方式（皆伐・択伐）と伐採時の林分成長年数によって違う。蓄積量は林分の立木 1 本当りの平均材積に本数を掛けたものである。

総生産量とは、その林分から生産されたすべての木材の合計である。簡単に言えば、蓄積量に間伐木の材積を足したものになる。

蓄積量をとるか、総生産量をとるか、また、蓄積量においても、単純に量をとるか、大木をとるかはそれぞれに経営目標に合わせて、林分構造を調整しなければならない。

3) 構造と材質の関係

林分構造を左右する最も重要な因子は造林密度である。造林密度は直接樹木の樹幹形態に形成に多大な影響を及ぼす。また、植栽密度は木材の解剖的構造、物理的性質、化学的性質に対しても影響を及ぼす。適正密度は経営目的によって異なるが、過密も過疎も高品質の木材生産には不利である。

4) 構造と生態的機能の関係

人工林の構造状況は林分バイオマスに大きく影響する。良好な構造をもつ林分はバイオマスが多く、生物の多様性に富み、その分生態的機能の発揮効果も大きい。たとえば、多様な樹種から構成されかつ合理的に配置された群落では、地上部分の樹冠が複層に閉鎖しており、林下は落枝落葉が豊富で、深い根系と浅い根系が相互に組み合わせり、土壌も良好な団粒構造を持つ。このような群落が生み出す森林環境は、栄養構造が複雑で、食物連鎖が長く、高い生産性と安定性を持ち、優れた水源涵養、水土保持、地力改善機能を発揮・維持できる。

1.6.3 混交林の特徴および応用条件

1) 混交林のメリット

- ①光エネルギーと地力がより合理的に利用され、単位面積の生産量が高い。
- ②土地生産性を向上させ、よりよい立地環境を作り出す。
- ③生態的機能の発揮効果が高い。
- ④各種の災害に対する抵抗力が強い。

2) 混交林の局限性

- ①技術的、施工的に複雑で、難度が高い。純林に比べコストがかさむ。
- ②立地条件に対する要求が比較的に高い。
- ③林分に一部の短期的収益効果が下がる場合がある。

3) 混交林の適用条件

(1) 造林（経営）目的において

生態公益林の場合は、森林の環境保全機能と観賞価値を最大限に発揮させることが強調されるので、積極的に混交林を造成すべきである。用材林の場合、木材収益と生態的効果を両立させようとする場合、立地条件や予算が許す限り混交林を多く造成すべきである。経済林の場合は、樹木に十分な日光が必要となるため、通常は混交にしないほうがよい（短期混交は除く）。

(2) 立地条件において

特殊な立地である場合、たとえば、砂漠や荒地、含塩アルカリ地、湿地、標高が高く寒冷山地、または極端に痩せた土地である場合、適用できる樹種が限られているため、一般的に混交林の造成には適さない。

(3) 樹種の特長において

樹幹が直立するタイプであり、自然整枝能力も良好で、成長も安定している樹種では基本的に純林、混交林を問わず適用できる。ただし、病虫害に弱い場合、混交林にすべきである。また、枝分かれが多く、樹幹が湾曲成長しがちの広葉樹は針葉樹と混交すべきである。

(4) 経営レベルにおいて

人工林の集約的に経営が可能な場合、すなわち、中耕、除草、施肥、灌水、病虫害防除、及びその他の育成管理が滞りなく実行できる場合、必ずしも樹種の混交によって造成目的を達成させる必要はなく、純林を造成してもよい。ただし、いくら素晴らしい成長が実現した純林であっても、森林の総合的な効果は混交林とは同列に論じられない。

1.6.4 造林密度と植栽ポイントの配置

1) 造林密度

造林密度とは単位面積の造林地における植樹ポイントまたは播種ポイント（穴）数を指し、通常1ヘクタールあたりの本（穴）数で表わす。設計・施工時に決めたる密度を初期密度と称す。

(1) 造林密度決定の原則

造林密度は定数ではなく、経営目的、育成樹種、立地条件、育成技術、育成時期などの要素に伴い変化する数量の範囲である。合理的な造林密度は、樹種が一定の立地条件や育成条件の下で、経営目的に基づいて最大の経済効果、生態効果、社会効果を獲得できるようにならない。そのため、造林密度を確定する際には、以下の5点を総合的に考慮する必要がある。

① 樹種の特長

林分密度の高低は、樹種の好光性、成長の遅速、幹形、分枝の特徴、樹冠の大小、根系の特徴といった一連の特性に関係する。一般的に言えば、好光性の樹種は密度を低くし、日陰に強い樹木は密度を高くするとよい。さらに言えば、成長が早い樹種は低密度で、逆であれば高密度で植える。幹形が直立型の樹種は密度を低く、幹形が曲りやすい樹種は密度を高くする。分枝が少なく自然整枝能力が高い樹種は低密度で、逆であれば密度を高くする。また、樹冠幅や根系が大きい樹種は密度を低く、反対の場合は高くするとよい。もちろん、ここではわかりやすく説明するため、個々の特性を抽出して論じたが、実際に合理的な密度を検討するとき、樹種の諸特性を総合的に考慮しなければならない。

② 経営目的

用材林の場合、主幹の直立かつ迅速な成長に有利な林分構造が求められるので、それに合わせて造林密度を決める必要がある。具体的には生産しようとする木材が大径木か、中間径木か、小径木かによって、密度が高くなっていく。

果実生産目的の経済林では樹冠に十分陽当たりは必要で、また、間伐などによる本数調整もないので、造林密度は低く設定する。反対に樹皮生産目的の経済林では、生産量は樹幹の大きさに関係するので用材林と同様にできる。樹葉生産目的の経済林においては、密植して短期間内のできるだけ大量収穫を図る。薪炭林も比較的多いバイオマスを早く収穫することが求められるため、密植する必要がある。

防護林でも防護作用をよりよく発揮させるために、バイオマスの早期多産が望ましく、通常密植する。ただし、防護林のタイプによっては若干異なる場合もある。水土保持林と防風固砂林では、林分が林地を早く覆うことが求められるので、高木と低木を混交した複層構造を形成するとよく、高木と低木の全体的な密度を引き上げる必要がある。農地防風林は一定の透過率が必要のため、密植は適さない。

包括的に言えば、果実生産林の密度は低く、用材林の密度は中間位で、防護林と薪炭林の密度は高くすべきである。ただし、密度の高低はあくまでも合理的な密度の範疇の中において決めなければならない。

③立地条件

比較的湿潤な地域においては、単位面積当たりに許容できる一定直径階の林木本数から判断する場合、立地条件のよい場所ではより多くの本数の育成が可能で、逆になればその本数は少なくなる。しかし、経営的視点からみると、ちょうど反対となる。立地条件のよい場合は林木の成長が早く、しかも大径木の育成に適するため、造林密度を低くしたほうがよい。逆に、立地条件が悪い場所は林木の成長が遅く、中・小径木の育成に適するため、造林密度を高くする。

乾燥・半乾燥地域で、林分密度を確定する基となるのは、降水・植物利用できる地下水資源の容量である。すなわち、一定の降水・地下水資源が許容できる樹木の数量（樹種ごとの本数）は、その林分の各発育段階における最大の林分密度となる。この問題は極めて複雑であり、時と場所、植物種によって異なり、かつ常に変化している。この分野における研究は、ある程度の結果は出ているが、実用的な成果までは到達していない。ただし、常識に見れば、水資源が乏しい地域では過密にならないように十分気を配る必要がある。

④造林技術と保育レベル

苗木の品質がよく、整地及び植付けが念入りに行われ、保育は多くかつ丁寧に実行されれば、林木の成長は自然と早くなるため、疎植が望ましい。これと逆の場合には、相対的に密植が求められる。ただし、短伐期を採用して小径木を育成する繊維用材林と薪炭林は始めから密植した方がよい。

⑤経済的要素

合理的な密度を選択する際に、費用対効果をも十分考慮しなければならない。たとえば、小径木材の市場の見通しがよく、早期間伐を実施する交通・労力・機械条件もあり、利益が確保できる場合、比較的高密度を設定して造林を行うことができる。上述の諸条件が揃わない場合には造林密度を低くすべきであり、ひいては主伐時の密度を造林密度とする必要がある。

表 3. 北方地区の主な植生樹種の植樹密度（本/ha）

樹種	防護林（生態公益林）	用材林（商品林）
チョウセンゴヨウ(紅松)	2200～3000	3300～4400
カラマツ（落葉松）	1500～3300	2400～5000
モンゴリマツ（樟子松）	1000～2500	1650～3300
トウヒ（雲松）、モミ（冷杉）	1667～6000	2000～6000
コノテガシワ（側柏）	1111～6000	1111～6000
アブラマツ（油松）、ハクヒマツ（白皮松）	1111～5000	1111～5000
クルミ（胡桃）、トネリコ（白蠟）	625～3300	500～6600
ポプラ	250～3300	156～3300
ニセアカシア（刺槐）	1000～6000	833～6000
キリ（桐）	400～900	195～1500
カエデ（楓樹）類、ウルシ（漆樹）類	625～1500	400～833
エンジュ（槐樹）、ソウシジュ（相思樹）	800～3300	195～1500
ムレスズメ（樺条）、スナヤナギ（沙柳）	1000～5000	1240～5000
ヤマモモ（山桃）、ヤマアズキ（山杏）	350～1000	833～1000
サージ（沙棘）、イタチハギ（紫穗槐）、サイカチ（山皂角）	800～3300	1650～3300

2) 造林密度の確定方法

造林密度を決定する際には以下の方法を用いることができる。

①経験法

過去のさまざまな密度の林分が、その経営目的を満たすうえで獲得してきた成果から、その合理性や調整が必要な方向と範囲を分析判断し、そこから新しい条件の下で採用する初期密度と経営密度を確定する。この方法を用いる際には、意思決定者が十分な理論知識と生産経験を持ち合わせている必要がある。そうでない場合には、あまりに随意的すぎる。

②試験法

異なる密度の造林試験の結果から、適切な造林密度と経営密度を確定する。この方法が密度を確定するうえで最も確実である。ただし、少なくとも輪伐期の半サイクル（できれば輪伐期の完全な1サイクル）過ぎないと結論が出ない。しかも、試験林の造成に多くの精力と財力がかかるため、各樹種を各条件の下でそれぞれ試験することは不可能である。したがって、一般的にはい

くつかの主な造林樹種に対して、その樹種の典型的な成長条件で密度試験を行うしかなく、その試験から密度の効果や法則、ならびに主なパラメータを調べて生産の指針とする。

③調査法

既存の森林に異なる造林密度で造成した林分が存在する場合には、各密度の林分成長発育状態を調査した後、統計分析の方法を使用すれば、密度試験林から提供されるものに近い関連パラメータが得られる可能性がある。この方法も比較的幅広く使用されており、有益な成果が多くあがっている。調査を行う際に重点となる項目は次のとおりである。樹冠の拡大速度と閉鎖期限との関係、初期密度と最初の疎伐開始時期との関係、密度と樹冠の大きさ・直径成長・個体体積成長との関係、密度と既存の蓄積量・材積成長量・総生産量との相関関係など。こうした法則を把握すれば、造林密度を確定しやすくなる。

2) 植樹ポイントの配置

植樹ポイントの配置とは、造林地の播種ポイントまたは植栽ポイントの間隔およびその配列方式を指す。同じ造林密度において異なる配置方式を採用することができ、これによって異なる林分構造が形成される。合理的な配置方式は、日照を有効利用し、樹冠と根系をバランスよく発育させ、より早くより多く収穫できる。

(1)列状配置

1)列状配置

この配置は樹木の均等な分布が得られる。栄養空間を有効に利用でき、樹幹の発育が比較的良好、育成管理が行いやすいため、現在最も幅広く応用されている。列状配置はさらに以下の3つの方式に分けることができる。

①正方形配置：植樹ポイントは正方形の頂点に位置する。この配置は植栽や管理がしやすく、樹木の分布や成長が比較的均等かつ整然となり、平地または緩やかな傾斜地で用材林や経済林を造成する際によく適用される。

②長方形配置：この配置は間作向きで、保育や機械作業が行いやすい。ただし、長辺の間隔が大きい場合、しばしば樹冠の偏りが生じて樹幹の丸みに影響を及ぼす。山地で長方形配置をする場合には、植樹の列方向と等高線とを一致させる必要がある。風砂地域では、列方向を主風方向に垂直とする必要がある。平原地域では、南北方向の列が東西方向の列より光エネルギーをより十分利用することができる。

③三角形配置：「品」字型配置とも称される。水土保持林や防風・飛砂防止林を造成する場合には、しばしば三角形の配置が用いられる。この配置は樹冠が均等に発育しやすいうえ、防護作用を発揮させやすい。特に正三角形の配置にすると、樹木間の距離が最も均等になり、光を最も効率的に利用できる。さらに、植栽本数が正方形の配置より15%多く植えられる。正三角形の配置は平地や、間伐を行わない経済林・果樹栽培・造園緑化などに最も適用される。

2) コロニー配置

コロニーの配置はクラスタ式配置や植生グループ配置とも称される。樹木は造林地で不均等な群れ（クラスタ）の分布を呈し、コロニー内には樹木が密集しているが、コロニーとコロニーとの間の距離が比較的離れている。コロニーの大きさは微小環境に応じて、3～5本ないし十数本、またはそれ以上とする。コロニーの配列は規則的でも不規則でもよい。この配置方式は、コロニー内の樹冠を早く閉鎖させることができ、外界のマイナス的環境要素の影響から守るうえで有利となる。ただし、光エネルギーの利用や林木の成長の面では、いずれも列状配置より劣る。一般的に、防護林や風景林の造成、立地条件に比較的劣る地域の造林、跡地の更新や林分の改造において、一定の応用価値がある。

1.7 混交林の造成

人類の森林に対する認識が徐々に深まり、森林の公益的効果への重要性が日々高まるにつれて、混交林の造成は今では世界中でブームとなっている。中国が2006年に公布した『造林技術規程』（GB/T15776 — 2006）では、「人工林の抵抗機能や総合効果を高めて、林地の生産力を維持し引き上げるために、その土地に適した混交林を造成する必要がある。国が特定した灌木林地域以外、生態公益林の混交林を造成する割合を生態公益林の年度作業設計総面積の30%以上としなければならない」と述べている。しかし、混交林の造成は純林の造成とは異なり、混交林を造成するためにはより厳密に検討された造林密度や植樹ポイントの配置方式を設計しなければならないだけでなく、混交樹種を適切に選択して、合理的な混交比率と混交方法を確定し、樹種間の関係を適正にコントロールしていかなければならない。

1.7.1 混交林樹種の選定

混交林の構成樹種を主要樹種、随伴樹種、灌木樹種の3つに分けることができる。そのうち、随伴樹種と灌木樹種は混交樹種という。主要樹種と主要樹種を混交する場合だけ、主要樹種も混交樹種と称す。

主要樹種は育成する目的樹種であり、期待される機能において、その発揮効果が最も高い。たとえば、防護林においてはその保全効果が最も高く、用材林においては経済価値が最も高い。

随伴樹種は主要樹種の成長に有利な条件を創り出すための高木樹種であり、補佐樹種或いは二次的樹種ともいい、主に空間調整、主要樹種保護、土壌改良など役割を果たす。随伴樹種は一般的に耐陰性にすぐれているが、最終的には淘汰される。

灌木樹種は一定の時期に主要樹種と共存し、主要樹種の成長に有利な条件を創り出す。灌木樹種の主な作用は、密生している枝葉で雑草の繁殖を抑制し、林床を保護し、土壌を改良する。同時に水土流失に防備にも大きな役割を果たす。

1) 混交方式の基本タイプ

(1) 第1林層の主要樹種間の混交

どちらの主要樹種で、両樹種ともに第1林層の高木であり、通常両樹種とも好光性であって、このタイプを高木混交型とも称す。経済的価値が比較的に高いが、樹種間の競り合いが激しい。

(2) 主要樹種と随伴樹種の混交

第1林層をなす主要樹種と第2林層をなす随伴樹種の混交関係であり、主・伴混交タイプともいう。この混交の組み合わせは比較的に安定しており、樹種間の関係は比較的に穏やかである。

(3) 主要樹種と灌木の混交

主要樹種と、土壌改良及び土壌保護のための灌木種との混交であり、高・灌混交タイプという。この樹種間の関係では、造林初期(林分が閉鎖した直後)の樹種間の競り合いが激しいが、高木が灌木層から抜き出した時点で安定に転じる。耐陰性の低い灌木を使用した場合、その混交作用が働く期間は短くなる。

(4) 多種類樹種の混交

主要樹種、随伴樹種と灌木樹種の3者混交であり、総合混交タイプともいう。上述3タイプの混交方式の特徴を兼備している。

2) 混交樹種の選択

混交林造成を成功させるキーワードは混交樹種の選択である。混交樹種（特に随伴樹種と灌木樹）正しく選択してこそ、主要樹種の期待通りの成長の実現を効果的に“助けられる”。仮にその選択を誤れば、主要樹種を抑制、ひいては排除してしまう結果を招くことになりかねない。これまで扱われた経験のない新たな樹種を混交樹種（随伴樹種）にしようと考えた場合、まずは実験植栽などの検証を行うことを強く勧める。実際、混交樹種を選定するに当たり、以下のことに注意を払わなければならない。

- (1) 混交樹種が主要樹種の林学特性上と補完性を持つこと。例えば、速成と遅成、好光性と耐陰性、常緑と落葉、深根と浅根など。よって、両者間の生存競争を緩和させる。
- (2) 混交樹種は主要樹種の良い樹形形成を補佐できることと土壌保護・改良の作用を有すること。
- (3) 混交樹種であっても、より高い生態、経済、美学価値を持つべきである。つまり、脇役でありながら、主要樹種の役割も兼ねていること。
- (4) 混交樹種は山火事や病虫害に強いほどよい。特に主要樹種と共通の病虫害を持つてはならない。
- (5) 混交樹種は萌芽性が高く、繁殖が容易であること。そうであれば樹種間の量的調節を随時行っても容易に元通りに回復できる。

以上述べた条件を全て備えている樹種はほとんどないといっている。理想的な混交樹種を選択することは決して容易なことではない。だからといって、混交林の造成を諦めてならない。実践においてはその立地条件や経営目的に絞って、ポイントとなる課題をクリアできればよい。

北方における混交効果が比較的良好な樹種の組み合わせは以下の通りである。

- ① チョウセンゴヨウ（紅松）＋トネギコ（水曲柳）、マンシュウグルミ（核桃楸）、ハンノキ（赤楊）、ギハダ（黄波羅）、イタヤカエデ（色木槭）、モンゴルナラ（蒙古檜）など；
- ② カラマツ（落葉松）＋トウヒ（雲杉）、モミ（冷杉）、アカマツ（赤松）、モンゴルアカマツ（樟子松）、カバ（樺）、チョウセンヤマナラシ（山楊）、トネギコ（水曲柳）、ハンノキ（赤楊）、ヤマハギ（胡枝子、山萩）等；
- ③ アブラマツ（油松）＋コノテガシワ（側柏）、アベマキ（栓皮檜）、リョウトウナラ（遼東檜）、クネギ（櫟）、ニセアカシア（刺楸）、マンシュウカエデ（元宝楓）、ムクゲ（椴樹）、エゾヤマハギ（胡枝子）、マルバハゼ（黄櫨）、イタチハギ（紫穗楸）、サージ（沙棘）、チュウゴクハマゴウ（荆条）など；
- ④ コノテガシワ（側柏）＋マンシュウカエデ（元宝楓）、カイノキ（黄連木）、シンジュ（臭椿）、ニセアカシア（刺楸）、マルバハゼ（黄櫨）、サージ（沙棘）、イタチハギ（紫穗楸）、チュウゴクハマゴウ（荆条）など；
- ⑤ ポプラ（楊樹）＋ニセアカシア（刺楸）、イタチハギ（紫穗楸）、サージ（沙棘）、ムレスズメ（樺条）、エゾヤマハギ（胡枝子）等。

1.7.2 合理的混交率の決定

混交林における各樹種が占める割合を混交率と称す。混交比率は林分における樹種間の“勢力”の優劣関係、林分全体の成長効果に直接かかわる。したがって、合理的な混交率をいかに見出すかは極めて重要である。

天然林において、それぞれの樹種の性質と植生競争原理の基づいて、種と数は常に変化し、次第に淘汰されてしまうものもある。人工林でも同様の現象が起こり得るが、人為的にコントロールして、目標とする森林に育成することができる。このとき、混交率重要な役割を果たす。そのため、混交率の決定する際、以下のことを十分考慮して決めるべきである。

(1) 主要樹種が常に優勢を保てるようにしなければならない。そのために主要樹種が量的に多数（50%～75%）を占める必要がある。混交樹種の役割は土壌改良や病虫害防止、或いは防火垣など限定されたものである場合、混交率は25%～30%、ないしもっと低く設定してよい。

(2) 主要樹種は競争力強いものであれば、その割合を適宜減らすことができる。例えば、主要樹種は光好性で成長が早い場合、本数を減らしても生産量に殆ど影響しないので、50%以下にしてもよい。

(3) 混交率は立地条件によって異なるべきである。立地条件がよい場合、非主要樹種の割合をより低く設定した方がよい。灌木樹種より随伴樹種を多めに取り入れる。立地条件が比較的に悪い場合には伴生樹種を外しか割合をかなり抑えた方がよい。代わりに灌木樹種の比率を適宜増やす必要がある。

1.7.3 合理的混交方法の設計

混交方法とは混交林の造林地における各樹種の配列形式を指す。混交方法が異なれば、樹種間の関係や林分成長も異なるので、生物学及び経済学の面では重要な意義を持つ。一定の混交率を異なる混交方法で実現することが可能であり、その混交方法の確定後、混交率も実際に確定される。主要な混交方法は、交互、行間、帯状、規則的な塊状、不規則的な塊状、星状（散点状）及び群状（植生群）の多数形式がある。無論、各形式を組み合わせて利用することもできる。ただし、これらの混交形式はただの機械的な配列、組み合わせになってはならない。混交方法を設計する際、育成の目標構を明確し、それぞれの樹種の生物学特性と樹種間の関係を十分認識したうえで、科学的に配置しなければならない。常用の混交方法は以下の通りである。

1) 交互混交

これは行内混交とも隔木混交とも称され、同じ植樹列内に1本置きに2種類または2種類以上の樹種を植える方法である。樹間混交した異なる樹種の間では相互影響が比較的早く現れる。樹種の組み合わせが適切であれば、補完などの作用が比較的早く生じ、樹種間の関係はプラス的に働く。樹種の組み合わせが不適切だと、樹種間の矛盾が早々と現れ、深刻の場合、その調整も難しい。同時に、この混交種の造林方法は施工が繁雑であり、機械化造林には不利である。実際の大量の混交林造成ではそう多く利用されていない。小面積の高木と灌木の混交タイプではよく利用される。

2) 行間混交

これは隔列混交とも称され、ある樹種の1列とその他の樹種の1列を交互に植える混交方法である。交互混交に比べ、この形式では樹種間の衝突の表れが遅く、混交の正負効果は通常樹冠が閉鎖してから始めて認められるようになるが、それらの調整は容易である。作業も行いやすいので、各種の混交タイプによく使用される。

3) 帯状混交

ある樹種を続けて2列以上植えて構成した「帯」を、その他の樹種が構成する「帯」と交互に植える混交方法である。帯状混交の樹種間の影響は、隣り合った帯に近い列で最も早く現れ、帯の内側の列の樹種間の影響は比較的遅く現れる。そのため、造林の初期によく発生する、ある樹種が他の樹種に抑制されるといった状況が現れにくく、調整も容易で、造林作業もしやすい。したがって、互いに衝突し易い樹種間、造林初期の成長速度の差が大きい樹種間、好光性樹種と耐陰性樹種間の混交によく利用される。成長が旺盛な随伴樹種は「帯」を成さず一列に植える場合もある。

4) 星状混交

少量の場合、混交樹種を他の樹種が群生する中に分散させて植える方法である。時には他の樹種列の中に一定間隔（1本置きないし数本置き）に植えこむ場合もある。これらの散らばって植える樹種は一般的に好光性であったり、菌根を持ったりして、日射調整や土壌改良の機能を働く。既存の造林地や要改良天然幼齢林に適用する。

5) 塊状混交

一つの樹種を一団塊に植え、その団塊を混交させる植栽方式である。平坦地や整然とした傾斜地では団塊が規則的になっていて、規則的な塊状混交といい、地形がこまごまと不規則になっている場合はその微小地形を一団塊とするので、不規則塊状混交という。一つの団塊は 25~100 m²が一般的である。この方式は植栽後長らく樹種間の衝突を効果的回避できるので、相性があまり良くない樹種どうしの混交や、こまごまに分断された造林地に利用される場合効果的である。

第2章 造林施工技術

2.1 造林地の地拵えの技術

2.1.1 造林地地拵えの概念と意義

造林整備とは土壌を耕耘する前に、造林地上の灌木、雑草、雑木、竹類などの植生を除去する、または伐採跡地上の伐採の残骸（小枝、梢端、伐根、立木、倒木など）を除去する、といった造林地を整理する一連の工程を指す。造林地の雑草、灌木、伐採の残骸などの除去には以下の意義がある。

1) 造林地の衛生状況の改善

造林地上の枯枝落葉、倒木、立木などの伐採残骸などは病虫害が繁殖する温床となり、しかも燃えやすいため森林火災を招きやすい。

2) 造林の整地作業条件の改善

造林地上の倒木や伐採の残骸は整地作業の障害となる。それらを取り除いておけば整地作業がしやすく、整地の質が向上する。

3) 播種や苗木植樹作業の便利さの確保

播種や苗木植樹作業は工程が比較的複雑であり、灌木の小枝が大量に残っていると作業がさらに難しくなることがあるので、こうした障害物を取り除いておく必要がある。

4) 幼齢林保育などの作業の便利さの確保

幼齢林保育には主に除草、耕耘、灌水、施肥などの項目がある。林地の地拵えは、すなわち幼齢林保育の基礎となるため、適切に実行することで幼齢林保育の実行の障害を減らすことができる。

造林地の整備は、雑草や灌木が生い茂った造林地、伐採の残骸が積み重なった造林地、林地を整理しないと地拵えができない造林地、または整地しにくい造林地に適用される。そのため、植生の密度が比較的粗く背が低いか、または跡地上の残骸量が少ないため、植え穴掘りあるいは掻き起こしにあまり影響を及ぼさない場合には、整備を単独で行なわなくてもよく、しばしば土壌の耕耘と一緒に行なわれる。

2.1.2 造林地の地拵え方式

1) 地拵えの方式

(1) 全面地拵え

全面地拵えとは造林地全体の雑草、灌木、伐採残骸をすべて除去する整備方式である。使用す

る地拵え方法として、刈払い、火入れ、化学的方法を使用することができる。全面地拵えは整備効果に優れているが、労力がかかり、同時に造林地上の植生をすべて取り除くと、造林地の保護が失われて土壌流出が生じやすくなる。

全面地拵えは病虫害が比較的深刻な造林地や、集約的に経営する商品林、たとえば成長が早く収穫の多い商品林の造林地にのみ適用される。

(2)坪刈地拵え

坪刈地拵えとは、植樹ポイントを中心にブロック状にその周囲の植生や伐採の残骸を整理する地拵えである。使用する地拵え方法は、主に刈払いと化学薬品処理である。整備の団塊は通常円形とし、半径を約 0.5m とする。

坪刈地拵えは、労力が少なくコストは低い、効果が劣る。そのため、生産のうえで病虫害が少なく雑草や灌木の密度が低く傾斜が険しい造林地、または耐陰性樹種の造林にのみ使用される。

(3)帯状地拵え

帯状地拵えは、植樹列を中心に帯状を呈してその両側の植生を整備し、伐採の残骸または除去した植生を保留地帯（整備しない地帯）に帯状に積み上げる整備方式である。使用する地拵え方法は、主に刈払いと化学薬品処理である。

帯状地拵えにおいては優れた造林地整備効果が得られ、同時に保留地帯の存在により土壌の流出を防ぐことができる。また、幼苗や幼樹を保護して、造林の活着率を引き上げることができ、幼樹の効果的な成長に有利となり、生産において広範に応用されている。

2)造林地の地拵えの方法

造林地の地拵え方法とは、地拵えに際して使用する手段と措置のことである。地拵え方法は、刈払い地拵え方法、野焼き地拵え方法、堆積地拵え方法、化学薬品地拵え方法の 4 つの方法に分けることができる。ここでは、最もよく使われている刈払い地拵え方法と堆積地拵え方法についてのみ説明する

(1)刈払い地拵え方法

刈払い整備とは造林地上の雑木、雑草、灌木、竹類などを刈払い、切り倒して処理する造林地の地拵え方法である。処理の方法として、刈り取った灌木・草木植物や、伐採の残骸を焼却処理または積み重ねて処理する。利用価値のある小直径の樹木は運び出して利用する。雑草や灌木も薪やその他の加工原料用として運び出すことができる。

刈払い地拵え方法は労力が必要で時間もコストもかかる。ただし、簡単で実施しやすいため広範に応用されている。主に幼齢の雑木林、灌木、雑草が茂っている荒山荒地や、植生がすでに回復している伐採跡地に用いられる。刈払い工具の種類は多く、現在中国で比較的多く使用されているのは手動工具（かま、なた、など）や刈払い機である。外国の広い面積での作業にはブルドーザー、チップパー、刈払い機、せん断カッター付きのキャタピラ式トラクターがよく使用される。

刈払いの時期は、植物の栄養成長が旺盛で、まだ結実しておらず種が成熟していない、地下に

蓄積される物質が少なく、茎や幹が乾燥しやすい季節を選んで行う必要がある。そうすれば、雑草や灌木の芽生えが少なく、地拵えの効果を引き上げられる。地拵えの具体的な時期は春、または夏の終わりから秋の初めがよい。刈払い地拵え方法は、よく带状地拵えと組み合わせて行なわれ、「刈帯」もしくは「打帯」とも称され、造林地の整備によく用いられる方式・方法である。「刈帯」は幼齡林保育においても下刈方法としてよく用いられ、「刀拵」とも称される。

(2)堆積地拵え法

堆積地拵えとは伐採の残骸と刈り取った雑草や灌木を、一定の方式で造林地に積み重ね、これを放置し腐らせて分解する方法である。堆積地拵えは、有機質や各栄養元素を破壊することがなく、土壌の改良機能にとってもプラスとなる。ただし、堆積期間が長すぎる場合、または残骸の直径がかなり大きい場合には、こうした残骸はネズミ類などの害獣や病害虫の住処となり、樹木の健康を損ねる可能性がある。

堆積地拵え方法は主に人工更新が必要な伐採跡地に適用される。しかし、伐採の残骸が比較的多く、病虫ネズミ害が比較的深刻な造林地では慎重に使用する必要がある。

堆積地拵えは堆積方法に基づいて「堆腐法（小範囲に積み上げて自然に腐らせる方法）」、「帯腐法（带状に積み上げて自然に腐らせる方法）」、「散腐法（細かく切ってばらまき自然に腐らせる方法）」に分けることができる。堆積地拵えは伐採跡地を整備する主な方法であり、関連項目で詳しく述べているため、ここでは説明はしない。

2.2 造林の耕耘整地技術

2.2.1 造林整地の作用

土壌を掘り返し、造林地を改善する工程であり、造林前に造林地の処理をする重要な技術措置である。特に土壌が貧しく、気候が乾燥する山地造林に対して、整地基準と質量は造林成功できるかどうかのポイントである。造林の各施業項目にとって、整地は工事量が最も大きく、施業難度が最大である項目である。また、同時に、整地は、人工林の成長期間に1度だけできる。整地効果の長期の維持が求められ、造林整地の質・量に対する要求がより高くなっている。

整地の作用は以下のいくつかの面に現れることである。

1) 立地条件の改善

掘り返された土壌は物理性が改善され、土壌の孔隙率が増大、浸透性が高まり、降水は深層に浸透しやすくなり、有効的に保存され、地表流が減少する。土壌の三相（固相・液相・気相）比率が調整される。土壌の物理性質上の改善は、土壌の微生物の活動にも有利で、元素の循環を加速、養分の効果が早く現われる。土壌が痩せた造林地では、整地が土層を厚くし、植え穴の養分供給力が増加する。乾燥した造林地での整地は、土中の水分を一定に保ち、作物の成長に効果的である。

2) 水土保持機能の増強

土壌浸食が深刻な地域では、整地は造林、植栽という生物的措置の一部であり、有効で簡単な工学的措置でもある。土壌の透過性が増加し、地表流を減少させる。微地形の変化、たとえば溝、くぼみの形成で、地表流の速度が有効に低下する。実際に水平溝、魚鱗坑、水平段丘、「撩壕整地」などの方式が水土保持の中心となっている。

3) 雑草および病虫害の減少

造林整地で植え穴周囲の植生を取り除くと、雑草、灌木、および幼苗・幼樹の競合が少なくなり、土壌水分と養分の消費を抑えられる。整地が病虫害の繁殖しやすい環境を破壊し、被害を軽減する。

4) 植樹作業に有利

整地で植え穴周囲の雑草・灌木を取り除き、微地形が変化すると、植え穴の配置を合理的に進めるのに有利である。土壌は深く掘り返されることで、人工植栽過程で労力を節約し、作業手順を省略できる。整地が規格要求に達した場合は、根絡みおよび覆土不足が減少し、造林の成績向上に有利である。

5) 造林活着率の向上

整地を経て、土壌条件が大きく改善されると、幼苗・幼樹の成長を促進し、特に立地条件が劣る造林地では、土壌の水分・熱収支条件が改善、地力が増加し、播種後の種子発芽、または植栽後の発根、活着に有利である。整地により植生および樹木の栄養と空間の競争が減少し、幼齡木の正常な成長発育を助ける。

2.2.2 整地の時期

整地に適した季節を選ぶのは、外界の有利な環境条件を十分に利用し、不良要素を回避して、良好な整地効果を得る措置である。造林地の自然条件および社会経済条件を分析したうえで、適した整地の季節を選択するのは、整地の質の向上、経費支出の節約、労働強度の軽減、造林コストの低下、苗木の確実な活着および幼苗の成長促進にとって、重要な意義をもつ。

1) 自然条件である季節の変化に基づく整地時期の確定

全国の多数の地方についていえば、1年中いつでも整地できるが、中国北方地域の冬は非常に寒く、土壌は凍結していて整地を行なうことができない。気候条件の変化により、季節によって整地効果も明らかに異なる。

(1) 春季の整地

北方では春の気温が高く、空気が乾燥し、風速も比較的高い。また、土壌の水分蒸発量も多いため、凝結が起きやすく、整地効果も比較的劣る。同時に春季の整地は農業生産と重なり、労働力が不足するため、滅多に採用されない。

(2) 夏季の整地

夏季は気温が高く、十分な雨量があり、土壌の掘り返しは残った草木の腐乱分解に有利で、土壌改良能力も高く、容易に保水および地力を向上させられる。このとき、雑草・灌木はちょうど成長が旺盛な時期にあり、萌芽力が弱く、種子も未熟で、この季節の整地は雑草・灌木の被害をなくすのに有利である。このため、夏季（真夏）の整地が最も効果的である。夏季の整地は雑草の種子が成熟する前に土壌に埋め込まれ、高温下で腐乱を早めるよう、真夏になる前に行なう。

(3) 秋季の整地

秋季の整地を行なった後は、ひと冬の凝結風化を経て、土壌が軟らかくなり、孔隙率が増加する。また、秋季の整地は雑草・灌木の根系が切断され、種子が土中に深く埋まり、幼虫と虫の卵が地表に出て凍死するため、雑草・灌木および病虫害を軽減、または消滅させるのに効果的である。森林地帯では労働力の調整がしやすい秋季に行われることが多い。掘り返した後は、ならし作業をせず、翌年春季の氷が溶ける前に土をほぐし、ならした後に植林できる。

2) 植林時期により整地時期を確定

(1) 随時整地、随時植林

整地後すぐに植林する方法で、極端な例では整地しながら植林する。整地と植林の時間間隔が短いか、または基本的に間隔がなく、整地効果が間に合わないため、一般的には採用されることが少ない。北方のある地区ではこの方法を禁じている。しかし、土壌が厚く肥沃で、植生率が低い新伐採跡地や風食が軽い砂地、または荒れた草原では、満足のいく植林効果が得られる。これは新伐採跡地の立地条件が優れ、土壌の知力、水分、熟条件が林木の成長に有利なためであるが、早すぎる整地は逆に水分の散失を招き、悪い影響を及ぼす。砂地の事前整地も風食を増加させる可能性がある。

(2) 事前整地

少なくとも植林の 1,2 季節前までに整地を行なう。残った植物の腐乱分解に有利で、土壌の有機質を増やし、土壌構造を改善する。土壌の水分状況を改善し、特に乾燥・半乾燥地域での事前整地は、水分を多く含む湿潤な土地に変え、造林の活着率向上に重要な役割を果たす。また、農作業との調整がしやすい。一般的には春季が主な植林時期であるが、各種農作業が集中する季節でもあるため、事前整地は繁忙期をずらすことができる。

事前整地は一般的に植林の 3 カ月から 1 年前に行う。春季に植林するためには前年夏季または秋季に整地する。雨季の植林は前年秋季に整地し、春の干ばつがない地区ではその年の春季に整地できる。秋季の植林ではその年の春季に整地するのが最適である。春季の整地後はマメ科作物を植えると、雑草の大量発生を避け、土壌条件を改善し、ある程度間作による収入も得られる。

要するに整地季節と植林季節の関係には、生物学上の問題および技術的な問題があり、具体的な状況に合わせて実施を決定しなければならない。

2.2.3 整地の方式と方法

1) 全面整地

全面整地は土壌をすべて掘り返して整地する。造林地の灌木・雑草・竹類を徹底的に取り除くことができ、明かに造林地の立地条件を改善し、機械化作業の実行、または穀物の間作がしやすい。労働力が多く必要で、投資も大きく、土壌浸食の発生を招きやすい。施工中は地形条件(勾配)、環境(石・伐根・更新した幼樹など)、および経済条件の制約を受ける。

全面整地は地形が平坦な草原、草地、干潟、アルカリ性土壌、および風食のない固定砂地の造林地に適用される。北方の草原、草地では雨季前に全体を耕し、雨季に再度耕す。その年の秋季または翌春にならず休閑期整地方法である。南方の熱帯草原の平らな台地では、晩秋・初冬に耕して、翌春に植林する事前整地方法が用いられる。干潟、アルカリ性土壌は基本的に緑肥植物を植えて土壌改良するか、または灌漑によりアルカリ性を溶脱させ、深く掘り返す。平坦な造林地の全面整地は農耕地の整地と似ている。

全面整地で条件が限定されるのは傾斜度、土壌の構造、および母岩である。花崗岩、砂岩など母材に発育した軟らかい、または植生がまばらな場所では、傾斜度が8度以下に限定される。土壌の性質が強粘質および植生被覆率が高い場所では、傾斜度は15度を超えないほうがよい。

南方でも北方でも、全面整地は大規模な土地(連なった大面積の土地)で行なうべきではない。広すぎる面積、長すぎる斜面、山頂、山の中腹、および麓などの部分は、適度に植生を残さなければならず、それは一般的に等高線に沿って帯状に分布させる。また、傾斜度が大きい全面整地が必要な場所は、必ず水平段丘と組み合わせて行う。

2) 部分整地

部分整地には帯状整地とブロック状整地がある。

(1) 帯状整地

造林地で細長く土壌を掘り返し、掘り返した部分の間に一定幅の植生を残す整地方法である。この方法は機械化作業に便利で、立地条件の改善にも役に立つ。整地面積は小規模で済み、土壌浸食が発生しにくい上に、作業も省力化もできる。

帯状整地は主に風食がないか、または風食が軽微な地域に適用される。伐根およびその他、障害物が比較的少ない伐採跡地、傾斜度が緩いか、または傾斜度が大きくても斜面が比較的平らな山地および黄土高原、林の空き地または樹冠の下の造林地に適用される。平原地区、または平坦地区での帯状整地は多くが機械化作業を採用し、山地または伐採跡地でも相応の機械設備があるが、現時点ではあまり普及していない。

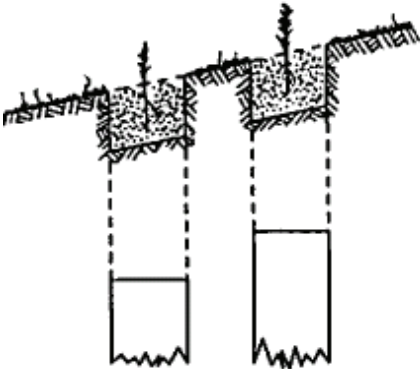
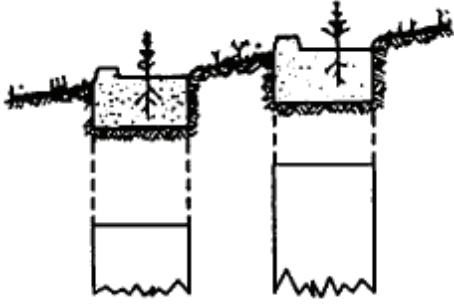
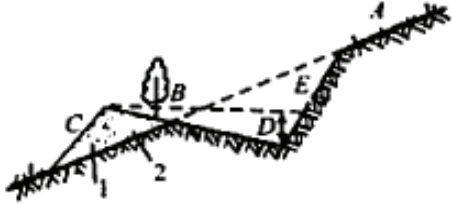

(2) ブロック状整地

移植点を中心としてブロック状に土壌を掘り返し、地形を整理する方法で、柔軟性があり、作業の省力化が可能で、コストも低く、土壌浸食を引き起こす可能性は低いが、立地条件の改善効果も高くはない。各種立地条件、特に砕けた地形の場所、傾斜度が比較的大きな場所および岩石

がむき出しであるが部分的に土層が厚い石質の山地、伐根が多い跡地、植生が繁茂した山地などに適用される。山地で採用される整地方法には穴状、ブロック状、および魚鱗坑がある。平原ではブロック状、坑状、高台などが採用される。

具体的な整地方法、規格、適用条件などは表4、5を参照する。

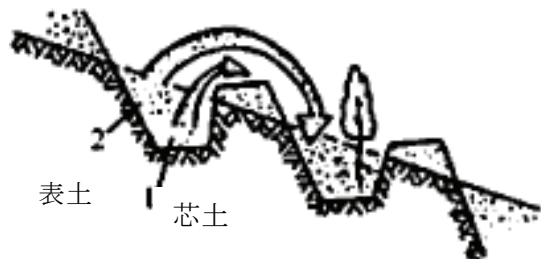
表4. 帯状整地一覧表

<p>(1) 山腹水平帯状整地</p>  <p>規格: 帯状と傾斜面は基本的に同じ高さで、帯幅は通常 0.4~3m、帯の長さは通常比較的長い、整地の深さは通常 25~30cm である。</p> <p>適用地: この方法は植生が繁茂していて、土層が比較的深く、肥沃、湿潤な跡地や荒山、傾斜度の比較的平らな場所に適している。</p>	<p>(2) 水平階段状整地(又は水平条と称す)</p>  <p>規格: 階段面は水平又は少し内側へ傾き、階段の広さは立地条件により異なり、石質山地は通常は 0.5~0.6m、土石山地と黄土地域では 1.5m に達し、階段の長さは地形により決められ、通常は 2~10m で、深さは 30~35cm 以上である。階段の外縁に通常は土の畦を作る。</p> <p>適用地: 石質山地で一定の厚さのある土層を要請する。傾斜度は急過ぎは良くない。この方法は少雨で特に降雨が比較的集中している地域では効果が良い。</p>
<p>(3) 逆傾斜の段々畑整地</p>  <p>規格: 畑面は内側へ 3° ~15° の逆傾斜面となっていて、面の広さは 1~3m で、水流の集まりを防止するために、一定の距離を置いて土畦を作る。整地の深さは 40cm 以上にする。</p> <p>適用地: この方法は、傾斜度の大きくない、土層の比較的深くて厚い地域や黄土地域の地形が砕けている場所に適している。整地の投入する</p>	<p>(4) 水平整地 (塹壕式整地) 2</p>  <p>規格: 溝の底面は水平だが傾斜面より低く、溝の横断面は長方形や台状にして、台状の水平溝の上の幅は 0.5~1m、溝の底の幅は 0.3~0.6m、溝の長さは 4~10m、溝が長い場合、2m ぐらいの間隔で溝の底に畦を残し、溝の深さは 40cm 以上で、外縁には畦があるべきである。</p> <p>適用地: 水平の溝の容積が大きく、大量の降水を捕獲することができ、水土流失を防止でき、</p>

労働力が多く、コストが高いが、干ばつ対策や湿度保持の効果が良い。

且つ、溝内では日蔭があつて風がなく、地表の蒸発を減少でき、乾燥地域の水土流失の制御と蓄水や湿度保持には良好な効果があるが、労働力の使用量が多く、コストが高い。

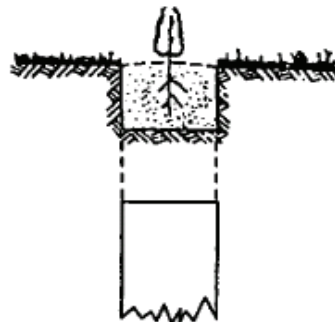
(5) 掻揚げ壕整地(拔出槽整地、逆塹壕式整地)



規格：堀溝の溝表面は水平にし、幅度と深さにより掻揚げ壕の大小が異なる。大掻揚げ壕の幅は0.5mで、深度は0.5m以上であり、小掻揚げ壕の幅は約0.5m程度で、深度は約0.3~0.35mである。壕間距離2m程度であり、その長さは限らない。

適用地：山地における带状整地の場合、带状の方向はできればコンターと平行にする。帯の幅は1m程度が一般的であり、その長さは長すぎると带状の水平面を維持しにくくて、降水がたまりやすいので、水食を発生する恐れがある。

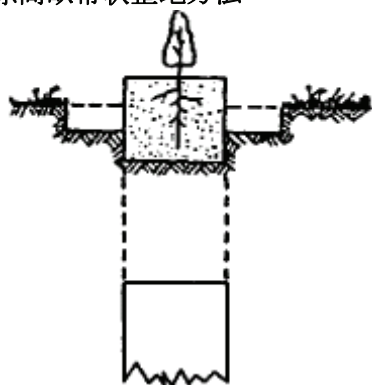
(6) 平原平地带状整地方法



規格：連続で細長い。帯面と地面が平行にする。幅は0.5~1.0mまたは3~5mである。帯間距離 \geq 帯面幅、深度25~40cmで、その長さは限らない。

適用地：带状整地は平原地区整地で良く使う方法である。風食なしまたは風食が激しくない砂地、荒地、伐採跡地、林間空地及び平な山地に適用する。

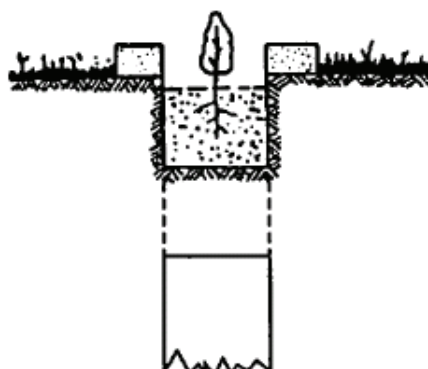
(7) 平原高畝带状整地方法



規格：連続で細長い。畝の幅30~70cm、畝は地表面より20~30cm高い。畝方向の確定は畝溝の排水に有利すべきだ。

適用地：水分過剰の伐採跡地と沼沢地に適用する。沼沢地とアルカリ地に対して、高畝整地に類似する高台整地を常に利用する。高台整地の

(8) 平原鋤溝带状整地方法



規格：連続で細長い。溝の幅30~70cm、溝底部は地表面より20cm程度低い。乾燥、半乾燥地域に適用する。

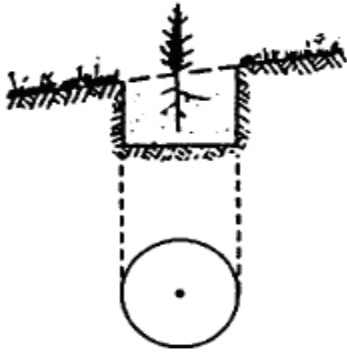
適用地：平原地域における带状整地の場合、帯の方向は南北方向が一般的である。風害が嚴重

台面高度は沼沢状況と地下水位の高度によって、確定する。

である地域では、帯の方向は主要風向に垂直する。帯幅は山地帯状整地とほぼ同じが、少し広くても結構。帯の長さは限りがなく、機械的作業の効能を充分発揮させることができる。

表 5. 塊状整地一覧表

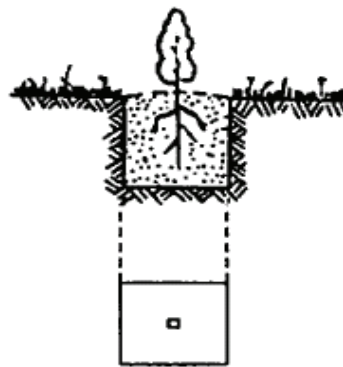
(1) 穴状整地



規格：円形の穴で、穴面は原傾斜面と基本的に平行または水平にして、穴の直径は 40～50cm で、整地の深度は 20cm 以上である。

適用地：各種類の立地条件に適用する。特に地形が碎け、傾斜度が比較的に大きい地域、及び岩石裸露だが、局部土層がまだ厚い石質山地、伐根が比較的多い跡地、植生が比較的繁茂している山地などである。

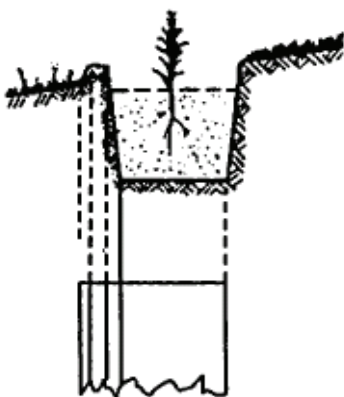
(2) 平地ブロック状整地



規格：正方形または長方形の穴である。穴面は原傾斜面と基本的に平行または水平、もしくは少し内側へ傾斜させ、辺の長さは 40cm 以上、深度 30cm 以上であり、外側に畔を作る。

適用地：同(1)

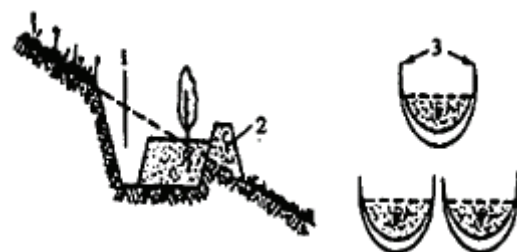
(3) 山地ブロック状整地



規格：正方形または長方形の穴である。穴面は原傾斜面と基本的に平行か水平、または少し内側へ傾斜する。辺の長さは 40cm 以上、深度 30cm 以上であり、外側に畔を作る。

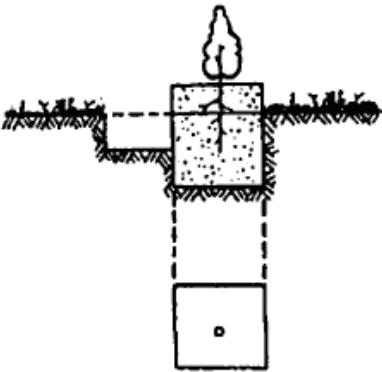
適用地：同(1)

(4) 魚鱗穴整地



1.排水溝 2.畦 3.長径

規格：半月形の穴である。穴面を水平にし、または少し内側へ傾斜させ、一般的な長径は 0.8～1.5m で、短径は 0.6～1.0m、深度は約 40～50cm であり、外側に生土で穴面より 20～25cm 高い半円形の畔を作る。穴の内側に小溝を掘り、溝の両側と斜め方向の取水溝に繋がる。

	<p>適用地：傾斜度が比較的に大きく、土層が薄い、または地形が比較的破面になった丘陵地帯に主に適用する。水土保持機能が強い。それは水土流失区域における造林がよく使う整地方法であり、傾斜面整備の重要対策である。</p>
<p>(5) 高台整地</p> 	<p>規格：正方形、長方形または円形平台。台面は地面より 25～30cm 高い、台面の長さまたは直径は 30～50cm または 1～2m で、台面外側に排水溝を掘る。</p> <p>適用地：土壌の水分が多すぎる跡地または低沼沢地に一般的に適用する。排水作用が比較的にいいが、工数がかかり、整地コストが高い。</p>

2.3 苗木造林

苗木造林とは苗木を植えて育てる造林方法である。苗木造林とは、植樹造林、植栽造林ともいい、中国での歴史は古く、幅広く採用されており、信頼性も高い。

2.3.1 苗木造林の特徴および適用条件

1) 苗木造林の特徴

苗木造林が普及したのは、効果が比較的良く、その他の造林方式と比べると、以下のような利点をもつからである。

(1) 幼齡林初期の迅速成長

植栽用の苗木の多くが自らの苗畑のもので、専門的な栽培を経て、根系が完全に発達し、生理機能も活発で、植栽後の回復、成長が早い。一般的に植栽後の苗木は、造林地で一定の適応期が必要であるが、播種による造林と比べて、初期の成長および幼齡林の樹冠の閉鎖が早く、保育期間が短縮される。

(2) 種子の節約

苗木の育成は苗畑で行なわれ、種子の発芽率が高く、種子の利用率も高まるため、同面積の人工林を造成するのに比べ、種子使用量が少ない。これは種子の生産量が低く、価格が高い貴重な樹種の植林にとって特に重要な点である。

(3) 多様な立地条件に適用

完全な根系、活発な生理機能をもつ苗木は悪環境にも強い抵抗力を備える。

苗木造林の欠点：

(1) コストが高い

苗木造林の育苗手順は複雑で、費やす労力も多い。技術要求が高く、一定の造林コストが増加する。

(2) 根系の損傷

苗木は掘取り、運搬、移植の過程で根系の損傷を引き起こし、特に根毛の損失が多いと、人工林の成長発育に一定の影響を及ぼす。

2) 苗木造林の適用条件

苗木造林は立地条件と樹種の制限をほとんど受けないため、特に以下の状況では、苗木造林を採用するとよい：

- (1) 乾燥したアルカリ性土壌
- (2) 乾燥および土壌浸食が深刻な造林地
- (3) 雑草が極めて繁殖しやすい造林地
- (4) 凍上害が発生しやすい造林地
- (5) 鳥獣被害が深刻で、播種造林に制限のある地区
- (6) 種子の調達が難しく、価格が非常に高い樹種。

2.3.2 苗木の準備

1) 苗木造林の活着のカギ

苗木造林の活着率の高低は、苗木の栽植技術および造林地の作業品質と密接な関係がある。苗木の活力は植栽造林の活着率に大きな影響を与える。

苗木の旺盛な活力は苗木活着の基本である。苗木の活力は遺伝的性質、特に、体内水分含有量の影響を受ける。中でも苗木体内の水分含有量は苗木の活力に最も影響を与えるため、水分バランスの維持が苗木造林の活着のカギである。苗木の水分が不足しすぎると、生理機能が破壊され、苗木が死滅する。たとえば黒竜江省の林業科学研究所は『モンゴリマツ（樟子松）造林活着率』研究で「気温 20℃、無風晴天の中でモンゴリマツの苗木を 10 分日に当てると、造林活着率はわずか 8%、30 分では 0%となった」と報告している。

圃場から裸根の状態苗木を出すと、体内の水分状態に根本的な変化が生じる。苗木掘取りの過程で、根系は多少の損失を避けられず、特に根系のほぼ全てを構成する主な吸収部分である菌根、菌糸体、およびヒゲ根が破壊されると、吸水機能の下降を招く。地上部分の水分蒸散と蒸発の継続進行により、暴露された根系は地上部分よりも早い速度で水分蒸発が進み、さらには地上部分の水分が根系に逆流するという現象が起き、苗木の体内水分含有率の下降を招く。このことから苗木、特に根系の保護が、苗木の体内水分含有率、ひいては苗木活力にとって、極めて重要であるといえる。

2) 苗木の保護

苗木保護の目的は体内の水分バランスを維持することであり、植栽後の根系回復時間をできるだけ短縮すると、造林生存率が高まる。苗木は圃場から出した後、等級分け、梱包、輸送、貯蔵、

造林地の仮植および植栽などの作業過程で、必ず保護を強化し、水分の散失を最大限に防ぎ、同時に根・芽・茎・葉などの機械的損傷および高温にすること等を防止しなければならない。このため、以下の要求に沿って苗木の準備作業を行なう。

- (1) 苗木の梱包、輸送過程の管理を強化、作業人員は責任を持ち、作業過程においては妥当な保管、随時水やりをするなどの方法で、しっかり苗木を保護する。
- (2) 掘取りから植栽までの各手順の作業時間を短縮し、各手順で密接な連携を保ち、根系が空気中にさらされる時間を減少させる。このため苗木の随時掘取り、随時選苗、随時梱包、随時輸送、随時仮植、随時植栽の「六随」をできるだけ実行しなければならない。
- (3) 選苗、梱包作業を日陰で湿気があり、涼しい環境の中で行なうことで、苗木の脱水を防ぐ。
- (4) 掘取りから植栽の過程で、苗木は水を帯びた、または湿り気が維持できる容器の中に入れる。湿り気を維持するためには「掘取りに水分、梱包に水分、輸送に水分、仮植に水分、容器に水分」の「五保水」を実行しなければならない。

生産実践中に苗木を大量に購入した場合は、風と日光の当たらない場所に置き、おがくずをかぶせ、たっぷりと水をやり、臨時貯蔵する。その後、1日分の使用量を各造林地に分配し、造林地に臨時仮植場を設けて、臨時仮植を行なう。仮植場は時間と距離の短縮を考え、また、水を取りやすいように、造林地の中心かつ水源の近くに設置する。

3) 苗木の種類、苗齢、規格および品質

苗木造林で用いる苗木の種類は、主に播種苗、栄養繁殖苗、両者の移植苗およびポット苗などがある。苗木の山出し時の状態（土を帯びているか否か）により、裸根苗と土付き苗（ブロック状）の大きく2種類に分けられる。

裸根苗の利点は掘取りが容易かつ軽量であり、梱包、輸送、貯蔵すべてが比較的便利である。植栽の作業も容易であり、現在のところ最も普及している苗木であるが、掘取りで根を傷つけやすく、植栽後の環境が悪くと活着に影響を与えやすいのが欠点である。

土付き苗（ブロック状）は根系に土が付着、または基本的に根系が全体がむき出しではない苗木で、各種ポット苗および一般の土付き苗が含まれる。この種の苗木は完全な根系を維持でき、植栽活着率も高いが重量があり、輸送には労力が必要なため、造林コストが比較的高い。

苗木それぞれの適用条件は林の種類、樹種、および立地条件の違いにより異なる。一般用材林では移植を経た裸根苗、経済林は主に接ぎ木苗、防護林には主に裸根苗、「四傍緑化」、および風景林は主に移植した裸根苗を使用する。針葉樹の苗木と特殊な立地条件下の造林にはポット苗を使用する。

林の種類、樹種により、年齢の異なる苗木を使用する。年齢が低い苗木は掘取りによる根の損傷が少なく、植栽後の適応期も短い。適した環境であれば造林活着率も高く、輸送や植栽も便利で、費用も節約できるが、劣悪な環境では苗木の活着に比較的大きな影響を受ける。年齢が高い苗木は雑草、乾燥、凍上、日焼けなどの抵抗力が強く、適した環境では活着率も高く、幼齡林の樹冠の閉鎖が早い、苗木の育成と植栽の費用がかかり、悪環境では枯死しやすい。一般的な建設用材林では主に0.5～3年生の苗木、「速生豊産林」（早生多収林）および防護林では主に2～3

年生の苗木、経済林では主に1～2年生の苗木、「四傍緑化」と風景林は主に3年生以上の苗木を使用する。樹種により苗齢を確定、主に樹種の成長習性を考慮し、成長が速い樹種、たとえば楊樹、キリ（泡桐）などは主に年齢が低い苗木を用い、成長が遅い樹種、たとえばトウヒ（雲杉）、トドマツ（冷杉）、ハクショウ（白皮松）などの年齢が高い苗木を使用する。ある樹種の造林では、たとえば2年生の根と1年生の幹、3年生の根と2年生の幹など根・幹異齢苗を用いる。これら苗木の根系は、より発達していて、植栽後の苗適応期が短く、前期の成長量が大きい。

中国が1985年に発布した『主要造林樹種苗木標準』（CB6000-1985）は、異なる樹種の各種苗木品質基準、およびその適用地区について明確に規定しており、造林にあたっては厳格かつ徹底的に適用しなければならない。

4) 苗木処理

苗木の水分バランスを維持するために、植栽前は苗木に適切な処理を行わなければならない。地上部分の処理では主に幹切り、枝先のせん定、枝葉の除去、蒸散抑制剤の噴霧などがある。根系の処理は主に水に浸す、整根、泥水・吸水剤・ホルモン剤またはその他製剤に浸す、菌根菌の接種などがある。

(1) 幹切り

幹切りとは苗木の大部分の主要幹を切り取り、根系と部分的な幹をもつ苗木のみを植栽する。幹切りは乾燥・半乾燥地区の造林でよく採用される技術措置の1つであり、苗木地上部分の水分蒸発を減少させ、地上部分の干からびにより植物体全体が死滅するのを避ける。春季の造林時期を逃した場合も全木植栽による大量死滅を避けられる。苗木の品質が劣る場合も幹切り時に苗木の品質を向上させる一定の作用がある。幹の曲がり、または損傷を受けた場合にも幹切りが回復の助けになる。この方法は発芽能力が強い樹林、たとえば楊樹、ニセアカシア（刺槐）、マンシュウイタヤ（元宝楓）、マルバハゼ（黄栌）、ヒップファエ（沙棘）、カラガナ（樺条）、イタチハギ（紫穗槐）、ハギ（胡枝子）などに適用される。

(2) 枝先のせん定と枝葉の除去

枝先のせん定と枝葉の除去は、幹切りと同様に地上部分の水分蒸発を減少させる処置の1つである。枝先のせん定には新梢の成長、および幹と樹冠の形成を促進する作用もある。

(3) 整根

損傷した根、発育異常の根、および長すぎる根を切り取る。この処置により根系の損傷、および吸水機能が迅速に回復するため、梱包、輸送、および植栽にも都合がよい。

(4) 泥付け

濃度を調整した泥水に根系を漬ける。根系の湿り気を維持するための処理であり、簡単に行なえる。苗木の堀取り後、すぐに処理するのが望ましい。

吸収剤に適量の水を加えて作ったハイドロゲルに根を浸し（植物ホルモンを加えてもよい）、根系の回復および発根を促進する。この方法は水分維持効果があり、軽量で低費用などの利点がある。よく使われるホルモンには α -ナフチル酢酸、インドール-3-酢酸、インドール-3-酪酸、10-デアセチルバッカチンⅢ、およびその製剤などがある。ホルモン処理で苗木に使用する液の濃度

と時間は樹種、薬剤の種類によって決定し、濃度が高い場合は浸す時間を短く、濃度が低い場合は時間を長くする。

(5) 化学薬剤処理

噴霧する化学薬剤の種類は多く、有機酸と無機化合物類が含まれる。有機酸は主にリンゴ酸、クエン酸、アミノ酸（プロリン）、アラニン、フマル酸と葉酸などがある。無機化合物では主に硝酸アンモニウム、第一リン酸カリウム、塩化カリウムなどがある。水分蒸発を防ぎ、水分の含有量を増加・維持して、原形質である粘性抵抗と弾性を向上させ、苗木の活力および耐乾燥性を増大させる効果がある。

蒸散抑制剤は茎・葉表面に薄い膜を形成し、気孔からの水分消失を阻止（光合成に影響がなく、体表温度を過度に上昇させないことを前提に）する。主に葉面蒸散抑制保温剤、「PVO」および「京2B」、パラフィン乳剤、ゴム成分を含んだゼール、セタノール、蒸散抑制剤などがある。

(6) 菌根菌の接種

菌根とは真菌と植物根系の共生体である。菌根は乾燥、痩せ地、極端な温度変化、およびアルカリなどに対する材木の抵抗力を高める。有毒物質の汚染に強く、材木の耐病性を促進、強化し、土壌を活性、土壌の理化学的性質を改善する。菌根菌の接種は以下の方法を採用するとよい：

- ① 菌根剤で苗木を処理 市販の菌根剤を使用してよい。説明書に従って使用する。
- ② 造林樹種の菌根菌を含む土で苗木を処理し、土は当該樹種森林地または当該樹種の苗木を育てた圃場から調達してよい。

(7) 「ABT 生根粉」の使用

「ABT 生根粉」は中国林業科学院により研究・開発された広範囲で有効な国際的先進レベルの発根促進剤である。

使用方法：苗木の植栽前に ABT 生根粉 1g を少量のアルコールで溶かした後、20kg の水を加え、根を 1.5～2 時間浸すとよい。1g で苗木 500～1000 本を処理できる。

5) 苗木仮植

造林地まで苗木を運搬し、植栽するまでは一般的に一定の時間をおく。苗木を適切に保管しなければ、水分を失い大量に枯死する。仮植は苗木体内の水分バランス、および完全な根系を保全する重要な措置である。

2.3.3 苗木造林の時期の選択

苗木造林の順調な活着を保証するために、造林地の気候条件、土壌条件、造林樹種の成長発育の規則性に合わせ、また、社会経済状況を総合的に考慮して、適した植栽季節および時間を選択しなければならない。適当な植栽季節は、適切な温度、土壌の水分含有量および空中の湿度が比較的高く、樹種の生物学的特性に合い、自然災害に遭う可能性が低い時期とする。

適当な植栽時期は、理論上でいえば苗木の地上部分の生理活動が弱く（落葉広葉樹は落葉期）、根系の生理活動が強く、根系の癒合能力が強い時期とする。

1) 春季の植樹

土壌の氷が溶けた後、苗木が芽を開く前の早春が、大多数の樹種の生物学的特性に最も合っている。温度が比較的低い早春は、根系の生理活動が盛んで活着能力が強く、苗木の地上部分は休眠が解除されておらず、生理活動が弱いため、苗木の活着に有利となる。乾燥する北方地域では、相対的に土壌に湿度のある初春が適し、やはり春季は大多数の樹種の植栽に適した季節といえる。しかし、根系の枝分かれに高い温度が要求される一部の樹種（チャンチン[椿樹]、ナツメ[棗]など）は、苗木の地上部分が芽を開く前に蒸散し、水分を消費しすぎないように、少し遅らせて植栽してよい。

2) 雨季の植樹

春の干ばつが深刻で雨季が明確な地域（華北地区と雲南など）では、雨季の植栽が適切で、効果的でもある。雨季の植栽は主にいくつかの針葉樹種（特にコノテガシワ[側柏]、シダレイトスギ[柏木]など）、および常緑広葉樹種（ユーカリ[藍桉]など）に適用される。雨季は高温多湿で樹木の成長が旺盛であり、根系の回復に有利である。しかし、雨季の苗木蒸発度も大きく、加えて目まぐるしく天候は変化し、晴雨も不安定であるため、移植した苗木の根系の回復が難しくなり、活着に影響する可能性もある。よって植林成功のカギは降雨状況や雨量にあり、一般的には1、2回十分な雨が降った後、曇りの日が続いたときが最も望ましい。

3) 秋季の植樹

秋季に入り、気温が徐々に低下すると、樹木の地上部分の成長が遅くなり、しだいに休眠状態に入るが、根系の生理活動は依然として盛んで、その上秋季の土壌は湿り気があるため、一部の根系は植栽した年に回復でき、翌春の発芽も早く、活着率も高い。秋季は落葉広葉樹種の落葉後に植栽するべきである。キリ（泡桐）のような一部の樹種では、完全に葉が落ちる前に植栽しても、よい効果が得られる。秋季の植栽では、冬季に苗木が損傷しないように十分に注意しなければならない。冬季に風が多く強く、風食が深刻な地区、および凍上害が深刻な粘質土壌には、秋季の植栽は適していない。

4) 冬季の植樹

冬季は苗木が休眠状態にあり、生理活動がきわめて弱いため、冬季の植栽は実質上、秋季植栽の延長、または春季植栽の繰り上げと見なしてよい。

冬季の北方地域は厳寒で、土壌が凍結し、通常の植栽は行なえないが、ポット苗の植栽は可能である。中部および南部地域の気温も低いが、一般的には土壌も凍結せず、樹木は短い休眠を経てすぐに活動を始めるため、植栽時期としてよく採用される。

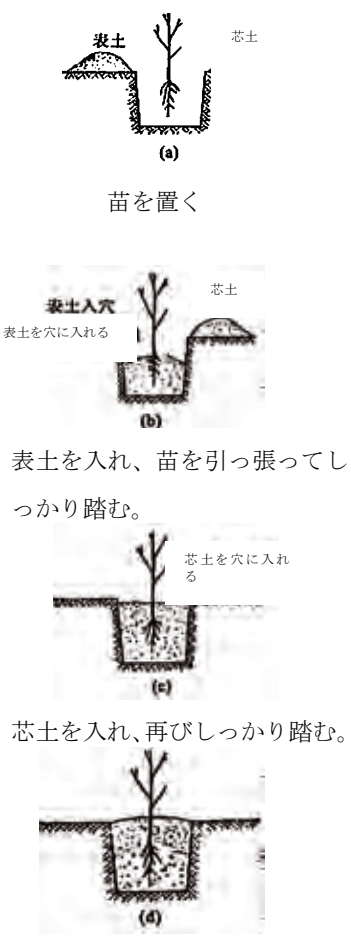
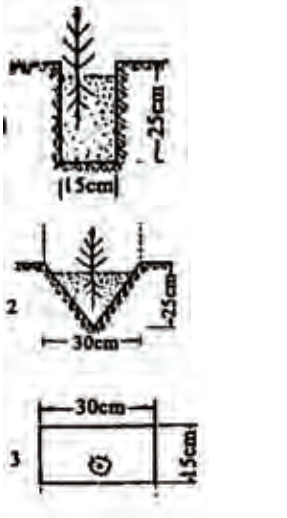

2.3.4 植え付け方法

植樹方法は一般的に穴植法、間隙植法および小穴（根が入るくらいのサイズ）植法の3種がある。穴植えによる植栽は最も丁寧で最も普及している植樹方法である。小穴栽植法は「小坑造林法、窄坑造林法」ともいい、乾燥した環境に適用され、省力的に行なえる植栽方法である。「間隙

植法」(窄縫栽植法)は「暗穴造林、土壤保護・凍結防止更新法」とも呼ばれ、東北の東部の森林地域で、水分が十分であり、土壤が厚い新伐採地跡で採用される。

表6 苗木の栽植方法一覧表

項目	方法	穴植法	小穴栽植法	間隙植法
操作过程	①列状栽植	造林作業設計の密度と栽植配置方式で栽植穴の位置を確定する(前もって穴状整地をした造林地は除外される)	①列状栽植 造林作業設計の密度と栽植配置方式により栽植穴の位置を確定する	①列状栽植 造林作業設計の密度と終止点の配置方式により栽植穴の位置を確定する。
	②穴掘り	穴の大きさは苗木の根系の状況によって決定され、穴の底部と上部の大きさは同じであるべき、底部がなべ底状になることを避けるべく、穴を掘る際、表土と芯土を別々に穴の傍に置くべきである。	②穴掘り 栽植穴口の規格により芝草や表土の硬い層を除去し、それから穴の一端から掘り始め、鶴嘴で前へ、そして深掘り、充分の深さまで掘り、楔型の小穴を作り上げる。芝草を除去する前に力の入り過ぎによった大きな芝草を除去し不規則の小穴を作り出すことを避けるべき。穴が出来てから、穴の中のほぐった土を完全に除去すべきである。	②間隙を栽植する 1人は苗木用スコップで、枯れ枝落葉層を既に取り除いたが、まだ土をほぐしていない土地の上(50cm×50cm)の狭い隙間を作り、その深さは苗木の根より1~2cm深いべき、それからスコップを抜き出して狭い隙間から約10cmの処に置き、この際苗木者は手に苗木を取り、根系を真っ直ぐにし、狭い隙間に入れ、また少し上へ上げ、根系を真っ直ぐに伸ばし、苗木の根系を地表より1~2cm低い位置に置く。それからスコップで狭い隙間から10cmの処で同じ深さで垂直にスコップを挿し、それからまず中へスコップを引き、前の隙間の底部の隙間を閉鎖させて苗木の下部を固く圧迫し、それから上部の隙間を閉鎖させて苗木根の下部をしっかりと圧迫する。第二の狭い隙間の土壤は乾燥して風が入ることを避けるため、第二の狭い隙
	③苗木栽植	栽植時は片手で苗木の根元部を持ち、もう一方の手で根系を解し、苗木を穴の中に直立させ、根系を伸ばして、それから細かい表土を穴に入れ、土を半分まで入れたら、苗木を上へ少し引っ張り、適切な深さにして、根系を伸してからしっかりと踏み、後の土を入れ、しっかりと踏む。最後に水分の蒸散を防止するため、その上に細土又は枯枝や枯葉を撒く。この操作過程は「三埋め二踏み一回	③苗木栽植 苗木の根を穴の壁に凭れさせて置き、根系を地表以下1~2cmほど深く栽植し、それから穴の大半に土を入れたら灌水し、水が完全に浸下したら、再び土をしっかりと踏み、土壤の水分の蒸発を減少するために、最後に穴の表面に一層のほぐした土を覆う。	④灌水 乾燥している場合、各穴に0.5~1Lぐらいを灌水し、だが土壤が湿潤

	<p>苗を引っ張る」と略称できる。</p>	<p>で、手で塊に握れる場合（砂土壌の水の含水率は10%で、軽壤土の含水率は16%以上）に握れる場合、灌水造林しなくても満足する結果を得られる。</p>	<p>間より 10cm の処で、スコップを土の中に挿し、前へ引っ張り後ろへ押して、第二の隙間の上部と下部をしっかりと密閉させ、それから第三の狭い隙間を足で固くなるまで踏む。狭い隙間植栽のこの過程は簡単に「三スコップ、しっかり踏み、苗を一回引っ張る」と略称できる。</p>
<p>完成予定図</p>	 <p>(a) 苗を置く</p> <p>(b) 表土を入れ、苗を引っ張ってしっかり踏む。</p> <p>(c) 芯土を入れ、再びしっかり踏む。</p> <p>(d) 穴の表面にほぐした土でカバーする。</p>		
	<p>①根系を伸ばす 根系を自然と伸ばした状態を保たせ、即ち主根が垂直で、側根と主根の間に適切な角度を持たせ、さもなければ根系の吸収機能に悪影響がある。</p>	<p>①穴が狭くて深い 通常は傾斜面に沿って穴を掘り、穴の規格は：幅 6～15cm、長さ 15～25cm、深さ 18～25cm（苗の根の長さによりもうちょっと深めに</p>	<p>① 深さが適切、根系が伸ばしされ、根の土が密接しているべき。</p>

技術的要請		し得る)、両側の穴壁を垂直に、穴底を三角形にする。	
	②適切な深さ 根際は地表より1～2cm低くすべき、乾燥・風の多い地域では表土は風に吹き飛ばされやすく、水土流失の深刻な地域及び砂丘の風上面は地表より4～5cm低くすべき。	②苗の根は穴の壁に寄って土をカバーする 苗の根は上部の垂直した穴の壁に寄りかかせてから土を覆ってしっかりと踏む。	②正しく植栽する 幼樹の奇形成長を防止するため、植栽した苗木を垂直状態にさせ、苗木の正常な成長を確保する。
	③根と土を密着させる 根系は土壌と密接に結合させてこそ吸収作用を果たせる。	③深さが適切で、根系が伸ばされ、根と土を密接にさせる。	③吊るし苗にしない 吊るし苗とは、苗の根茎のところの土壌はしっかりと踏み固められているが、下部の土壌はしっかりと踏み固まっていないから、苗木の根系は吊された状態の現象になる。この現象の結果は、根と土が緊密に結合できなく、根系は吸収機能を発揮できないことをもたらす。
特徴	-----	-----	① 操作が簡単で、工事の効率が高い 苗を植栽する前に、植栽位置の上の枯枝や枯れ葉を取り除き、それから隙間をあけて植栽する。しかも植栽過程もとても簡単で、労力を省ける。 ②凍上害防止 この方法だと整地や腐殖質層、表土層のひっくり返しの必要はなく、土壌の従来の構成を保て、東北地域の水量含有量の割と大きい造林地で普遍的に発生する凍害を効果的に防止できる。
適用の条件	穴植栽法の応用は苗木の大きさや立地条件に制限されなく、乾燥した貧弱の造林地の上で利用	この方法は乾燥地域での針葉の小苗の植栽に適している。	① 土層の深い、水分の十分な造林地。 ② 埋め戻し整地をしたこ

	<p>するとその長所がより明らかになれる。</p>		<p>とのある造林地。</p> <p>③ 側根の発達していない小苗。</p> <p>吉林の臨江林業局は土層の深い、水分の十分な地域で、この方法を採用して植栽した2年生の落葉松の苗は、労働力を省け、凍害防止できただけでなく、造林の活着率も高く、幼齡林の成長が良好である。</p>
--	---------------------------	--	--

2.4 播種造林

播種造林は直播き造林とも呼ばれ、樹木の種子を造林地に直接まいて森林を育成する造林方法である。

2.4.1 播種造林の特徴および適用条件

1) 播種造林の特徴

播種造林はその他の造林方式と比べて、以下のような利点がある。①発育が完全かつ均整がとれた根系を形成し、植栽造林のように根系が損傷しない。②幼齡林の適応性が強く、播種の直後から造林地の環境条件で成長する。③穴の中で成長する幼苗が多く、自然淘汰を経て、人為的および自然な選択で、壮健に育った植物体を残して、最後に間引きをするため、林分の品質が向上する。④機械化に向いていて育苗および煩雑な植栽手順が必要ない⑤植栽造林に比べて、作業省力、経費節約になることもある。

播種造林には上述のような利点もあるが、欠点もある。①播種造林の後、細かい育成管理が必要で、鳥・動物・雑草被害を受けやすい。②種子を多く使用するため、種子が不足する地区での採用は制限を受ける。③厳格な造林環境条件が求められ、容易に成功するのは湿り気のある造林地のみである。④幼齡林の育成に人手が多く必要なこと、種子が高価であるなど多くの要因で、苗木造林よりも人手が必要となり、コストが高くなる場合もある。

2) 播種造林の適用条件

(1) 種子

大粒種子の樹種、たとえばブナ類（橡櫟）、クルミ（核桃）、ヤマアズ（山杏）、および文冠果など、または発芽および成長が早く、適応性の強い中小粒の種子、たとえばアカマツ（抽松）、ヤクタネゴヨウ（華山松）などの樹種。

(2) 種子源

種子の調達源が多数あり、価格が安い樹種、幼苗の成長が早く、適応能力が強い樹種。

(3) 立地

立地条件がよく、軟らかく湿った土壌。雑草が繁殖しすぎていない造林地。土層が薄く、岩石が多い、または高山の急こう配で苗木造林が難しい地区。

(4) 動物被害

鳥獣の被害が深刻でない、または深刻であるが有効な予防措置をとれる造林地。

(5) アクセス

辺境で人家が少なく、造林地面積が大きい地区（飛行機による播種造林に適している）。

2.4.2 種子の準備

1) 播種前の種子の処理

播種の前に種子を処理するのは、主に種子の完全な発芽、発芽の加速、土中にある時間の短縮、幼苗の整然とした発芽、および動物、病虫害の被害予防を図るためである。種子をまく前に行なう処理には、種子消毒、拌種（種子に殺虫剤・殺菌剤・肥料などを入れて混ぜる）、浸種および発芽促進などがある。種子の処理は樹種の特性、立地条件、植栽季節の違いにより、それぞれ相応の措置をとる。

(1) 発芽促進

春季に播種する長期休眠型の種子は、事前に発芽促進を行なうと、その年に幼苗が整然と発芽し、晩秋以前に十分に木質化し、安全に越冬できる。

(2) 浸種

春季に播種する人為的休眠種子は、一般的に浸種を行なうと、幼苗が早めに整然と発芽して、より深い根系および木質化の程度が高い地上部分を形成し、高温、乾燥、およびその他の悪環境に抵抗する能力を強化する。乾燥、晩霜、低温による被害が深刻な造林地は、浸種せずに直接播種してよい。反対に湿り気がある造林地は、発芽処理を経て播種すると、より高い効果が得られる。

雨季は一般的に乾燥種子をまくが、降雨状況を正確に把握している場合は、浸種してからまいてもよい。

秋季に播種造林を行なう場合、一部の地区（特に北方）では、冬季の厳寒による被害を防ぐために、その年は発根のみを願い、ほとんどが幼苗の発芽を望まないため、長期休眠種子、人為的休眠種子に関わらず、未処理の種子をまくのがよい。

(3) 薬剤塗布

病虫害が比較的深刻な場所では、播種前に粉剤、または薬液で拌種処理を行なう（特に針葉樹林の種子）。または薬液で消毒、浸種、燻蒸、悶種（薬液を噴霧した後、ビニールをかけておく）

して、伝染性病害および地下害虫を予防してもよい。鳥獣害が発生しそうな場所では、種子に薬剤をまぶして、ノネズミ、鳥類の被害を予防し、種子の発芽および発芽前後の一定時期に食べられることのないようにする。

2) 播種量の確定

播種量は主に樹種の特長、種子の発芽率の高低、単位面積での計画した苗木の残存本数によって決定する。一般的には容易に発芽する種子、幼苗期の抵抗力が強い樹種、発芽率が高い種子は、播種量も少なくてもよい。反対ならば多くすること。発芽率、保存率は種子自体の特長に関係があるだけでなく、造林地の立地条件にも関係するため、造林地の水分、熱収支条件がよく、整地が丁寧ならば播種量は少なくてもよい。反対ならば多くすること。

種子品質の保証ができるのであれば、各地の生産経験に合わせ、種子粒の大小によって大まかに穴まきの播種量を決めてよい。クルミ（核桃）、オニグルミ（核桃楸）、シナグリ（板栗）、オオアブラギリ（三年桐）など特大粒の種子は1穴に2～3粒、クヌギ類（櫟類）、アブラツバキ（油茶）、ヤマモモ（山桃）、ヤマアズキ（山杏）、文冠果など大粒の種子は1穴に3～4粒、チョウセンマツ（紅松）、ヤクタネゴヨウ（華山松）など中粒の種子は1穴に4～6粒、アカマツ・マンシュウクロマツ（油松）、クロマツ（馬尾松）、モンゴリマツ（樟子松）など小粒の種子は1穴に10～20粒、さらに小粒の種子は1穴に20～30粒をまく。

2.4.3 播種造林の時期の選択

播種の季節と時間は、種子の発芽率、発芽期間、および成苗量に影響するだけでなく、苗木の木質化程度、耐乾燥性および越冬能力にも関係する。造林地区の気候の特徴、特に温度、降水条件と災害性要因の特徴および土壌の特徴、組み合わせた樹種の生物学的特性および造林技術要求に従った適切な播種期の選定は、造林業務を成功させるうえの基本となる。全国的な範囲についていえば、1年中すべて播種造林を行なってもよいが、北方では水分と温度（低温）を播種期確定の重要な条件とし、南方では夏の日照り、高温、および降水の程度を主導要素にするべきである。同時に樹種による播種方法および技術上の違いを分析し、適切な播種季節と時間を最終的に確定する。

1) 春季の播種

春季の人工播種は、一般的に湿潤地区または水分条件がよい高海拔、高緯度地帯の山地、および伐採跡地で行なわれ、多様な樹種の造林に適用される。湿度条件が良い地方では、一部の経済林樹種も播種してもよい。

発芽率を高め、乾燥、日焼け、および晩霜の被害を避けるために、播種時間は土壌の水分条件が比較的良好な土壌解凍初期が望ましい。春季の飛行機による空中播種は主に南嶺山地以北の秦嶺—淮河線以南の地区に限られる。具体的にいえば、晩春から初夏にかけて雨の多い東部は、3～4月の播種が適している。春に雨が少ない西部では、雨量が増加してから、5月前後に播種するとよい。

2) 夏季の播種

春の早魃が深刻な地区では、雨が多い夏季の播種を選択するとよい。この時期は気温が高く、降水も多く、高温多雨の播種造林に適した季節であり、播種後の種子は発芽が早く、造林の実際的な効果を得やすい。夏季の播種は秦嶺－淮河以北から長城沿線一帯および雲貴高原地区で行なう。播種は原則上、種子の発芽に必要な湿度、温度条件があり、幼苗が出て、一定の長さの成長期、十分な木質化、安全な越冬などを確保できる時期を選ぶ。具体的な時期は現地の気候の特徴とその時点の規則性に従って決定する。一般的には雨季の初期に開始、つまり6月上旬から7月中旬がよい。夏季の播種に適した樹種は、主にマツ類、ヒッポファエ（沙棘）、カラガナ（樺条）、毛条、ヘディサラムなどがある。

3) 秋季の播種

秋季は多くの樹種の果実、種子が成熟する季節であり、播種造林に適した季節でもある。人工播種には主にいくつかの大粒種子の樹種、たとえばクヌギ類（櫟類）、クルミ（核桃）、ヤマアンズ（山杏）、アブラツバキ（油茶）、オオアブラギリ（油桐）などが適している。大粒種子を採集後すぐに播種すると、果実、種子の貯蔵および運搬などの作業を減らせる。種子が土壌内で越冬すると発芽促進効果があり、翌春の発芽が早く、成長も速い。しかし、土壌内にある時間が長いと、鳥獣に食べられてしまい、いくつかの樹種の中小粒種子は、風に飛ばされ、なくなりやすい。飛行機による空中播種は一部の地区（四川省東部など）に限定され、播種時期は雨が多い8月下旬から9月中旬がよい。

4) 冬季の播種

冬季の北方地域は厳寒で、土壌が凍結し、一般的に播種造林に適していない。南方のいくつかの地区では、気温が高く、土壌も湿り気があり、クロマツ（馬尾松）、タイワンアカマツ（黄山松）、ヒメコマツ（雲南松）、クヌギ（麻櫟）などを播種するとよい。飛行機による空中播種は南嶺以南、粵桂沿岸の丘陵山地で行ない、播種時期はおおよそ初めの春雨が降り、気温が暖かくなった旧暦のお正月前後とする。

2.4.4 播種造林技術

1) 播種方法

播種造林は穴植え、縫播、穴播、条播、撒播5種に分けられる。

(1) ブロック状播種

ブロック状（面積は一般的に1アール以上）に整地した造林地に密播および局部集中播種を行なう。密播は带状整地した土の上全面に撒播および条播し、播種量も多い。局部集中播種は畝に集中させた数個の穴に密集させて播種を行なう。2種の播種法では大きな植物群集が自動的に形成されて、外界の悪環境要素に抵抗でき、種子間の競争能力も強い。この方法は広葉樹種の天然

更新跡地に採用され、針葉樹種の導入および分布にむらがある二次林の補植・改造にも使用できる。

(2) 縫播

縫播は「偷播」ともいい、鳥獣害が深刻であり、植生被覆率があまり高くない山腹上で、低木の付近または雑草・石がある場所を選ぶ。スコップか刃物で裂け目を作り、適量の種子を入れ、切れ目を踏み固め、地面に跡を残さない。この方法は種子が鳥獣に発見されるのを防ぎ、同時に低木と雑草の力を借りて幼苗を保護、風と日焼けを防止できるが、大面積の造林地には向いていない。

(3) 条播

全面整地または帯状整地を経た造林地で、一定の間隔をも帯状に播種を行なう方法である。伐採跡地の更新および二次林の改造（針葉樹種の導入）に用い、水土保持地区における低木の播種にもよいが、一般的に多くは採用されない。

(4) 穴播

部分整地の造林地で、一定の行間に合わせて穴を掘り、播種する方法である。融通性があり、現在において最も普及している播種造林の1種である。

(5) 撒播

撒播は主に広い土地で人口が少なく、労働力が不足していて交通が不便な、大面積の荒山・荒地、砂漠、および伐採地で採用される。全面撒播は一般的に、播種前に整地を行わず、播種後も覆土しない大まかなやり方である。

2) 播種造林の技術要点

どんな播種方法を採用するに関わらず、技術上はすべての方法で適度な厚さの覆土（撒播以外）、適切な置き方、および種子のムラのない散布が求められる。

(1) 覆土の厚さ

覆土の厚さが種子の発芽、地上発芽、水分の維持に与える影響は大きく、造林の成功と失敗を決定づけるカギである。覆土が厚すぎると種子の発芽に影響するだけでなく、幼芽に対する土壌の機械的抵抗力が大きくなり、発芽が困難で幼芽の曲がりを招き、腐乱することもある。覆土が薄すぎると種子が乾燥した土層に出て、水分の吸収および湿度維持が難しくなり、すでに発芽した種子が乾燥で干涸らびることもある。覆土の厚さは種子粒径の大きさ、播種の季節、土質、および湿度により異なる。大粒の種子であれば5～8cm、中粒の種子で2～5cm、小粒の種子なら1～2cmである。秋季の播種の場合、翌春の発芽の条件を考えると、土壌の湿度が高い場合は、覆土は少し厚めにし、反対ならば少なめにするとよい。一般的な覆土の厚さは、種子短径の約2～3倍にするとよい。

(2) 放置方式

大粒の種子にとっては、種子の置き方ひとつが発根・発芽の難易度および発芽の期間に関係するため、重要な問題である。一般的にクルミ（核桃）、オニグルミ（核桃楸）などは、縫合線（継ぎ目）を地面に垂直に置き、クヌギ類（櫟類）、シナグリ（板栗）などは横に向けて地面と平行に置く。覆土の後、軽く押さえる。

(3) むらのない散布

播種の重複および播き漏れを防止する。

2.5 無性繁殖造林

無性繁殖造林は樹木の栄養器官（枝、幹、根、地下茎など）を利用して、繁殖の材料とし、直接造林地で植え付けを行なう造林方法である。

2.5.1 無性繁殖造林の特徴および適用条件

無性繁殖造林の特徴は、実質上、繁殖造林は栄養繁殖であるため、無性栄養繁殖の一般的な特徴をもつ。たとえば母体の優良な遺伝質を維持でき、成長速度が速いが、何世代も無性繁殖を重ねると短寿命となり、生長の退化を招くなどである。

播種造林、苗木造林と比べ、この方法は作業の省力が出来、コストが低い。無性繁殖造林では使用する繁殖材料の根系が少ないため、湿潤な土壌条件が要求される。また、使用する繁殖材料は数量が多く必要なので、母体にも豊富な資源が求められる。

無性繁殖造林の特徴および適用条件は、不定根の樹種を大量に迅速に生産できること。造林地の水分条件がよいことである。

2.5.2 無性繁殖造林の季節選択

無性繁殖造林の季節は、具体的な樹種、地区、および造林方法の違いによって異なる。

挿木造林の季節は苗木造林の季節と基本的に同じであり、樹種と地区の選択に基づいて具体的な時期を選択する。常緑樹種は採集後すぐに挿し木する。落葉樹種は採集後すぐに挿し木するか、または採集、貯蔵を経てから挿し木する。一定の地区では雨季または冬季に行なってもよい。幹挿しは南よりの地区で2～3月中旬、北よりの地区では4月上旬まで延長できる。

2.5.3 無性繁殖造林技術要件

繁殖造林は、使用する栄養器官および植栽方法の違いにより、挿し木（幹）、幹（枝）挿し、分根、分蘖および地下茎造林など様々な方法がある。幹挿し造林技術は「埋枝工」に似ており、その特徴は挿し木造林と同じである。分蘖造林は根芽を生ずることができる樹種、たとえばコウヨウザン（杉木）、ナツメ（棗樹）、およびいくつかの観賞用の樹種に適しているが、繁殖材料に限りがあるため、小規模な植樹および小面積の造林にのみ適用される。分根造林は主に根系の新芽

を出す能力が強い樹種、たとえばキリ（泡桐）、トウキササゲ（楸樹）、ウルシ（漆樹）、モウハク
ヨウ（白楊）および楊樹などに適用され、最近では徐々に苗を植える苗木造林に取って代わられ
ている。ここでは挿し木（幹）造林および幹（枝）挿し造林のみを紹介する。

1) 挿し木（幹）造林

挿し木造林は樹木または苗木の一部を切り取って挿し穂とし、造林地に直接植える方法である。
挿し穂は挿し木造林の物質的な基本であり、挿し穂の年齢、規格、健康レベル、および採集時期
が造林の将来に与える影響は大きい。

造林地は水分が豊かな土壌および粘壤がよい。乾燥した土壌の挿し穂は活着しにくいいため、こ
のような立地条件で造林する場合は、降水が十分な雨季を選ぶか、または灌漑環境を整えなけれ
ばならない。重粘質土壌の挿し穂は発根が悪く、水分の浸透が劣ることで、挿し穂の腐乱を招く
可能性がある。

2) 幹（枝）挿し造林

幹挿し造林は、幼樹の幹、または大樹の太い枝を造林地に直接挿す方法である。

一般的には2~4年生で直径約3~5cmの枝と幹を2~4mに切って使用する。挿し込む深さは約
1m。最近、北方地域および華東地域で推進している「楊樹長截幹深栽」も一種の幹挿し造林方法
である。具体的な方法は2~3年生の大きな苗を根元で切断し、一部の枝葉を切り取る。この茎（幹）
を地下水の近く、2~3m深さに埋めてから、挿した穴に土をかけ、踏み固める。灌水環境があれ
ば、さらによい。深く植えた幹の切り口が地下水を直接吸収し、幹の下端が水分で潤った土層に
あるため、発根が早まり、活着率も高く、勢いよく育つ。この方法は主に発根が簡単な楊樹、ヤ
ナギ（柳樹）などに適用される。

第3章 幼齡林保育管理

3.1 土壤管理

3.1.1 耕耘と除草

耕耘と除草は幼齡林保育で最も重要な作業であり、耕耘と同時に雑草を取り除く。

耕耘とは表土をほぐすことで、その効果は次のとおりである。土壤の表層と低層の毛細管連絡を切断し、水分の物理的蒸発を減少させる。土壤の通気性、水分の浸透性と保水性を改善する。土壤中の微生物の活動を促進し、有機物の分解を加速することで、土壤の栄養水準を高め、幼齡林の活着と成長に有利となる。

雑草、低木は数が多いだけでなく、繁殖も簡単で適応性も強いいため、大面積の栄養空間をすばやく占め、大量の水分、養分および日光を奪い、消費する能力をもっている。したがって除草等の、幼樹と競争する各種植物を取り除き、幼樹の活着と成長空間を保証して、水分、養分および日光の需要を満たし、活着段階および旺盛な成長時期へ導いてやる必要がある。

耕耘と除草は一般的に同時進行してよいが、実際はどちらかの作業を主体として行なうこともある。湿潤地区、または土壤中の水分条件が十分な造林地では、耕耘をせず、除草（草刈り、低木刈り）だけを単独で行なってもよい。

1) 耕耘と除草の年限、回数および時期

耕耘、除草の持続年限は樹種、立地条件、植樹密度と経営事情など具体的な状況によって決定する。一般的な状況では開始から幼齡林すべての樹冠が閉鎖するまで、少なくとも約3～5年連続して行なう。「速生豊産林」と経済林を育成する場合は、耕耘、除草を樹冠の閉鎖までではなく、長期にわたって行わなければならない。

毎年の耕耘、除草の回数は、造林地区の気候、立地条件、樹種、幼齡林齢および現地の経済事情などによる制約を受ける。通常、初めの年には必ず耕耘、除草を行ない、1、2年目に2～3回、3、4年目に1～2回、5年目に1回で、その後は雑草と林木の成長状況を見て、耕耘、除草の回数を決定する。

耕耘、除草の季節は、雑草・低木の生態特徴と生活習慣、幼樹なら成長の規律と生物学的特性および土壤の水分、養分状態に合わせて決定する。一般的には幼樹の生育旺盛期前と雑草の成長が盛んになる季節に行ない、雑草と低木の水分、養分争奪を減少させ、幼樹の成長を促進する。秋季の除草は、必ず雑草と低木の種ができる前に行ない、翌年の雑草と低木の繁殖を防ぐ。

2) 耕耘と除草の方式および方法

耕耘、除草の方式は整地方式および経済条件の違いにより異なる。全面整地の場合は全体を掘り返して除草してよい。また、その年の初めに帯状およびブロック状に耕耘、除草、土寄せ（培土）し、2回目に全体の耕耘、除草を行ってもよい。機械設備がある場合は、行間を機械で中耕し、木の周辺を耕耘・除草する。部分整地の幼齡林では人工耕耘、除草を採用し、徐々に耕耘範囲を広げ、ブロック状、穴状整地の場合は、1～2回で穴を拡大し、つなげて水平な帯状にする。

帯状整地の場合は徐々に広げて土寄せをし、日に日に拡大する面積、栄養面の必要を満たしてやる。

耕耘、除草は苗木が幼齡樹を傷つけないことが肝要である。次の「三不傷、二浄、一培土」を実行する。「三不傷」は根、皮、梢を傷つけないこと。「二浄」は雑草、石ころを徹底的に取り除くこと。「一培土」ほぐして軟らかくした土を幼樹の根元に寄せることである。

耕耘、除草の深さは幼齡林の成長状況と土壌条件により決定する。造林初期は浅く、幼樹の年齢増加とともに徐々に深くしていく。粘質で表土が凝結した土壌、または長期の管理不足でも、根系の再生能力が強い樹種では、深く耕耘するとよい。特に乾燥する場所では、より深く耕耘する。耕耘、除草の深さについてまとめると、内側は浅く、外側は深く、斜面は浅く、平地は深く、小木は浅く、大木は深くする。砂質土は浅く、粘質土は深く、湿潤地は浅く、乾燥地は深くし、一般的な耕耘、除草は5～15cmとして、必要時には20～30cmにしてもよい。

夏季に酷暑、冬季に厳寒な地区で、夏・秋季に除草する場合は、幼樹の成長に影響を与えないように、雑草と低木の繁茂状況を見て、一部の雑草と低木を適当に残し、幼樹の日よけ、または防寒に役立てる。長期に亘っての荒廃地、雑草、灌木の繁茂している幼齡林、耐陰性樹種の幼齡林及び、播種造林した針葉樹の幼齡林は、日光で死滅しないように乾燥、暑い季節の除草を避ける。

現在、人工林の耕耘、除草は多くが手作業であるが、条件の許す場所では、できるだけ機械を用いるべきである。幼齡林の中に農作物を植えて、耕耘を行うのもよい。労働力の節約と幼齡林の成長を促進するために、化学除草剤を使用することも比較的良い方法である。

3.1.2 水分管理

1) 灌漑

灌漑は造林時と林木の成長過程で人為的に土壌の水分を補充し、造林の活着率、保存率を高め、幼齡林の成長を促進する有効な措置である。

灌漑には溢流灌漑、ボーダー灌漑、畝間灌漑、スプリンクラー灌漑、点滴灌漑などの方法がある。溢流灌漑は作業効率が高いが水の使用量が多く、平坦な土地でなければ、土壌浸食および灌水量のむらを引き起こしやすい。ボーダー灌漑は便利で灌水も均等、水も節約できるが、細かい作業が求められ、多くの労働力が必要である。畝間灌漑のメリット・デメリットは溢流灌漑とボーダー灌漑の間に位置する。スプリンクラー灌漑と点滴灌漑は近代化された灌漑方法であり、傾斜が大きい丘陵山地では、徐々にスプリンクラー灌漑に切り替えていくべきである。

幼齡林の灌漑では1度の量を増やし、回数を減らすという方法により湿潤度を高めてもよい。灌水間隔を延ばして、灌漑回数を減らす。一般的に2度の灌漑間隔で、土壌の水分含有量が最大容水量の60%以上維持できればよいとされる。

灌漑後は随時土をほぐし、土壌水分の蒸発を防ぎ、灌漑効果を高める。降雨量が600ミリ以下の半乾燥地区では、灌漑後、植穴のマルチングを実施すると、灌漑効果を大幅に高め、同時に草繁茂を抑制する有効な手段である。

2) 排水

雨の多い季節または湖水地区、くぼ地での造林は、過度の降雨量または地下水位の上昇で、しばしば造林地が浸水されるため、高畝、高台など水位を下げる整地方法を採用するとよい。同時に造林地に排水溝を建設し、雨の多い季節は、たまった水を随時排除する。土壌の通気性をよくし、林木の成長を促進する。

3.1.3 林地施肥

1) 林地施肥の特徴

幼齡林地の施肥は集約施業林の重要な技術措置の1つである。幼齡林の栄養状況を改善し、地力を増加させて樹冠の閉鎖を早め、林分の質を向上させて成林までの年数を短縮する。同時に林木の結実を促進する有効な措置でもある。

林地施肥には以下の特徴がある①林木については、多年生植物であり、長期効果のある有機肥料を主体に施用する。②用材林については長枝葉および木材を主体に、窒素肥料を主とした完全肥料を施用し、幼齡林時はリン酸肥料を適切に増やすと、分裂組織の成長と栄養器官の迅速な拡大に大きな作用がある。③林地の土壌、特に針葉樹林の土壌では酸性が強く、カルシウム系肥料の需要が多い。④微量元素が欠乏している土壌では、窒素、リン酸、カリを施用すると同時に、少量の亜鉛、ホウ素、銅などを組み合わせると、林木の成長と結実にきわめて有利となる。⑤幼齡林段階の林地は雑草が多く、その施肥は化学除草剤との併用で効果が得られる。

2) 肥料の種類

幼齡林に施用する肥料には、無機肥料、及び有機肥料がある。有機肥料は大量の有機質を含み、養分も完全で、効果も長く続くが、有効成分は少なく、効果も遅い上に、何より施用量が多く必要である。無機肥料（複合肥料を含む）は養分の含有量が高く、効果を発揮するのも早いですが、有効期間は短く、揮発、溶脱または固定して効果を失いやすい。

3) 林地の施肥方法

幼齡林の施肥方法は手作業、機械施肥および飛行機による施肥など多くの方法がある。

林木は多年生植物であり、栽培周期が長く、一生のうち何度か施肥を行なうのが望ましい。施肥の時期は造林前後、全体の樹冠が閉鎖した後、主伐数年前の3つの時期を中心とする。造林前の施肥は整地時に基肥（撒布または植え穴施肥）と組み合わせ、播種造林の場合は肥料と種を混ぜるか、または菌根土（菌根を混ぜた土）と混ぜた後に播種してよい。苗木造林の場合は、「蘸根肥」（根に肥料をつける）をしてもよい。造林後の肥料は幼齡林保育作業と合わせ、耕耘後に溝を掘り施用するが、全体に「撒布」してもよい。全体の樹冠が閉鎖した後と主伐前の施肥は、手作業、機械、または飛行機による全面撒肥を行なってもよい。

施肥量は樹種の生物学的特性、土壌の痩せ具合、林齢、および施用する肥料の種類により決定する。

施肥の深さは一般的に化学肥料、または緑肥を地表以下約 20～30cm またはより深い場所に施

用する。

3.2 幼齡林の管理

3.2.1 苗の間引き

播種、または苗木による造林の後、苗木が密集し、幼齡林は樹冠が全面閉鎖する前、まず群生簇内、または穴内から閉鎖し、個体の成長に伴い、栄養・面積の要求も次々と大きくなり、小群体の中の個体も淘汰され始め、成長が不ぞろいになるため、造林後には必ず間引きを行わなければならない。小群体内部の密度を調整することで、優勢な植物体がより元気に成長する。

間引きの時期、度合い、回数：立地条件、樹種の特長、小群体内の個体成長状況および密度により決定する。立地条件が優れ、樹種の成長速度が速く、小群体内の個体淘汰が進み、密度が高ければ、造林の2～3年目に行なってよい。反対であれば4～5年目に遅らせて行なう。

成長が迅速な樹種林分は、間引き度合いを大きめにしてよい。成長が中くらいの樹種林分は、間引き度合いを小さめにする。成長が遅い樹種林分は間引き度合いを小さくする。立地条件が劣る場所で、林木が群体を保持するほうが悪環境への抵抗に有利ならば、間引きを行なわなくてもよい。間引きは一般的に1～2回とし、特に小群体内の植物体が多すぎる場合は、環境の急激な変化が植物体の生存と成長に影響を与えないように、1回にすべてを間引きしてはならない。

間引きでは「小さく劣るものを除き、大きく優れたものを残す」という原則を把握する必要がある。成長が比較的早く、まっすぐで樹冠の発育が良好な優勢木は残しておく。

3.2.2 台切

台切は樹種の萌芽能力を利用し、幼樹の地上部分を切り取ることであり、新たに生えた枝を優良な幹に育成する方法である。萌芽能力が強い樹種、たとえば楊樹、キリ（泡桐）、シナサッサfras（檫樹）、ニセアカシア（刺槐）、シンジュ（臭椿）、ユーカリ（桉樹）、クスノキ（樟樹）などに適用される。台切は絶対に必要な育成措置ではないが、造林後に幼樹の地上部分がある種の原因（機械損傷、凍害、旱害、病虫害、動物被害など）により、活着または育つ見込みがなくなった場合に採用する回復措置である。

台切は地面ぴったりに、株を残さず、鋭利な道具で行なう。切り口を平らにし、台切後はすぐに土をかぶせ、切り口の凍傷および水分の損失を防ぐ。

台切は一般的に幼齡林期に行ない、低木樹種の台切期限は適切に延長してよい。時期は樹木の休眠する季節が望ましく、晩春の発芽後は出液量の多すぎで病虫害に感染する恐れがあるため、台切を行なってはならない。また、樹木が成長する季節も、充実していない萌芽組織が越冬で寒害を受けないように、台切を行なわない。

3.2.3 萌芽整理

萌芽整理は萌芽力が強い樹種、たとえばコウヨウザン（杉木）、ニセアカシア（刺槐）、楊樹などの主要な幹の萌芽を除去し、主要な幹の成長を促進する育成措置である。

萌芽整理は一般的に造林後1～2年で行なうが、延長継続が必要な場合もあり、反復して何度か行なうと、よい効果が得られる。

3.2.4 芽かき

芽かきは幼樹の成長を促進し、形のよい幹を作る育成措置である。幼樹の幹に芽生えた若芽が木質化する前に、幹2/3以下の若芽を切り取る。この作業は樹木の養分散を防ぎ、幼樹の樹高成長に有利で、早すぎる枝打ちを避けられる。作業の手間も省け、節がない良質な用材を育てることができる。

3.2.5 枝打ち

枝打ちは人為的な措置により、林木内部の栄養を調整する重要な手段であり、枝打ちと同時に幼樹の形を整える。枝打ちの主な作用：幼樹の樹勢を増強し、特に樹高の成長を促進して、幹の高さと通直度を高め、節を防ぎ、幹材の品質を向上させる。良好な樹冠形を育て、太い側枝の分布を均等にし、主要な枝と副次的な枝を明らかにする。病虫害防止および火災の減少にも重要な役割を果たし、薪材を必要な地区に供給することもできる。

ただし、枝打ちの時期、度合い、方法が適切でなければ、幼樹の成長に悪い影響を及ぼす。合理的な枝打ちは、以下の点で注意が必要である。

1) 枝打ち開始年次

樹種の違いにより、枝打ちを始める年限も異なる。用材林樹種を例に挙げると、一般的に成長が遅い広葉樹と針葉樹は、成長が盛んな時期より後に枝打ちを行ない、直幹性が強い樹種、たとえばコウヨウザン（杉木）、カラマツ（落葉松）、トウヒ（雲杉）、ヤチダモ（水曲柳）などは、樹冠の閉鎖前に枝打ちを行わず、林分が十分に閉鎖し、林冠の下に枯れ枝が現れてから枝打ちを始める。主要幹が不明確で、幹材を利用する樹種および早生広葉樹、たとえばキリ（泡桐）、シロニレ（白榆）、クスノキ（樟樹）、クヌギ類（櫟類）、オウバク（黄波羅）などについては枝打ちの開始を早める。樹種によっては、造林後2～3年後から行なってもよい。

2) 枝打ちの季節

枝打ちは晩秋および早春、樹木の休眠期に行なうべきである。この時期の枝打ちは樹皮が破れにくく、出液も少なく、癒合が早い。ただし萌芽力の強い樹種、たとえばニセアカシア（刺槐）、楊樹、シロニレ（白榆）、コウヨウザン（杉木）などは、夏季の成長が盛んな時期に枝打ちを行ってもよい。この時期は樹木の成長旺盛期で、切り口が癒合しやすく、枝打ち後も密生枝の発生を抑えることができる。ただし、雨による切り口の感染病、または乾燥による癒合への影響を防ぐために、雨季または乾燥した暑い時期の枝打ちは避ける。出液が深刻な樹種、たとえばクルミ（核桃）などは、果実の採集後に枝打ちを行なう。

3) 枝打ちの度合い

合理的な枝打ちの度合いとは、林地の樹冠を破壊せず、林木の成長量を低下させない程度を原

則とする。

幼樹の枝打ちは主に樹冠下の過密した分枝を整え、林分の通風、光透過条件を改善することで養分を集中し、主要な幹の成長を促進する。一般的に常緑樹、耐陰樹および成長の遅い樹種は枝打ちの度合いを小さくする。落葉樹、陽樹および成長が早い樹種は度合いを大きめにする。同樹種でも立地条件がよく、樹齢が高く、樹冠の発育が良好な場合は、度合いを大きくしてよい。そうでなければ小さくする。通常では幼齡林の樹冠閉鎖前後、枝打ち度合いは幼樹の樹高の1/3～1/2とし、樹齢の増加に伴い、枝打ち度合いも樹高の2/3まで増やしてよい。

果実生産を目的とした経済林の樹種では、開花、結実を促進するために剪定を行ない、定植2～5年以内に樹種それぞれの要求に従い、頂枝を切り取って樹冠の発育の釣り合いをとる。同時に密生枝、徒長枝、枯れ枝、および病虫害枝を剪定すると樹木の成長と開花、結実に有利である。

4) 枝打ちの方法

小枝は鋭利な枝打ちバサミ、またはナタを用いる。幹にぴったりつけて切るか、または下から上に削り取り、癒合しやすいように、切り口は平らにする。太く大きい枝はノコギリで下から上に、次に上から下に向けて切り離して、樹皮の破れ、または粗い切り口の裂け目が樹木の成長に影響するのを避ける。

3.2.6 農作物の間作

林地における農作物の間作は、人工林を育成する伝統的な方法であり、特殊な形式である。幼齡林の樹冠が閉鎖する前に、幼齡林の行間を利用して各種作物を植え、間作する農作物の中耕・管理を行うことで間接的に幼齡林を育成する。林地における農作物の間作により幼齡林保育の作業を省略できるだけでなく、造林コストを下げ、収入が増加する上に、林地の土壌を改善し、林木の成長を促進するため、生物学上、または経済収益など各方面から見ても重要な意義がある。幼齡林で農作物の間作を実施する場合は、以下の点に注意しなければならない。

1) 林木育成が主体

幼齡林での農作物の間作は林木の育成を主体とした経営措置であり、その目的は土地を肥やすことで、耕耘により間接的に幼齡林を育成し、林木の成長を早め、林業・農業両種の収穫を得る。したがって間作のみに力を入れ、単純に農作物の生産量だけを追求してはならない。林業育成の目的を忘れると、林木を傷つけることもある。

2) 計画的に行なう

幼齡時の間作は土地の事情に適した措置をとり、計画を立てる。林地における間作は一般的に土壌に湿り気があり、肥沃な立地条件下で行なわれ、山地の傾斜度が25°以上ならば、土壌浸食を引き起こす可能性があるため、間作は厳禁である。乾燥して痩せた土地で間作を行なう場合は、樹木と水分・肥料を争い、樹木の成長に影響を与えないように、一般的に水分と肥料の消費が少なく、土壌を改良できるマメ類、または緑肥作物を選ぶとよい。

3) 間作作物の選定

林業を主体とした間作成功のカギは、造林の適地適木を基本に、樹種の生物学的特性および立地条件に合わせて、適切な間作植物（作物）および間作方式を選び、林齢の増加に伴う正確な処理および異なる植物間の相互関係を調節し、植物間の相互促進作用を十分に発揮させることにある。幼齢林地のタイプの違いに合わせて、間作植物の選択も3タイプに分けられる：①林地の土壌が成熟しているならば、間作植物はラッカセイ（花生）、マメ類、アブラナ科（油菜）の野菜および薬用植物を選択する。②林地の土壌が成熟していない場合は、緑肥植物、アワ（谷子）、ソバ（蕎麦）などを選択する。③林地の土壌が比較的良好で緩い傾斜地ならば、水平に耕して、各種農作物、緑肥などを選択してもよい。

間作植物は適応性が強く、短稈かつ直立であり、林木と水分・肥料を争わずに、できれば早熟、高生産のマメ科作物および栽培技術が簡単で、経済的価値の高い作物を選択する。林木の成長に不利な高稈、塊茎・塊根およびフジのような蔓性作物の選択を避ける。林木と同じ病虫害をもつ農作物の選択も避ける。南方の山地は、夏季収穫の作物を避け、秋季収穫の農作物を選択する。一般的に成長が早い陽樹または年齢が高い幼齢林には、短稈の耐陰作物を選ぶとよい。成長が遅く、耐乾性・耐陰性樹種または年齢が低い幼齢林には、高秆作物を選ぶとよいが、造林後1～2年以内に間作を行わなければならない。浅根性の樹種には深根性作物、深根性の樹種には浅根性作物を選ぶとよい。

4) 間作の方法

(1) 輪作の実行

同一林地で毎年続けて同一農作物を間作すると、土壌中のいくつかの養分が欠乏し、作物の成長不良を招き、病虫害を引き起こしやすい。農作物の輪作を採用すれば、このような現象を避けられる。農作物の輪作の方法は2種類あり、1つは1年サイクルで1回、たとえば1年目に薬用植物と小麦、2年目に大豆、緑肥作物、3年目にラッカセイ（花生）、大麦、小麦などを植える。2つ目は1シーズンに1回、たとえば春季にマメ科植物、秋季は緑肥作物で、2年目の春季は農作物を植える前に、土壌に緑肥を入れて基肥にすれば、農作物の増産にも、幼樹の成長にも有利である。

(2) 林木と農作物の距離

間作は幼齢林の行間で行ない、林木と間作作物の距離を保たなければならない。樹木は上方が日照を得て、側辺は陰になるという条件で、間作作物と幼樹の根系が水分、肥料を競争しないようにする。一般的に1～2年生の幼齢林では、幼樹の根域から30～50cm離して植えるとよい。

(3) 管理の強化

間作では随時中耕、除草、施肥、灌水、および病虫害の予防を行わなければならない。間作作物の播種、管理、収穫の全過程では、幼樹の成長を第一に考えるべきである。幼樹の損傷を防ぎ、作物収穫後の茎などは必ず土に返すことで、土壌の有機質を増やし、林木の成長を促進する。

3.2.7 幼齡林保護

1) 封山育林

「封山育林」は幼齡林を育成する重要な措置である。造林後2～3年以内、幼齡林の平均高さが1.5mになるまでは、山地を管理し、幼齡林を徹底して保護しなければならない。造林したばかりでは、幼齡林が小さいため、外界の悪環境に対する抵抗力も弱く、損傷しやすい。人間と家畜が林地を踏みつけると、林地の構造が劣化し、土壌の地力が低下する。いずれも幼齡林の活着と成長に影響を及ぼすため、造林後は林地を育成する以外に、山地の閉鎖および育成管理を行ない、放牧、しば刈り、草刈りを厳禁する。宣伝教育を強化し、各管理制度を定めて整備し、山地閉鎖、林地保護、および育成を結び合わせ、幼齡林の迅速な成長を促進する。

2) 火災予防

人工幼齡林はほとんどが人為活動の頻繁な場所にあり、防火には非常に重要な意義がある。特に森林防火等級が高い地区と林種については、防火対策により力を入れる必要がある。森林地区と林種の特徴に合わせて、科学的防火システム（組織、制度、設備、手段、および方法など）を確立し、林地保護の防火対策を徹底する。

3) 生物災害の抑制

生物災害の抑制については「主に予防、総合管理」の方針を徹底的に実行し、森林健康の理念を立て、終始一貫して生物災害の抑制に取り組む。造林設計および施工時から、混交林にするなどの各種予防措置をとらなければならない。林木栽培育成過程においては、管理を徹底的に強化し、成長環境および衛生環境を改善して、幼齡林の健康な成長を促進し、抵抗力を増強する。土地の事情に合わせて天敵生物を保護し、生物的防除を主体に、人工的な捕殺で補うなど、物理的措置で林木の有害生物を抑制し、毒性および残留性の高い化学薬剤の使用を禁止する。同時に森林有害生物の林木検疫機関を設置して整備し、林木の検疫および有害生物の検査業務を徹底的に行ない、有害生物の伝播、蔓延および被害を抑制する。

4) 寒害、凍上、雪折れ、および日焼け被害の防除

冬季、春季の空っ風が深刻な地区では、造林後に寒害を受けやすい樹種に対して、晩秋から初春に覆土して防寒対策をする。排水性が劣っているか、または粘質土壌の場合、凍上害を受けやすい地区では、段丘状に整地し、地下水位を下げ、林地を草で覆って、凍上害を軽減する。雪折れが起こりやすい地区では、合理的に樹種を選択するか、異なる樹種を合理的に組み合わせる。日焼けの被害を受けやすい地区では、林分樹種の組み合わせに注意し、高温になる真夏の耕耘および除草を避ける。また、造林地を選択する時、特に注意が必要なのは、海拔が低い山地を選ぶことで、成林後に随時間伐および適切な枝打ちを行なえば、各種災害の被害を避けられる。

第4章 農地・牧場防護林造成技術

4.1 農地・牧場保護林造成計画策定の原則と実務

4.1.1 計画・策定の原則

- 1) 「農業・牧畜業全体計画」に従う。「農業・牧畜業生産に奉仕」の方向を堅持する。
- 2) 農業・牧畜業が主、林業が副という原則を堅持し、農業・林業・牧畜業3者の関係、当面の利益および長期利益の関係を正確に処理する。
- 3) 「土地の事情に合わせ、被害あれば予防、できることから始めよう、近くから遠くへ、全面的計画、統一的計画」の原則を徹底的に実行する。山、水、田、林、道路は統一的に計画し、風、砂、乾燥、冠水、アルカリ（土壌）は総合的に管理する。
- 4) 「林帯の防護機能を最大限発揮させる」ことを前提に、耕地の林地化は極力少なくする。
- 5) 農地・牧場防護林計画は、その他林地および「四傍緑化」と緊密に連携をとって進め、防護林体系を形成する。
- 6) 農地・牧場防護林を地形、地物と結合させ、林網、道路網、水利網の三網合体を目指す。

4.1.2 計画策定の実務

1) 林帯の構造

林帯の構造とは林帯の外形およびその内部構造の全体を指すものであり、林帯樹冠の層、幅、横断面の形状、枝葉状況、密度および光の透過状況などが含まれる。林帯の構造の違いにより、その防風効果も異なる。

通風度とは林帯が通風させる程度、つまり林帯風下側の林縁1mの高度範囲内の平均風速と林のない原野における同じ高度範囲内の平均風速の比であり、十分率で表示する。これは林帯の構造の優劣および防風作用の大小を決定づける重要な指標であり、風速、風向の変化に伴い変化する。

光透過率：林帯が光を透過させる程度、つまり林帯縦断面の透光孔隙面積と林帯縦断面の総面積の比であり、十分率または百分率で表示する。

光透過率も林帯の構造特徴を表す重要な指標であり、林帯の密度、枝下高、成長状況などが反映される。光透過率と通風度には関連性があり、通風度は実際には測定が難しく、標準も把握しにくいいため、生産中はたびたび光透過率で代替し、林帯構造を判断する直接指標としている。

林帯の有効な防護範囲：林帯が農作物、牧草に増産効果を顕著にもたらす最大距離を有効防衛範囲、または有効防護距離と呼ぶ。一般的に平均蒸発量20%以上の減少、平均風速量20%の低下を最低値として、林帯有効防護範囲を確定する具体的な指標とする。林帯の有効防護範囲は林帯の1高度(h)の倍数で表示する。合理的な林帯を設計するには、有効防護範囲は一般的に20～25hとし、最高で30hにする。

光透過率の大小および各程度の光透過率の差異に基づき、林帯構造は3種の基本タイプに分けられる。

(1) 緊密構造

緊密構造林帯は幅があり、密度が高く、上下に枝葉が密集していて、高木、垂喬木および低木樹種で構成され、多層の林冠を形成する。林帯の縦断面は光透過が少ないか、または透過せず、光透過率および通風度ともに 0.3 を下回り、有効防護範囲は 15~20m、最少風速は林帯風下面の 1h で、原野における風速のわずか 10%に相当する。緊密構造林帯は全体的に有効防護範囲が狭いが、近距離であれば大きな防風効果がある。風砂被害が深刻な地区で緊密構造を採用すると、林帯内部および林縁付近の静風域に砂が蓄積しやすく、2 つの林帯に挟まれている農地は風食を受け、真ん中が低く両端が高い「飼葉おけ」状態を形成し、耕作の不便と減産を招く。冬季に降雪が多い地区では、林縁付近に大量に積雪し、春季の耕耘が遅くなる。林縁付近に静風域を形成するため、夏季には高温による被害を受けやすく、晩秋には寒風が集まり寒害を受ける。したがって緊密構造の林帯は農地の保護に不利であるといえるが、牧場周囲に設置して、防風防砂林、水土保持林などとしてもよい。

(2) 光透過構造

光透過構造林帯は幅が狭く、林帯の縦断面から見ると、上下ともに透光間隙がある。数列の高木と両側各 1 列ずつの低木で構成される。低木を配置しない場合は高木下部に必ず十分な側枝を残しておく。光透過率は 0.3~0.4 で、通風度は 0.3~0.5 とする。林帯の風下面に比較的大きな弱風域を形成し、最低風速が林帯後部の林縁から 3~5h 範囲内に現われ、有効防護範囲は 25h となる。光透過構造林帯の有効防護範囲は広く、林帯が風速を落とし、緩慢かつ均等にする。砂の蓄積、積雪、および風食現象などはないため、風砂被害が深刻な地区で採用するのに最も適した理想的な林帯構造である。

(3) 通風構造

通風構造の森林帯は、上部が緊密で下部はまばらであり、一般的に数列の高木で構成され、下木はない。光透過率は 0.4~0.6 とし、通風度は 0.5 を上回る。通風構造の林帯は、近距離の防護効果が低く、最低風速は 5~10h 範囲内で現われ、風速の回復は緩慢で、有効防護範囲が最大で 28h に達する。通風構造林帯は、冬季の降雪を農地地表で均等に分布するが、林縁付近と林帯内部に風食が起きやすいため、風砂被害が軽い地区での採用がふさわしい。

2) 林帯の方向

農地・牧場防護林は主林帯と副林帯で構成され、主要な災害風を防ぐ林帯を主林帯と呼び、それ以外の風を防ぐ林帯を副林帯と呼ぶ。林帯の方向とは主林帯の配置方向を指し、一般的に林帯両端方位角で表わす。林帯と主な災害風の夾角を交角と呼び、90°から交角を引いたものを偏角と呼ぶ。

(1) 主林帯方向の決定

主林帯の方向は主に主要災害風の方向に基づき決定する。主要災害風とは農作物、牧草の播種、および成長発育に被害を与える風速が最大で、出現頻度が最大の風を指す。通常は現地 5 年間の

気象データで分析を行ない、風速 $\geq 8\text{m/s}$ の大風が発生した日数および方向を根拠として、8方位で作成した災害風の風向頻度図により、林帯方向を決定する。主林帯方向は農地・林網防護効果を決定する重要な要素の1つであり、林帯と風向交角の大小は、林帯の防風効果と密接に関連している。研究結果によると、林帯と主要災害風の風向との交角が 90° のとき、防風効果が最大になり、交角が 90° から減少すると、防風効果が低下する。林帯の基本作用は防風であるため、主林帯の方向を主要災害風の風向と垂直にすれば、林帯の災害風阻止作用を最大限に発揮できる。

(2) 副林帯方向の決定

一般的な状況では、副林帯は主林帯と垂直に配置し、補助的な役割を果たす。主要災害風の風向頻度が高いと、災害風は比較的集中し、その他方向の災害風の風向頻度が低くなるため、主林帯は主要災害風と垂直に配置する。その他災害風の風向頻度が極低ければ、被害も少なく、副林帯を設置しなくてもよい。主要災害風とその他災害風の風向頻度が高ければ、副林帯の役割は主林帯と同等に重要となり、林網は正方形に設置する。主要災害風の風向頻度が高くても、あまり集中していなければ、主林帯の方向は風向頻度が高い主要な2災害風の平均方向と垂直にし、副林帯を設置しなくてもよい。主要災害風とその他災害風の風向頻度が低く、災害風の方向が集中していなければ、副林帯は主林帯と同等に重要となり、2、3または多数方向の災害風風向頻度にほとんど違いがなくなる。正方形の林網を設計する場合、林帯の方向はかなり大きな範囲内で調整を行なう。現地の農業技術措置および耕作習慣、道路、用水路の配置方向を考慮し、風砂被害が深刻でない地区では、主に微気候を改善するため、農地・牧場保護林を造成し、現地に木材および副産物などを提供する。林帯方向の確定は、単純に主要災害風方向と垂直にするだけではなく、一定の偏角を許容する。林帯交角の減少に伴い、林帯の防風機能は徐々に低下する。幅が広い林帯方向は 30° の偏角にすると、林帯の防護作用に大きく影響しないため、この偏角範囲内で林帯方向の変更を考慮してもよい。林帯の偏角が 45° までになると、防護効果が明らかに低下するが、農地林網化の成功後、どの方向からの災害風にも対処できるように、林帯だけを強調した設計をせず、主要災害風との垂直方向に一定の偏角を持たせる必要がある。

3) 林帯間隔

林帯間隔とは主林帯間および副林帯間の距離を指す。林帯間隔は広すぎても狭すぎても問題がある。間隔が広すぎると林帯間の農地と牧草が完全に保護できず、間隔が狭すぎると林帯の占める面積が大きくなる等の影響を及ぼし、農地の灌漑、農業機械の効率、および作物の収穫など作業の進行にも影響する。このため、設計時には必ず林帯構造の機能、自然災害状況、および土地の生産能力状況を総合的に考慮しなければならない。

主林帯間隔は主に次の2要素に従って決定する：1つ目は林帯構造それぞれの有効防護範囲。2つ目は林帯構成樹種の成林時の高さ。光透過構造林帯の有効防護範囲を25h、林帯の高度を15~20mとするなら、主林帯間隔は375~500mとなる。

風砂被害の程度は地区によって異なるため、林帯の間隔もそれぞれ異なる。自然災害が深刻な地区では、主林帯間の距離を縮め、林網の密度を高くする。平原地区は穀物、油、草の生産基地であり、自然災害による被害も少ないため、林帯にできるだけ耕地を占めさせず、網目は相対的

に大きくする必要がある。

副林帯の間隔は主要な災害風以外の風と現地の風砂・旱魃被害の程度、耕地面積の大小、および機械耕作条件によって決定する。その他の風による被害が大きく、現地の風砂と干ばつが深刻であれば、副林帯の間隔は少し狭くする。その他の風による被害が深刻でなく、機械耕作で、その条件もよい地区は、副帯間の距離も適切に大きくする。

地区が異なることに風砂害の程度が異なるため、林帯間隔もまた異なる。自然災害の激しい地区においては、主林帯の間隔はやや狭くし、林帯を密にする必要がある。平原地区には、穀物、油菜種、牧草の生産地であり、自然災害は軽微であるが、林帯の耕地に占める面積を少なくすることが可能であり、網目を相対的に大きくすることを要する。

各地における農地・牧場防護林の主林帯と副林帯の距離は、次のようになっている：東北西部と内モンゴル自治区東部地区は、一般的に主林帯の間隔が 300～500m、副林帯は主林帯と同じ、または 2 倍に広げる。蘇北沿海（江蘇省北部沿岸）防護林は、主林帯の間隔が 200～300m、副林帯の間隔が 1000～2000m である。豫東（河南省以東の開封・商丘・周口）砂地防護林の主林帯の間隔は 80m、副林帯の間隔は 125m である。西北および新疆砂区防護林は一般的な主林帯の間隔が 150～200m、副林帯の間隔は 200～400m である。

牧場に林帯を配置する場合も、同等条件の下で、主林帯の間隔と副林帯の間隔を適切に大きくする。

4) 林帯の幅

林帯の幅とは林帯両側の樹木列の距離を指し、それに加えて両側に各 1～1.5m の林縁幅を設ける。林帯の幅が適切でなければ、林帯構造および防護機能に重大な影響を与えるため、合理的に土地を利用する重要な指標でもある。

林帯の幅が大きいほど土地に占める比率も大きくなるが、林帯の有効防護範囲および効果は、林帯の幅とは正の相関はなく、林帯が広ければ、有効防護範囲は広くなるが、防護効果が高くなるわけではない。林帯の幅が一定の程度に達すると、林帯構造は過密になり、光透過率および通風度がますます低下し、防護作用も低くなる。

「狭い林帯、小さな網目」の形式で農地・牧場防護林を造成すると効果があり、耕地の占める面積も小さく、防護効果も高いと、実践により証明されている。現在、中国の大部分の土地で 2～4 列、4～8m 幅、林網面積 15～20 万 ha の「狭い林帯、小さな網目」形式が採用されている。

4.2 農地・牧場防護林造成の基本技術

4.2.1 樹林選択の原則

- ①現地の立地条件に合わせ、郷土樹種を主体とするが、樹種の多様性も奨励する。
- ②一定の成長速度、健康で安定した成長、長い寿命であること。
- ③通直で太い幹、深い根系分布、狭い樹冠、多めの側枝、かつ主要幹上下に均等な分布、理想的な林帯構造を形成するのに有利であること。

- ④高温、寒さ、乾燥、病虫害、水温、アルカリ土壌などへの強い抵抗力があること。
- ⑤種子の調達と繁殖が容易で、高い経済価値を有すること。
- ⑥強い根芽性、根絡み、発芽妨害性（日光の遮りで）、作物、牧草と同じ病虫害をもつ樹種、または中間的に宿主となる樹種の選択を避ける。

樹種の選択は、農地・牧場防護林の成長発育および防護機能発揮に直接関係する。樹種の選択が不適當であれば、防護効果が正常に発揮できず、同時に各種マイナス面の影響が生じるため、慎重に選択する必要がある。三北区、黄河区及び北方区でよく採用される農地・牧場防護林の樹種は下表を参照のこと。

表7 三北区、黄河区及び北方区の農地防護林主要造林樹種

区域	主要樹種
三北区域	モンゴルアカマツ（樟子松）、アブラマツ（油松）、ネズミサシ（杜松）、カンリュウ（旱柳）、ハクヨウ（白楊）、ドネリコ（白腊）、シロニレ（白榆）、ニセアカシア（刺槐）、ヨーロッパシロニレ（大葉榆）、シンジュ（臭椿）、胡楊、シンキョウポプラ（新疆楊）、クロポプラの1変種（箭杆楊）、ギントロ（銀白楊）、雑種シモニドロ（小黑楊）、ポプラの1変種（赤峰楊）
黄河区域	アブラマツ（油松）、コノテガシワ（側柏）、クモスギ（雲杉）、ヤマナシ（杜梨）、カシワ（榲桲）、カラコギカエデ（茶条槭）、ニセアカシア（刺槐）、キリ（洵桐）、シンジュ（臭椿）、シロニレ（白榆）、大果榆、モンゴルシナノキ（蒙楸）、ナツメ（棗）、ヨダレヤナギ（垂柳）、河北楊（ <i>Populus hopeiensis Hu et Chow</i> ）、イタリアポプラ（钻天楊）、雑種シモニドロ（小黑楊）
北方区域	カホクラクヨウマツ（華北落葉松）、ギンナン（銀杏）、カバキ（樺木）、カエデ属の1種（槭樹）、ムクゲ（楸樹）、トウキササゲ（楸樹）、ナツメ（棗）、カンリュウ（旱柳）、ニセアカシア（刺槐）、アカシア（槐）、シンジュ（臭椿）、シロニレ（白榆）、クルミ（核桃）、モクゲンジ（栎樹）、オニドロノキ（毛白楊）、アオポプラ（青楊）、カナダポプラ（加楊）

4.2.2 林帯の配置

理想的な構造および断面形状の林帯にするには、林帯を合理的に配置し、複層混交林を形成する。林帯の混交タイプは主に高木混交、高木・低木混交、高木・低木・果樹混交、および、針葉樹・広葉樹混交の4タイプがある。端の列と中間列の樹木は、成長速度および主要幹の高度が基本的に同じであり、屋根型および凹形断面の出現を避ける。理想的な林帯構造を形成するために、林縁には低木を適度に配置する。以下、効果の高い混交方法である。

新疆天山以南の農業地区では、新疆ポプラ（新疆楊）1列とトネリコ種（小葉白蠟樹）1列の配置で構成される、狭い2列の林帯が出現し、防護効果が明らかに向上した。南疆麦蓋提県：道路の片側に、高大で樹冠が狭い新疆ポプラ1列、もう片側に樹冠が広く、枝が密集したシロヤナギ（白柳）1列で、適度な通風構造の林帯を形成した。広東新会県：ヌマスギ（落羽杉）、またはシ

ダレラクウショウ（池杉）4列、両側にライチ（荔枝）、ピロウ（蒲葵）などを配置、光透過構造の林帯を形成した。ヌマスギ、またはシダレラクウショウ2列にザクロ（番石榴）を組み合わせた適度な通風林帯を形成した。

4.2.3 造林密度

高い防風効果を得るために、植栽密度は相対的にやや高めにし、高木であれば1m×2m～2m×3mの樹列間を採用し、低木の樹列間は1mとする。草原地区は土壤水分が不足しているため、密度は低めにし、2m×2m～3m×4mがよい。

植え穴に三角配置方式を採用すると、防護効果が高まる。

4.2.4 造林地の整地

造林前は必ず整地を行ない、農地・牧場防護林の整地は通常造林と基本的に同じとして、ブロック状方法で整地を行ない、条件が合う地区であれば大穴整地を採用して基肥を施用する。

4.2.5 造林方法

1) 苗木造林

農地・牧場防護林を造成する場合、多くは1～2年生の苗木を使用するが、防護効果をできるだけ早く発揮させるために、現在は3～5年生の大苗も広く採用されている。三北地区（東北、西北、華北）の気候と土壤条件は劣悪であり、土地は広大で労働力は少ない。経営管理条件も劣るため、大苗による造林が最も適している。

乾燥地域、または半乾燥地域では、秋季の造林で萌芽力が強い広葉樹種を植栽する場合、苗木の生理的で過剰な失水を防ぐために、植栽前には必ず根の手入れ、剪定、整枝、摘葉などを行なう。

苗木造林の前には、林帯樹間の設計に基づき、植え穴を定めた後にマークを付け、苗木造林の技術要求に従って植栽を行なう。

2) 埋幹（埋枝）造林

埋幹造林は一般的に枝、または幹を一定の長さに切り、すき溝に平らに置いた後、「すき」で土をかぶせ押し固める。ただし、埋幹造林で形成された幼樹の樹間は一様でないため、造林後2年目、3年目の早春に氷が溶けたら1回目の側枝剪定を行ない、1mごとに健康な萌芽だけを2～3本残し、その他は取り除く。3年目、4年目に2回目の萌芽剪定を行ない、1mごとに1本を残す。この方法は川沿いの低地、または湿潤な砂地で高い効果が得られる。

3) 挿し木造林

挿し木造林は材料が豊富で、萌芽力が強い広葉樹種の造林に適用される。たとえば南方のコウヨウザン（杉木）、北方の楊樹、ヤナギ（柳樹）などである。接ぎ穂の大小によって挿し幹、または挿し枝の2種類の方法に分けられる。

挿し幹造林は一般的に太さ 3～8cm、長さ 2～3m、2 年生の太い幹、または枝を選んで造林材料とする。場所を決めたら穴を掘って挿し、下端は少なくとも深さ 50cm まで埋める。土壤水分が一定の湿潤な層の深さに挿しつけることが望ましい。挿し木法は地下水位が低い、乾燥地域でよく採用される方法であり、活着率も高い。

挿し枝造林は一般的に若くて柔らかい細い枝、通常は直径 0.5～2.0cm、長さ 15～20cm に切った 1 年生の挿し穂を選んで造林材料とする。林帯の樹間に従って挿し枝を行なう。

4.2.6 幼齡林保育

1) 耕耘・除草

造林後 3 年以内に、除草の原則（天気が良く乾燥した日・小さいうちに・徹底的に）に従い、幼齡林の耕耘・除草を行なう。1 年目は 3 回、2 年目は 2 回、3 年目は状況を見て 1～2 回行ない、アルカリ土壌および年間降水量が 300～500mm の半乾燥地域では、育成期間をさらに 5～7 年目まで延長する必要がある。

2) 農作物の間作

耕すことで育成する完成した方法で、草丈の高くなる作物、株が密集しやすい穀類、および蔓性作物の間作は適していない。農作物は幼樹から 50cm 以上離しておくこと。

3) 幼樹への土寄せ

砂質土地帯で風食被害のある場合、状況に応じて幼樹に土寄せを行なう。1 年目、2 年目以内は全面的な除草・耕耘を行なわず、樹木の列に沿って除草・耕耘し、行間には 1 本の草地帯を残し、林帯両側の灌木が成長し始め、防砂の役割を果たすようになってから、全面的に除草・耕耘を行なう。

4) 灌漑

西北のオアシス灌漑農業地区では、年間を通して用水路両側の狭い林帯に水を引く以外に、必ず林帯に灌漑を行なわなければならない。春季の定植後、すぐに 1 度灌漑し、半月以内にもう 1 度、その後は 15～30 日おきに行なう。2、3 年目は継続して 5～6 回、成林後は毎年 3～4 回灌漑を行なう。地下水位が高い地帯では、灌漑回数を減らしてもよい。

5) 補植

欠苗、苗折れの多発地では、造林時の植え付け必要本数に従い、随時補植すること。

6) 台切

林帯の両側に植栽した低木は、幼樹の根系が大きく成長した後に台切を行なう。樹種に合わせて、台切は 2～4 年に 1 度行ない、再生を促進し、より多くの枝を発生させ、防護効果を高める。

7) 枝打ち

防護林帯における枝打ちの高さは、一般的に林木樹高の 1/3～1/2 を超えてはならない。適度な通風構造であれ、光透過構造であれ、光透過率が最大 0.4 を超えないようにするため、以下の点に注意が必要である。

- ① 風砂被害が深刻で、光透過構造林帯を主体とする地区では、一般的に狭い林帯では枝打ちをしない。各地の経験によると、4 列、または 4 列以下の狭い林帯で枝打ちをしない方がよい。
- ② 大風が少なく、フェーンの防止が主な目的の地区では、適度な通風構造を保つために、必要に合わせて適度に枝打ちする。
- ③ 緊密構造の林帯は、枝打ちにより光透過構造、または適度な通風構造にする。

8) 間伐

林帯が過度に密集した状況では、光透過率が 0.4 を超えないように、適度な間伐を行ない、間伐後の樹冠閉鎖度を 0.7 以上を保つ必要がある。一般的には病虫害、風折れ、立ち枯れ木、暴れ木、過密成長部分の樹冠が狭く偏った木、被圧木、成長異常の林木だけを伐採する。

4.2.7 林帯の副作用軽減措置対策

林帯樹冠の日陰作用と地下根系が水分・肥料を奪うことで、林縁付近の農作物の成長・発育不良を招き、顕著な減産となる現象を「林帯被影響地」と呼ぶ。その範囲は一般的に林帯両側 1～2h 範囲内であり、最も影響を受けるのが 1h の範囲内で、その程度は林帯の樹種、樹高、林帯構造、林帯方向、作物の種類、地理条件、および農業生産条件などの要素に関係してくる。以下は、「林帯被影響地」の軽減対策である：

1) 溝掘り、断根

林帯側根の広がり具合と付近作物の水分・肥料獲得競争状況を見て、林帯両側端列から 1m の部分に溝を掘り断根する。

溝の深さは林帯樹種の根系深さにより決定するが、一般的には 40～50cm とし、最大で 70cm、溝幅 30～50cm とする。林、道路、排水溝がある林帯では、林帯両側の排水溝が断根の役割を果たす。

2) 農作物の合理的な植栽

当該範囲内には林帯の影響が少ない作物、たとえばマメ類、イモ類、牧草、ヒマ、緑肥、ウリ、野菜、薬材などを植える。同時に液肥を多く施用すると、農地への影響を軽減できる。

3) 林帯および樹種の合理的配置

林帯端列に樹冠が狭く、枝葉がまばらで、発芽・開葉が遅く、根系が深い樹種、たとえば新疆ポプラ（新疆楊）、キリ（泡桐）、ナツメ（棗）などを配置すると、農地への影響を軽減する。極

力「狭い林帯、小さな網目」の形式で林帯を配置すると、影響面積を減少できる。

4) 林、水路、道路の組み合わせ

田畑、水路、道路を林帯に合理的に配置すれば、影響距離を小さくできる。

4.2.8 林帯の更新

林帯樹木の老衰、死滅に伴い、林帯構造が徐々にまばらになると、防護効果も徐々に低下する。林帯の防護効果を長く継続させるには、自然老衰した林帯に代わり、新たな世代の林帯を形成する必要がある。これが林帯の更新である。

林帯の更新を行なうとき、1度に林帯のすべてを切ってしまうと、防護林として農地・牧場を防護できなくなり、農作物の減産を招くため、一定の順序に従い、時間上と空間上で合理的に考え、徐々に更新する。林帯の更新には全更新、半更新、林帯内更新と林帯外更新の4種の方式がある。

1) 林帯全更新

老衰した林帯を1度に伐採してから、林帯跡地に新たな林帯を構築する。全体更新で形成する新林帯は形が整然として、効果も高く、風砂被害が軽い地区ではこの方式を採用してもよい。全体更新には苗木造林法が適していて、たとえば大苗を林帯跡地の造林に使用すると、林帯が早く成林、防護作用を発揮する。萌芽能力が強い樹種、たとえば楊樹などには、萌芽更新を採用すれば、苗の節約になる。

2) 林帯半更新

老衰した林帯片側の数列を伐採し、苗の植栽、または萌芽更新などで更新する方法により、伐採跡地に新たな林帯を構築する。樹冠の閉鎖が防護作用を発揮した後、もう一方に残っていた林帯を更新する。この方法は風砂が深刻な地区に適用され、特に幅が広い林帯に適している。

3) 林帯内更新

林帯内にあった樹木の行間、または伐採した一部樹木の隙間に植林を行ない、徐々に林帯全体を更新していく。この方法は耕地を占しめることなく、林帯の作用を続けて発揮させられるが、新たな林帯が整然としていなければ、一定の期間、林帯の防護作用に影響が出る。幅が広い林帯の更新に適している。

4) 林帯外更新

林帯の片側（日陰が望ましい）を林帯の設計幅に合わせて整地して新たな林帯を造成し、新たな林帯の樹冠が閉鎖してから、もとの林帯を伐採する。この方法は土地を多く占めるが、幅が狭い林帯の更新、または土地が広く労働力が少ない、非集約化地区の林帯更新に適している。

5) 林帯間更新

2本の古い林帯間に新たな林帯を造成し、成林後に古い林帯を伐採してから、跡地を更新し、大きな網目を小さな網目に変更する。間隔が大きな林網の更新に適している。

6) 隔列更新

一定の区域内で林帯を1~2本ずつ飛ばしながら伐採して更新を行ない、新たな林帯が防護作用を発揮するようになってから、残してあった古い林帯を伐採して更新を行なう。間隔が狭い林網の更新に適している。

第5章 水土保持林の造成技術

5.1 水土流失の概念と主な形式

水土流失とは、陸地表面において外因的営力に起因して生じる水土資源と土地生産力の損失と破壊である。すべての外因的営力において、水力と風力は極めて明らかな影響を与える外力であり、そのうち水力が最も活発である。

1) 水土流失の主な形式

直観的に反映することのできる水土流失の外部形態を、水土流失形式という。各形式は常に影響し合い、制約し合うだけでなく、相互に因果的關係をもっているが、各種の水土流失は外部形態上ではそれぞれに異なる特徴を呈している。水土流失の主な形式は、次の7種類である。

(1)水の損失を主とする水土流失形式には、主に空気の乾燥と乾燥風、傾斜地の乾燥、傾斜地土体の浸出損失、垂直侵食、土壌肥沃度の低下などがある。

(2)降水を主な営力とする水土流失形式には、主に土壌構造の破壊、土壌養分の流失などがある。

(3)斜面の地表流を主な営力とする水土流失形式には、主に層状侵食、リル侵食、鱗状侵食、砂地緑化面侵食などがある。

(4)集まった雨の流れの力を主とする水土流失形式には、主にガリ侵食、鉄砲水侵食などがある。

(5)重力を主な営力とする水土流失形式には、主に落石、陥没穴、基岩露出地、崩落、地滑り、山崩れ、堰き止め侵食などがある。

(6)水力と重力がともに形成した水土流失形式には、主に泥流・土石流などがある。

(7)空気の流動力を主な営力とする水土流失形式には、主に風害、風食、飛砂、堆砂、流動砂丘などがある。

2) 水土流失に影響を与える主な要因

自然の法則として、外因的営力が土体の抵抗力より大きい場合は、必然的に水土流失が引き起こされる。外因的営力の破壊力と土体の抵抗力は、各種の自然要因間の相互の影響と制約による総合的な結果である。そのうち、気候、土壌、地形、地質・形状、水文および人間活動は、水土流失に影響を与える主な要因である。

5.2 水土保持林の作用

水土保持林とは、人工的に造成した、一定の構成と構造を有し、水土の流失を抑制し、土地の潜在生産力を向上させ、一定数の林産物を生産することが可能な人工林である。水土保持林とは、各種の水土保持措置の中でも高い効果を有する、持続可能な発展のできる林業生態事業である。水土保持林は、主に次のような作用を有する。

1) 水源の涵養、地表流の吸収・調節

林木は地表流の形成に制約を与え、地表流の強度と速度を低下させることができ、これによって水源を涵養し、地表流を吸収・調節する作用を発揮する。人工林そのものが地表面粗度を増加

させ、樹木枝葉は連続した樹冠層を構成して大量の雨水を遮断し、雨滴が地面に直接たたきつけるのを防ぐことができる。林下の枯枝や落葉は、地表の透水性および保水量を増加させ、水土保持効果を高める。林木はまた、土壌性質を改善して、土壌構造や透過性を良好にし、貯水・土壌保持効果を向上させることができる。

2) 土壌の保全と改良

林木による土壌の保全は、その強大な根系による土壌保持を通じ、大量の枯枝落葉が地表流内の固体物質を遮断・ろ過する作用によって実現されるものである。根系が大きく、側根が水平に発達している樹林ほど土壌保全能力が高い。牧草植物は、根系量は多いが土壌表層のみに分布して根圏層を形成する。地形の傾斜度が大きい場合は、水流の衝撃・侵食により面状侵食を形成することが常である。喬木・灌木の樹種混交を行うことで、根系を土壌中で多層的に分布させることができ、これによって母材と土壌との間だけでなく、風化層と岩石との間にまで明確な境界線がなくなり、重力的侵食を生じる条件を弱める。林木はまた、上方より流れてくる地表流に対してろ過・堆積作用もある。

さらに水土保持林は、土壌を改良し、土壌肥沃度を増加させ、土地生産力を向上させる作用を有する。このような作用は主に、土壌の水熱条件を改善することにより、またそのものの生命活動が土壌発育過程に与える生物的要因の影響によって実現される。特に、土壌中の微生物活動は、土壌養分の有効性に対して非常に重要な役割を果たす。根瘤菌を有する樹種は、土壌中の窒素源を増加させることができる。林木はまた上方からの地表水による生産物を堆積する作用を可能にする。

3) 微細気候環境の改善

水土保持林の環境条件を改善する作用は、非常に顕著なものである。この作用は、風速を効果的に低減させ、林内空気・湿度を増加させ、林内温度の変化率を低下させ、蒸散や蒸発などを減少させることができる。

5.3 水土保持林およびその体系

5.3.1 水土保持林の林種

水土流失地域は広大で、自然条件は複雑であり、各流域間の水土流失の性質と強度の差異は大きく、このため林種に多様性と複雑性という特徴が生じている。水土保持林の林種は、主に次のような根拠によって分類される。

第一は、地域の環境条件と防護対象を根拠とした分類で、黄土丘陵・隆起帯防護林、黄土台地防護林、侵食溝防護林などがある。

第二は、区域の防護対象による要求事項に基づき、造林目的を根拠とした分類で、傾斜地地表流調節林、傾斜地土質改良林、ガリ侵食防護林、水源涵養林などがある。以上の特徴を2つ兼ね備えている林種も一部ある。たとえば、土壌保全斜面保護林の「土壌保全」は、造林の目的を強調し、「斜面保護」は防護対象を強調している。

乾燥、半乾燥地域である黄土高原地区および石質山地における水土保持林には、基本的な林種として、主に黄土丘陵・隆起帯防護林、土壤保全斜面保護林、傾斜地土質改良林、傾斜地地表流調節林、侵食溝防護林、黄土台地防護林、傾斜地牧草保護林、ガリ侵食防護林、護岸護浜林、水源涵養林がある。生産や生活などのさまざまな社会的ニーズに応じて、派生して開発された林種はさらに多い。それらは互いにつながり合いながら相違点もあると同時に、「一種類を多用している」という特徴も呈している。これはまさに、1つの側面から水土流失地域の自然・経済状況の複雑性を反映し、かつ、水土保持林の造成過程における、「土地柄に合わせた措置を講じ、災害に合わせた防護を行い、総合的整備を行う」という原則の柔軟性を体現している。

5.3.2 水土保持林の体系

水土保持林の体系とは、水土流失地域の自然条件、社会経済条件に基づいて、地域間の環境変化、生産の特徴、水土流失の性質、被害程度と強度を統合し、防護目的および防護対象によって土地柄に合わせた措置を講じ、災害に合わせた防護を行い、適切な水土保持林種を配置して構築された、相互間に有機的な連携が図られている全体的な防護体系である。水土保持林の体系は、中国三北（東北・華北・西北）地区の防護林体系における重要な構成部分であるため、同体系は、喬木・灌木・草本、多林種、帯状・ブロック状・網状、造成・封鎖・管理を結びつけた特徴を反映したものでなければならない。

5.3.3 水土保持林の体系構築の原則

1) 大面積、高い被覆率

水土保持防護林の林床は、できる限り土体物質が当初の位置または所在する斜面上に保持されるようにする。したがって、斜面と溪谷に大面積で、集中して面状を呈している造林・草本植栽地においては、既存の植生と合わせ被覆率を60%以上にしなければならない。

2) 多層的高樹冠閉鎖率

水土保持林の雨滴遮断力を向上させるため、地表流を抑え貯水し、土砂を食い止める作用を高めて、地下根系の広域性を増強する。土体を固着させて土壤を改良するため、異なる層、異なる防護機能を有する喬木、灌木、草本植物の種類を選択し、造林・草本植栽を行って、多層のかつ高い樹冠閉鎖率を有する立体的な構造体系を形成する。

3) 多林種高効果

各種の防護林（地域条件と要求事項による）の造成にあたっては、同一の体系上に混在させながら整然と組み合わせる。また同時に保育過程において、用材林、薪炭林、牧草保護林、経済林、商品林としての高い機能を提供したり、緑肥を提供したりするさまざまな効果を得られる林種として育成する。

4) 統一的計画・総合的整備

大流域を目標および方向とし、小流域を対象として、自然条件の特徴に基づき水土保持林種を合理的に配置する。上流から下流まで、谷の溝底部から斜面頂部まで、統一的な計画を立てて、深く発展した水土保持林体系を形成する。農地防護とダム建設事業を結びつけると同時に、生物整理措置と土木工事による整備措置を結合し、管理・保護体制を構築、完備、育成することにより、総合的な水土流失整備効果を得ることを目指す。

5.4 主な水土保持の造成技術

5.4.1 斜面防護林の造成

水土流失地区では、造林に用いる荒廃斜面の多くが 25° 以上であり、植生はまばらで侵食が著しい。その主な技術的要求事項には、次のいくつかの点がある。

1) 傾斜度の緩やかな斜面に造林する場合、整地には魚鱗坑整地方式を採用

穴間距離 $1.5\text{m}\times 2.0\text{m}$ の場合は、品字形に排列する。地塊が整然としている斜面には、等高線に基づいて水平溝を掘削して造林することができる。樹間距離は $1.5\sim 2.0\text{m}$ 、列間距離は $2.0\sim 4.0\text{m}$ である。傾斜度の大きい斜面には、水平溝、水平段丘を採用しての整地・造林が可能で、また、逆勾配テラス整地・造林を行うこともできる。水平段丘の段間距離は $1.5\sim 2.5\text{m}$ 、造林の樹間距離は $0.5\sim 1.0\text{m}$ である。水平溝間の斜面間距離は $3.0\sim 3.5\text{m}$ 、溝源頭の穴間距離は $0.5\sim 1.0\text{m}$ である。傾斜度が 35° を上回り、かつ、斜面が一様な状態の場合は、水平溝と穴状整地・造林を結びつけた方法を採用することができる。すなわち、斜面上で等高線に沿って $10\sim 20\text{m}$ おきに断続的に水平溝を掘削し、2つの溝間の斜面上に品字形に穴を配置する。孔間距離は $1\sim 1.5\text{m}$ である。条件の良好な日陰斜面または半日陰斜面地には、水平段丘と魚鱗坑を結びつけた整地・造林方法を採用することができる。この過程は上述した方法とほとんど同じである。このほか、傾斜地の整地・造林効果が良好な方法としては、土壌交換テラス法がある。これはすなわち、斜面底部の造林箇所にはテラスを築造し、別の場所から肥沃土を取り寄せ、土壌を交換した後に造林を行う方法である。これらの整地・造林方法は、水土流失の防止にとって大きな効果を発揮する。実践するにあたっては、土地柄に適した措置を講じて、柔軟性をもって応用し、強いて一定の方式による必要はない。

2) 主な造林樹種

造林の主な樹種には、小葉楊(*Populus simonii Carr*、ポプラの一種)、青楊(*Populus cathayana. Rehd*、ポプラの一種)、カンリュウ(旱柳)、ニセアカシア(刺槐)、シロニレ(白榆)、シンジュ(臭椿)、スナナツメ(砂棗)、ムレスズメ(檜条)、ギョリュウ(檉柳)、イタチハギ(紫穗槐)などがあり、また、河北楊(*Populus hopeiensis Hu et Chow*)、セイヨウハコヤナギ、蜀楡(*Ulmus bergmanniana var. lasiophylla Schneid*)、キササゲ(楸樹)、ヤマモモ(山桃)、コバノムレスズメ、マンシュウクロマツ・アカマツ(油松)および栽培用果樹類を採用することもできる。

3) 造林密度

各種の整地の規格および要求事項を基準として、溝間または段間に、状況に応じて灌木を追加植林することもできる。もしくは、幼齢林期間中にマメ科牧草を点播して、土壌肥沃度の増加および飼料を得ることができる。ただし、樹木の成長を妨げないことを原則としなければならない。

4) 造林類型

高木間の混交を主とする。混交タイプは帯状および塊状混交が多い。

5.4.2 侵食溝土手部、谷頭部防護林の造成

溝から1~2mの地点には、高さ・幅が各0.5mの溝に沿った畦畔に土盛りして、土盛りしながら取り木を行う。畦畔外には灌木一列、畦畔内には灌木3~5列を植栽して、内側には草本を栽培することができる。林帯の全体幅は侵食の活発度によって、適切に幅を増加または減少させることができる。灌木の樹間・列間距離は0.5~1.0m×0.5~1.0mで、草本類は0.5m×0.5mを上回らないものとする。造林樹種には多くの場合、サージ(沙棘)、ムレスズメ(樺条)、ムラサキヤナギ、ニワナナカマド(珍珠梅)、ギョリュウ(檉柳)、カンリュウ(旱柳)、ヒメエンジュなどを採用する。草本類はムラサキウマゴヤシ(紫花苜蓿首)、シナガワハギ(草木犀)を主とする。

溝から2~3mの地点には、谷止め畦畔を土盛りし、畦畔と谷頭の間には灌木3~5列を植栽する。断続水平谷(溝)を結び合い、魚鱗坑の整地法を採用して造林を行うことができる。根芽が強く、成長速度が速く、根系の幅が広く、土壌を固定できる耐侵蝕の高木灌木樹種を選んで、帯状列間混交造林を行う。溝土手の近くに灌木を数列植栽し、その灌木内側には高木を植栽することができる。灌木株の列間距離は0.5m×1.0mで、高木類で1.0m×1.5mとする。造林樹種は青楊(*Populus cathayana*. Rehd、ポプラの一種)、小葉楊(*Populus simonii* Carr、ポプラの一種)、ニセアカシア(刺楸)、カンリュウ(旱柳)、シロニレ(白榆)、ギョリュウ(檉柳)などを主にする。また、大果樹、トゲニレ(棘榆)、ホソバコリヤナギ(杞柳)、狼牙刺(*Shrub Sophora*, David's mountain laurel)、河北楊(*Populus hopeiensis* Hu et Chow)、アブラマツ(油松)などを採用することができる。

5.4.3 水源涵養林

水源涵養林の造成は、多くの場合、土石山地や石山地など、地表流の発源地に集中している。地域の海拔高度、傾斜方向、小地形、土壌、母材および植生など、諸々の要因が異なることから、それぞれに違った立地環境条件が形成されている。このため、水源涵養林を造成するときは、慎重な分析・研究を行わなければならない。

水源涵養林は、厚くて柔らかい落葉落枝層を形成するべきである。優良な水源涵養機能を発揮させるため、多くの場合、複層構造を有する林分の喬灌混交林を造成する。また同時に、山崩れや土石流の発生を効果的に防止するため、多くの場合、深根性樹種を主とした、異齢という特徴を有する林分を造成する。

湿潤であるが土地が痩せた傾斜地には、常に水平段丘、水平溝整地を採用し、喬灌混交型造林を全面的に実施する。若しくは、地形と土壌状況の変化に応じて、小島状混交方式により造林を行う。乾燥瘦地の傾斜地での造林では、樹種の抵抗力を考慮して乾燥に抵抗力のある造林方法を

採用しなければならない。樹種混交の場合は、樹間または列間に行うことができるが、種間の相互関係に注意しなければならない。喬木の樹間・列間距離は 1.0～2.0m×2.0～4.0m、灌木の樹間・列間距離は 0.5～1.0m×1.0～2.0m である。樹木間は、品字形に配置することが望ましい。

造林樹種には主に、マンシュウクロマツ・アカマツ（油松）、コノテガシワ（側柏）、ナラ類、シロニレ（白榆）、ニセアカシア（刺槐）、楊樹類、シンジュ（臭椿）、サージ（沙棘）、ムレスズメ（錦鶏児）、ヤマハギ（胡枝子）、イタチハギ（紫穂槐）などがある。

第6章 防風・砂丘固定林の造成技術

砂漠地帯の自然条件は過酷かつ複雑であり、林木の成長に有利である十分な光と温度条件を備えてはいるが、乾燥・水不足、風食・堆砂埋没、痩せた土壌、高い塩分含有量など、林木の成長に不利な制約的要因が多数存在している。したがって、防風・砂丘固定林を造成することは非常に困難で、高い技術を用いなければならないため、「適地・適木・適法」を行わなければ、成功を収めることは不可能である。

6.1 樹種を選択

中国の砂漠が分布している地域には、乾草原、半荒漠、荒漠の3種類の気候帯がある。大きな地理的地域に基づき、造林時の樹林の選択にあたっては、マクロコントロールを行うべきである。同一の気候帯内では、造林の活着と成長発育に影響を与えるそれぞれの環境因子に基づき、現地其自然環境の特徴にふさわしい郷土樹種および品種導入に成功した優良樹種を選択する。

造林の活着に影響を与える環境要因は多数あるが、造林地を1つ特定してみると、作用する主導的要因はわずか1~2個である。したがって樹林の選択時には、まず主導的要因の特殊な要求事項に応じることを考慮しなければならない。

6.1.1 水文条件と樹種選択

治砂造林にとって最も重要な制約的要因は、水である。乾燥・水不足は、中国の砂漠地帯における自然の基本的特徴である。したがって樹種を選択するにあたっては、現状に立脚し、かつ長期的な観点を持ち、抵抗性が強く、活着させやすく、水分消費が少ない郷土の灌木樹種または喬木樹種をできる限り選択しなければならない。

地下水位はしばしば、造林樹種の選択を決定付ける重要な要因となる。現地の地下水位の深さが1m未満で、鉍化度が低いときには、楊、柳類の喬木樹種を選択することができる。地下水位が1~2mのときは、一般的に喬木・灌木樹種のどちらでも植栽が可能である。地下水位が2~5mで、砂地で乾燥している場合には、耐乾性を有する灌木樹種を主に選択し、適切な喬木樹種を適当に組み合わせるべきである。地下水位の深さが5mを上回る場合には、乾燥および風砂に抵抗性のある灌木樹種のみしか選択できない。

6.1.2 砂地下部地面の性質と樹種選択

砂地の下部地面物質が粘質やローム質の層であり、深さが浅い場合で、土壌肥沃度が高く、保水性が良好であるときは、喬木樹種を選択することができる。砂地地下物質が基岩、玉石、粗砂であり、土壌肥沃度が低く、保水性が劣る場合は、灌木樹種のみしか選択できない。

6.1.3 土壌塩分含有量と樹種選択

土壌の塩分含有量が0.3%以下のときは、一般的な樹種はどれも成長することができる。塩分含有量が0.3~0.7%であるときは、ギョリュウ（檉柳）、白刺（*Nitraria tangutorum* Bobr.、ハマビシ科の樹木）、スナナツメ（砂藜）、コトカケヤナギ（胡楊）、梭梭（*Haloxylon ammodendron*、アカザ

科植物)、サージ(沙棘)、イタチハギ(紫穗槐)などを選択することができる。塩分含有量が0.7%を上回るときは、塩性・アルカリ性土壌の改良措置を講じて、ギョリュウ(檉柳)などの耐塩性の強い樹種を選択しなければならない。

6.1.4 砂丘部位と樹種選択

砂丘の風上下部は風食が著しいため、機械的な砂丘固定措置を講じたうえで、根系が発達した、砂丘固定力の強い灌木樹種を植栽しなければならない。風上斜面および風下斜面は砂が堆積する部位であり、砂質は柔らかく乾燥しているため造林には適さない。風下斜面脚部には、砂丘の大きさと移動速度に基づき、堆砂埋没および乾燥に抵抗性のある喬木樹種を選択する。

6.1.5 各種人工造林と樹種選択

一般的に、砂丘固定植生としては通常主に灌木を使用し、防砂植生は喬灌混交が主である。砂丘固定植生・燃料用作物による植生は、成長が速く、砂丘固定作用が大きく、地上生物の生産量が多く、発熱量が高く、萌芽力が強く、台切に耐え、輪伐期が短く、さらに密植に適した樹種でなければならない。砂丘固定植生・飼料作物による植生には、砂丘固定効果が高く、可食部分の生産量が多く、味が良く、栄養価が高く、踏圧耐性のある植物を選択すべきである。

6.1.6 異なる自然環境と樹種選択

乾草原帯風砂地区は、水土条件が良好であるため、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron* キク科ヨモギ属植物)、油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch)、籽蒿(*Artemisia Sphaerocephala* Kraschen キク科ヨモギ属植物)、楊柴(*Hedysarum leave* Maxim)、ヤマハギ(胡枝子)、コバノムレスズメ(小葉錦鶏)などの灌木樹種およびシロニレ(白榆)、桑樹、小青楊(*Populus pseudo-simonii*)、小葉楊(*Populus simonii* Carr、ポプラの一種)、カンリュウ(旱柳)、マンシュウクロマツ・アカマツ(油松)、モンゴリマツ(樟子松)などの喬木樹種を選択することができる。

半荒漠地帯には、油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch、キク科ヨモギ属植物)、籽蒿(*Artemisia Sphaerocephala* Kraschen キク科ヨモギ属植物)、ムレスズメ(檉条)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、沙拐棗(*Calligonum mongolicum*)、イタチハギ(紫穗槐)、羊柴(楊柴、*Hedysarum leave* Maxim)、黄柳(*Salix gordeivii* Chang et SkV)、沙柳(*Salix psammophila*)などの灌木樹林およびスナナツメ(砂棗)、カンリュウ(旱柳)、小葉楊(*Populus simonii* Carr、ポプラの一種)、セイヨウハコヤナギ、新疆楊(*Populus alba* L.var. *pyramidalis* Bge、ポプラの一種)などの喬木樹種を選択することができる。

荒漠地帯には、沙拐棗(*Calligonum mongolicum*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*、アカザ科植物)、ムレスズメ(檉条)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、ギョリュウ(檉柳)、白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr、ハマビシ科の樹木)などの灌木樹林およびスナナツメ(砂棗)、シロニレ(白榆)、カンリュウ(旱柳)、コトカケヤナギ(胡楊)、二白楊、小葉楊(*Populus simonii* Carr、ポプラの一種)、新疆楊(*Populus alba* L.var. *pyramidalis* Bge、ポプラの一種)などの喬木樹種を選択することができる。

6.2 植栽の要領

深植えしてしっかり踏み固め、地下部分は多く、地上露出部分は少なくするよう心がける。乾燥地帯における砂丘風上斜面砂層の40cm以下の部分は、多くの場合、含水率2%~4%の安定した湿砂層である。シルト質壤土または粘質壤土の丘間低地では、乾季の水分含有量が安定した潤土層があり、それは20~40cm以下の土層内に存在していることが多い。このため、造林を行うにあたっては、植栽は安定した湿砂層上で行わなければならない。一般的には、乾燥地帯では植栽深度は50cm超が要求され、半乾燥地帯では若干浅くても構わないが、45cm以上でなければならない。挿し木、取り木による造林については、地下水の深度が浅い地域を除き、苗木植付時には、「地下部分は多く、地上露出部分は少なく」しなければならない。通常は埋土60~70cmが要求される。挿し木造林の場合は、しばしば枝・幹を深さ100cm以深の土層内に埋めて、吸水範囲を広げている。

6.3 造林密度

乾草原地帯の砂漠低地は、降水量が相対的に多量で、土壌は湿潤である。造林密度は、一般的には1500~3000本/haである。

流動、半固定砂丘地域または地下水位の深い丘間低地では、造林後の林木の水分収支バランスを保証するため造林密度に配慮して、一列または二列で一帯の混交方式を採用し、樹間距離を小さくし列・帯間距離を大きくする。こうすることによって防砂・砂丘固定効果が増強され、さらに砂丘水分の消費も減少させることができる。一般的に、樹間距離は1~1.5m、列・帯間距離は3~6m、密度は1000~3000本/haである。機械的な防砂施設の代わりに灌木を直接植栽するときは、二列式の場合、樹間距離は6~10cm、列間距離は2~3m、一列式の場合、樹間距離は3~5cm、帯間距離は約8mとし、中間に喬木を一列植栽する。

6.4 造林措置

6.4.1 土壌水分の補給・保持、灌漑造林

これは、乾燥砂地で初めて造林を行うときに、造林地の低い含水率を改善し、苗木活着を確保するために行う造林措置の1つである。その方法とは、砂丘上に苗木を植え付けて造林を行い、各株苗に3~6L灌水する。丘間低地に苗木を植付・造林を行う場合は、各苗に10~15L灌水する。灌水後の穴面は、乾砂で覆って水分を保持する。このような造林を、土壌水分の補給・保持造林という。これ以降は灌漑を行う必要はないが、活着率が顕著に高まり、成林を保証することができる。

6.4.2 灌木を主とする混交林の造成

水量バランスの観点から見ると、林木の蒸散・水分の消費は、地下水動態のバランスを壊す主な原因である。喬木樹種の蒸散・水分消費量は、ほとんどの場合、灌木樹種を明らかに上回っている。したがって、乾燥し水分が不足している砂地では、灌木を主としながら喬木と混交させた造林方針を徹底しなければならない。こうすることによって安定した林分群を確立し、生態環境

を改善する効果を発揮させることができる。

防風・砂丘固定の観点から見ると、砂粒子または砂丘の移動は主に、飛砂運動によって実現される。飛砂中の砂粒子の分布は、地表から高くなるにつれ、指数法則に従い低下する。研究の結果、地表に近い地層の高さ0～10cmの砂輸送量が、約80%を占めることが判明した。したがって、防風・砂丘固定林の造林樹種としては、樹高が1m以上に達するものであれば、防砂・砂丘固定の効果を発揮することができる。

混交林の造成によって、徐々に病虫害の蔓延力を弱め、群体内の水、土、光、熱などの養分環境を改善させていくことができるのである。

6.4.3 適切な造林方法の選定

土壌構造と性状を保持するために講じる措置としては、スリット法、直播、種子の空中散布などがある。

6.5 林木配置技術

長期的な砂漠整備に関する科学研究や生産の実践において、砂丘密度、大きさ、丘間低地に基づき、面積や砂地の立地条件などの特徴を利用して、「砂丘を固定し、移動し、引き伸ばし、ふさぐ」という造林配置技術の開発が可能となった。

6.5.1 砂丘湾曲部造林

砂丘湾曲部造林とはすなわち、丘間低地造林である。一般的な状況では、水土条件が砂丘より良好で、風食は軽微であり、防砂施設を設置せずに造林を直接行うことができる。

砂丘湾曲部造林の主な作用は、風力により砂丘が削られて平坦化（低下）するよう促し、砂丘を植林内へ誘導して砂丘が湾曲した後に、造林を年々行っていきながら、流動砂丘を植林内から徐々に消滅させていくことである。

砂丘湾曲部造林の技術的要点とは、初年にまず丘間低地に造林地を計画し、計画幅を砂丘の高さと移動速度および林木高の成長速度に応じて決定することにより、風下斜面脚部から林縁部に十分な余地を残して、樹木が2～3年以内に流砂で埋没しないように図ることである。また同時に、春には風が強いという特徴があるため、秋に造林を行うときは春に行うときよりも、余地をより多く残さねばならない。

6.5.2 砂丘包囲造林（「前擋後拉」造林）

「前を遮る（前擋）」とは、砂丘の風下斜面後方の丘間低地に喬木樹種を植栽して、砂丘の前方への移動を遮ることをいう。「後ろへ引っ張る（後拉）」とは、砂丘の風上斜面下部に灌木を植栽して、当該部位の流砂を固定し、さらに灌木の作用によって砂丘頂部が削られて平坦化させ、その後、灌木あるいは高木を植えることをいう。

典型的な前擋後拉法としては、前方に高木（喬木）を植栽して砂丘の移動を遮り、後方に低木（灌木）を植栽して砂丘を引っ張るやり方である。

6.5.3 風下斜面及び高水位砂地での高幹深植造林

流動砂丘の風下斜面の主な特徴は、堆砂埋没である。一般的に講じられる方法としては、3～4年生で、太さ4～6cmのカンリュウ（旱柳）の枝条を選定し、2～5mの長さで切断して挿し木にする（造林後に堆砂埋没しないよう、長さは砂丘の高さによって決定する）。挿し木の底部を水に漬けて、暖かい季節になり水温が上昇したら、さらに全体を水中に10～15日間漬けて、雨の降る頃に挿し木を取り出して植栽する。このときには、枝はすでに水分を十分に吸収しており、癒合組織が形成され、表皮は柔らかく膨れて苞が芽生えており、植栽後は新根を出して発芽しやすい状態になっている。

植栽部位には、風下斜面と丘間地の境界地点を選ぶ。この部分は砂が堆積する箇所であり、保水力が強く、土壤肥沃度が高く、雑草との水分獲得競争が少ない。造林時には整地と同時に植栽を行う。整地時にはまず、乾砂層を除去してから1～1.5mの穴を掘削し、ここに挿し木を入れて湿砂を充填して叩いて固め、樹間距離は2～3mとする。1～2年経過した後に、新しい風下斜面脚部に造林を行う。枝が長く、風食・堆砂埋没・乾燥に抵抗性があるため、活着率および保存率はいずれも高い。

地下水位1～3mの砂土、砂壤土においては、深く植栽する造林方法を採用する。ドリルを使って、地下水位以下20cmのところまで掘る。苗木は3年生のポプラの挿し木であり、高さは5m、胸高直径3cm以上である。苗木を植栽穴の底まで挿し込んでから、乾燥砂を充填して、層毎に踏む。樹・列間距離は4m×6m、または5m×6mである。

6.5.4 砂丘周囲環状造林

降水量が100mm未満で、流動砂丘に湿砂層がほとんど存在しない地域には、この方法が適している。主な技術的要点は次のとおり。

- (1) 砂丘土中埋没法を用いて流動砂丘を固定した後、砂丘周囲に沙拐棗 (*Calligonum mongolicum*)、駱駝刺 (*Alhagi sparsifolia* Shap) などの灌木を密植し、周囲には、スナナツメ (砂棗)、楊樹などの喬木またはスナナツメ (砂棗)、楊樹、ギョリュウ (檉柳)、沙柳 (*Salix psammophila*)、花棒 (*Hedysarum scoparium*)、ムレスズメ (樺条) などの喬灌混交林を造成する。このように砂丘の周りを林で囲むことにより、流砂上の防砂施設の効果がなくなっても、流砂は林内にしか飛散せず、外には移動しなくなる。
- (2) 砂丘固定および造林のどちらにも適していないのは、小さく断片化して分散している起伏のある砂地である。このような砂地には主に、「周囲を取り囲んで消滅させる」方法を用いる。風下方向の適当な位置に、立型砂丘遮断・防砂施設を設置すると、上方の流砂は徐々に集まって大きな砂丘を形成する。さらに砂丘土中埋没法によって固定した後、砂丘周囲環状造林を行う。

実例・事例編

第7章 プロジェクト4 区県における優良造林事例

7.1 事業地区における造林の歴史

近代の中国の山地における大面積人工造林は中華人民共和国成立してからだと言っても言いぐらい、その歴史は永くない。全国範囲で見た場合、制度的な問題や技術的な課題により、効果的な植林はむしろこの30年であると言える。1978年から始まった「三北防護林建設計画」は中国における本格的な政府主導人工造林事業の始まりである。該当計画の概要は下記のとおりである。

ここでは、延慶県を事例に1949年以降の中国における植林事業の展開を振り返る。

7.1.1 造林の歴史

1) 1949年—1966年

1949年からの5年間は政府行政機能機構や部門の設立、(地主の土地を貧農に分配する)土地改革の整理、生活基盤建設などがメインであり、事業ベースの営林活動は満足にできる状態ではなかった。強いて言えば、営林の主たる業務は山林保護で、植樹造林は後に徐々に展開されつつあった。

それでも、政府は植樹造林の関連法令を頒布し、「山に住む者は山で生きる、山で生きる者は山を育てる」と言った古来の生活知恵を活用して、山林資源の循環利用を提唱した。また、「緑化を絶えず、村々に樹木を茂らせる」ことを当面の目標に、村ごとに毎年の植林目標値を定めた。植樹造林の効率を上げるため、政府は農民に組織された共同作業を奨めるとともに、植林補助策として、資金の貸し出し、苗木の後払い提供などの造林手助け対策を講じた。結果、3年間で延べ造林3130ha、既存林保育4150haを完成させた。

1954年頃から政権運営が軌道に乗りつつあるなか、林業へ投入も本格化し、とくに林木保護と植林に力を入れはじめた。「あまねく樹林を保護し、全力で植林しよう」をスローガンに、封山育林、既存林保育、合理的伐採を遂行した。また、植林に関して、政策的に個人であれ、集団であれ、村であれ、「植栽者が植栽林木を所有できる」という方針を貫徹し、権利保障のための林地境界線を明確に区画した。

この時期の植林は、保安林造成を重要視し始め、禿山、荒れ地、河川沿いに水源涵養林、防風林などを造成した。また、里山の麓には果樹の植栽を推し進めた。期間中の延べ植林面積は7.6万ha、林分育成は8260haに達していた。主な植林樹種はノニレ、ヤナギ、エンジュ、マンシュウクロマツ(アブラマツ)、ヤマアズ、エゾノコリンゴなどであった。

1962年—1965年にかけて、林業に対する指導が強化され、政策も確実に実行され、技術の開発と普及も向上された時期であった。植林完成面積は9100ha、封山育林は7600ha。既存の県内のアブラマツ林は大方その時植えたものであった。

2) 1966年—1978年

この時期は「文化大革命」時代といい、大動乱のなか、林業も他の産業同様停滞の状態に陥った。営林機関は閉鎖、林業関係者は農業労働に従事された。また、それまでの農家が庭先や畑周りに植えた樹木まで集団所有化され、実質上は無管理状態になり、乱伐の犠牲となった。なかんずく、多くの植林地は農地に開拓され、水土流失や風砂被害を助長した。この10年あまりは近代中国の災難期とも言え、林業も大きなダメージを受けた。延慶県内の森林率は約14%まで落ちた。

3) 1978年—1990年

「文化大革命」の終焉で、時世はようやく安定し、1978年の共産党第11期第3回大会を転機に、改革・開放政策が始まり、林業建設も近代化歩みの一環として進められ始めた。1980年に「森林法」が發布され、1981年には「全国義務植樹条例」執行された。中国の林業、とりわけ植林の転換期とも言える出来事は、1978年からスタートした前述の「三北防護林建設計画」である。1982年1月から、延慶県の植林事業はすべて「三北防護林建設計画」編入され、1990年までの2期に亘る工事期間を経て、以下の成果を収めた。

第1期（1982年—1985年）：主に康庄郷における風砂被害防備のための防風林造成、平原地帯緑化、山間地における航空機播種造林、カラマツ用材林生産基地造成をメインに林業建設を行ってきた。この第6次5ヵ年計画の期間中、農耕地帯や村落周辺に防風林などとして192.6万本を植えた。平原緑化面積は5707haに達し、県内の森林率は20%まで回復した。

第2期（1986年—1990年）：この期間中は奥山の二次林育成、封山育林及び航空機播種造林を主として、里山や平地に一部の人工造林をも実施した。林分形態として、防護林、用材林、薪炭林、経済林など多様化を図り、生態的効果と経済的効果の両立を試みた。1990年まで、延べ植林面積は26万ha余りに上り、県内の森林率は33.3%まで上昇した。

この時期、航空機播種造林、封山育林、人工造林などと植林方法は多様化し、植林形態も、個人造林、自発的な農家共同造林、政府主導集団造林、（公営農場形式の）林場造林、植林專業隊（会社）造林など多種多様となり、林業は回復と発展を遂げた。

全国的に1980年代なかば頃から、人口の増加と経済の発展に伴う自然環境の悪化が進むにつれ、森林が持つ生態的公益性が一層重視されるようになり、森林資源の経済的効果と自然環境改善効

果を同視した政策へ徐々に変化した。さらに90年代からは森林の公益的機能へ関心は社会に広がり、政策的にも森林資源の保護と環境保全の国土緑化植林へ傾いていた。

4) 1990年—2004年

1992年、社会主義市場経済の確立を第14期党大会で宣言したことで、中国は空前の経済発展を遂げ、今日まで続けていることは周知のとおりである。この時期は中国林業の飛躍的な発展期ともいえる。1990年代前半では、植林による森林資源の増加及び保護を重点に森林資源の総合利用（木材節約型利用）が林業の基本方針となった。政府は前述の「三北防護林建設計画」に続き、長江をはじめとする大河川流域の防護林、太行山緑化、平原緑化などの10の国家林業プロジェクト（うち、野生動植物保護プロジェクト以外はすべて植林事業）を次々立ち上げた。

延慶県では大面積の禿山や荒廃地のプロジェクト方式の緑化に取り組み、2004年まで、県下の森林率を67%に引き上げることを達成させた。「三北防護林建設計画」の第三期（1991年—1997年）において、第二期に引き続き総合的な植林緑化に加え、山間部の生活向上のための森林整備も進められた。この時期、岩石露出地における「爆破造林（ダイナマイトやモーター付きトリルを使って植え穴を作る）」技術を使用し始め、林木資源管理システムも導入した。

1998年から始まった「天然林保護国家プロジェクト」、2001年から始まった「退耕還林国家プロジェクト」、「北京・天津風砂源整備国家プロジェクト」などの国家的事業の展開に乗じて、延慶県は1999年から2003年までの5年間で、人工植林3.25万ha、航空機播種造林1.79万ha、封山育林2.46万ha、未成熟林保育3.73万haを実施した。

7.1.2 造林技術の推移

中国における樹木栽培技術は古代から盛んに研究されてきた。栽培地選択、樹種選択、種子採集と育苗、植え付け、保育、伐採などその一連の技術を詳細に取りまとめ、著書にして残したのは「齋民要術」であった。この著書は533年頃に書かれ、現在も“中国古代造林学”として重宝されている。その後、竹林、桑林、桐林、漆林、茶林、果樹、庭園林などを中心に樹木の栽培技術は絶え間なく今日まで継承されてきた。

しかし、木材の生産を主目的の山林造成や自然災害防止のための保安林造成に関する技術の重要性はアヘン戦争(1840年)以降から認識されるようになり、民国(1911年)以来、研究者らは欧米と日本へ留学し、ヨーロッパの林業科学の理論を中国に導入して、中国の近代林業発展の構図を打ち出した。1940年からは水土保持林、砂防林などの保安林造成技術が研究されるようになった。近代林学の先駆者であり、科学者と教育者として名高い梁希氏は【林学】創刊号(1929年)に「国無森林、民不聊生(国土に森林なければ、民衆は生活の手だてを失う)」だと、警鐘を鳴らし、林業の振興を勧めた。

ここでは、中華人民共和国成立以降の植林技術開発の歴史を垣間見ながら、本件調査対象地域の植林技術の発展過程と現状に関する調査結果をまとめる。

1) 中国における植林技術開発の歩み

1949年～1957年は現代植林技術の樹立期であった。

このとき植林事業は、①華北、西北、東北道西部と内モンゴル東部の平野部の砂漠化土地、塩害地、里山荒廃地などにおける防風・防砂林造成(ポプラ、ヤナギ、ニレ、ニセアカシアなど)、②は洪水発生頻度の高い河川上流における水源林及び沿岸地帯の防護林(それぞれの地域の常用樹種)、③長江中下流地域における用材林および経済林造成(馬尾松、油茶、油桐など)、④南部亜熱帯地域におけるゴムノキ栽培を中心に行われてきた。また、全国範囲で封山育林を推し進めた。

植林技術の開発は以下の課題を解決すべく、行政部門と研究部門が力を注いだ。

- ① 植林計画自体の合理性、科学性、実行性の欠落
- ② 種苗供給源不足による種子原産地不明種の乱用
- ③ 育苗施設と経営力の不足
- ④ 植栽技術の普及不届き、幼齡植林地への保育と管理不足による活着率と残存率の低下

成果として、

- ①「造林調査設計規定」、
- ②「採種技術規定」と「林木種子品質検査技術規定」、
- ③「国営苗畑育苗技術規定」、
- ④「国営造林技術規定」と「幼齡林検収に関する通達」を發布、実行した。

しかし、技術の普及上の問題や樹種選択と整地方法上の問題により、当時の植林当年の活着率は50～60%で、翌年以降の残存率はさらに低く、植林面積と成林面積の間に大きな開きがあることはしばしばだった。

1958年～1976年は植林科学技術の曲折発展期と言えた。

この時期は「大躍進」、「文化大革命」などの政治的な動揺の影響で、林業も一時的に停滞した。しかしながら、一部の地域と幾つかの分野では、植林技術の研究が続けられ、一定の成果を挙げた。貴州東南部ではヤナギスギ(コウヨウザン)が十数年で伐期に到達した林分が注目され、その栽培法が研究、普及された。また、モウソウチクや油茶などの早成林育成も盛んに行われた。この時期、特にヤナギスギの早成林育成に関する研究は大きな成果を挙げた。その技術的なポイントは、植え穴を深く掘り返し、苗木を深く植え、深く中耕して除草すると言った三深植栽法であった。この方法は近隣地域で普及され、浅山や丘陵地におけるヤナギスギ早成林造成が良好な効果を得られた。

一方、華北中原地域では泡桐(ココノエギリ)と農作物の間作が盛んに行われ、その研究も良種選抜、生理・生態解明、栽培方法、ベスト間作方法、病虫害防除、木材加工利用の分やで大きな成果を収め、平原地帯におけるギリの栽培を一時のブームとなった。

その他、ポプラ、ユーカリ、カラマツなどの早成林樹種による用材林造成、油茶、油桐、栗などの経済林樹種の栽培研究も試験的に各地で行われた。

断続的ではあったが、農地防護林もこの時期に多く造成され、「四傍(住宅周囲、村落周辺、道路両側、水辺)」運動と相応して、平原緑化が大きな成果を挙げた。農地防護林(防風林)の構造(植栽列の幅、列

間隔、樹木間隔などの調整による最大防風効果の実現)ベストモデルが考案され、広く普及した。

砂漠、砂漠化地域における緑化に関する研究も1957年から始められ、旧ソ連の専門家による技術協力を得て、数年にわたる調査研究を経て、草方格(麦わらを砂丘表面にネット状に埋め、表砂の移動を防ぐ工法)+草本・灌木植栽の緑化法を完成させ、寧夏中衛県(年間降雨量 200 mm前後)の流動砂丘地を横断する鉄道沿いに 200~300mの緑化帯を造成して、鉄道を砂埋もれから守った。この方法は後の砂漠緑化の最も効果的なモデルとなった。

1977年以降は林業の理論研究、応用研究、公益性研究などの新たな発展期であった。

改革・開放路線のもと、市場経済原理を導入した近代化建設が始まり、各産業は一気に活気に溢れ、今日の経済成長をもたらした。林業建設においては、まず国家計画として早成多収穫用材林生産基地整備事業と5大防護林体系整備事業(三北防護林建設計画、長江中上流域防護林建設計画、沿岸防護林建設計画、太行山緑化計画、平原地域緑化計画)を重点に進めた。同時に経済林、薪炭林、特種用途林の整備と造成も合わせて行われた。

このような背景のもと、多種・多様な森林育成、森林機能の発揮における研究と技術開発も投入を増やし、先端設備や最新手法を利用して進められた。これらの直近の研究、開発成果は見聞に触れやすく、ここでは列挙を避けるが、とくに加筆すべき成果としてあげたいものは下記である。

- ① 用材林造成はプロジェクト方式(事業者による事業提案書→専門機関による評価報告書→全体計画及び年度施工計画→施工→検収→技術ファイル化)を導入した。
- ② 防護林造成は農業、畜産、水利の関連分野の統一計画のもと、総合整備を試みた。また、従来の単一の生態型防護林から生態・経済兼備型防護林へ転向した。
- ③ 請負制など生産方式多様化や市場経済の活性化のもと、経済林における集約経営の生産・管理技術が著しく向上した。

2) プロジェクト4 区県の造林方法の変化と技術の進歩

(1) 植林樹種

1970年代まで、植樹樹種としてノニレ、ヤナギ、ニセアカシア、エンジュ、アブラマツ、コノテガシワ、ポプラ、ヤマアズナギなど使用されたが、平原地帯は主にポプラであった。水辺になど水分条件のよいところはヤナギ多く植えられた。山間部ではコノテガシワ、アブラマツ、ニセアカシア、カラマツが使用されたが、多くはコノテガシワとアブラマツであった。また、一部の乾燥地ではイバラなどの灌木も植栽されていた。

1980年代は政府造林に加え、個人造林、共同造林、村落集団造林など植林主体の形態が多様化し、植栽樹種も幾分多くなってきた。新たに増えた樹種はトウヒ、タカネゴヨウ、シロカワマツなどの針葉樹とニワウルシ、モクゲンジなどであった。しかし、メイン植栽樹種は依然1970年代と同様であった。

1990年代になると、年間植林面積目標の達成が重任となって、新たな植栽樹種の導入は殆どみ

られなかった。しかし、気候的に降雨量が大幅に減り、耐乾燥樹種へのチェンジを余儀なくされた。平原地帯まではニセアカシアとコノテガシワが多く植えられるようになった。また、山間部では野兔の食害により、コノテガシワの植栽面積を減らす年もよくあった。変わりに、ヤマアズナなどの広葉樹を植えるようになった。

2000年以降は多樹種による複層混生林造成が提唱され、各区県で試験的に混生林を造成するようになり、従来の植林樹種に加え、近年マルバハゼ、ナラ、カエデ（カンポウフウ）、ティフィナウルシ（ウルシ属の1種）などが導入され、今後も徐々に増えていく傾向が見られた。

下表11は延慶県における主要林分樹種の面積とその割合である。

表11. 延慶県の林分樹種別の面積（2004年）

優勢樹種	人工林		天然林	
	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)
アブラマツ	7390	33.1	172	0.2
コノテガシワ	4021	18.0	3708	5.2
カラマツ	2178	9.8		
ヤマナラシ			2648	3.7
ナラ	20	0.1	33359	46.8
ニセアカシア	2376	10.6		
ポプラ	5005	22.4		
カンバ			4610	6.5
ヤマアズナ	461	2.1	17494	24.5
その他広葉樹	858	3.9	9326	13.1
その他広葉樹：(天然林) ニレ、クワ、クルミ、クリノキ、カキノキ、・・・； (人工林) マルバハゼ、カエデ、モクゲンジ、ニワウルシ・・・				

(2) 植栽方法

1980年代始め頃まで、中国の他の地域同様、4区県も裸苗を用いた苗木造林か、直播造林が主流であった。植栽地が山地の場合、一般的に等高線上に3～5mの間隔で筋刈りをいれ、さらに筋線上に1～3m間隔で植え穴を掘り、苗木を植えるか、タネを播く。しかし、下草や灌木が少ない場合、または地形や障害物などによる筋刈りが困難な場合、坪刈りするか植え穴だけ掘って植栽ないしタネ播きすることよくある。苗木は林間苗畑で育成される場合が多かった。

植え穴のサイズは基本的苗木のサイズに合わせ調整されたが、直径20～30cm、深さ30cm前後が通常であった。一時はスコップやクワで割れ目を作って、その隙間に苗木を落とす植栽方法も取り入れられた。

植え付け・播き付け時期は春季の降雨直前から初夏の雨季にかけて行うのが一般的であった。また、秋季造林はニセアカシア、カラマツ、アブラマツを中心に苗木植栽が一般であった。山間地における植林の場合は灌水しないが、平地の植林は灌水の場合が多い。

この時期の植林当年活着率は、多雨（平年の130%以上）の年は80%前後で、干ばつ（平年の70%以下）の年は20~30%に留まった。活着率は85%未満の場合、翌年補植を行う。規定上補植は3年間続く。活着率は30%以下の場合には改植する。

大病虫害防除以外の保育は基本的に行われない。

1990年代からはポット苗が使用されるようになり、その後灌水条件が整っている場所では大苗（広葉樹は2~4年生で、樹高2m以上、地際3~5cm；針葉樹は3~5年生で、樹高80~150cm、地際2~5cm）を植えることは流行るようになった。したがって、整地の重要性が認識されるようになり、植え穴のサイズの基準が定められた。大型植え穴は幅（等高線上）70cm、奥行き50cm、深さ40cm。小型植え穴は幅50cm、奥行き40cm、深さ30cm。

ポット苗の使用と植え穴の規範化による活着率の向上は顕著だったと地元の関係者は言うが、検証された具体数字はまた見あたらない。目測では20%前後アップしたのではないと推測される。

2000年代から今日までは中国の人工植林が最も輝かしい成績を収めた時期であると言える。とくに退耕還林プロジェクトの実施を追い風に、4区県でもこの7年間多くの極めて高い残存率（85%以上）を誇る植林地を仕上げた。今回調査期間中に見回った植林地は殆ど2000年以降造成されたものであった。

技術的に、ポット苗と大苗の育苗法が成熟したこと、整地と植え穴規範作業が徹底されたこと、石ころの平地では客土に灌水を行ったこと、裸岩山地では植え穴廻りにあぜを作り土寄せと集水を工夫したこと、植え付け作業をマニュアル化し丁寧に行ったこと、下草刈りや日よけなどの保育を怠っていなかったことが成功をもたらした。

このほか、植林地の保護管理体制が整ったことも大きな保障となった。無論、植林成績が年代ごとに向上した背景には経済の発展に伴う資金投入の大幅増加が最大のカギである。下表2. は延慶県の1980年~2004年の間荒山（無立木の荒れ山）における植林投資と実績である。

表 12. 荒廃山地における植林実施体制、投資と成績の変化（延慶県 1980-2004 年）

時期	実施体制	植林面積	残存面積 (%)	政府資金投入
1980～84 年	群衆動員植栽	1.23 万 ha	0.23 万 ha (18.9)	120 元/ha
1985～90 年	奉仕労働 一部労金支給 個人（連合）請負 準植林專業会社	1.43 万 ha	0.29 万 ha (20.1)	300 元/ha
1991～99 年	植林專業会社	2.51 万 ha	0.84 万 ha (33.5)	(国内事業) 450-750 元/ha (ドイツ協力) 1200 元/ha
2000～04 年	プロジェクト方式 による專業施工者	1.03 万 ha	0.97 万 ha (94.2)	(重点緑化) 18000 元/ha (風砂源整備) 3000-4500 元/ha (水源林造成) 9000-12000 元/ha

(3) 技術の進歩

① 育苗と優良品種導入

1980 年代半ばまで、植林予定地の中で臨時の林間苗畑を作って、育苗するが多かった。この時、床替えや根切りなどの処理は殆ど行われない。苗木の品質は常に問題となっていた。

1990 年代からポット苗の育成が普及された。初期はタネをポットに直接播きつけ、発芽したものの数ヶ月成長させて（現地では百日苗と言う。ただし、針葉樹は 1 年以上育てる）、そのまま山出した。このようなポット苗は根系も地上部も弱小であり、乾燥や雑草に対する抵抗力が弱く、立地条件が厳しい場合、活着率は思わしくなかった。その後、ポットサイズを大きくして、播き床で発芽させた幼苗をポットに植え替えて、1 年以上育ててから山出しするようになった。

1990 年後半からは大型苗木（広葉樹は 2～4 年生で、樹高 2 m 以上、地際 3～5 cm；針葉樹は 3～5 年生で、樹高 80～150 cm、地際 2～5 cm）の育成が普及された。1998 年以降、灌水可能な場所では殆どこの大苗を植えるようになった。

1990 年代、ポプラ、ニセアカシア、ヤナギなどの改良品種や新品種が再び多く開発され、4 区

県でも積極的に導入した。近年では、年間降雨量が年を追って減っていく傾向にあるため、樺条、花棒などの半乾燥地域の植林樹種も取り入れ始めた。

② 整地

河川敷やレキを大量に含有する扇状地の場合、植え穴を大きくして客土するようになったのは1990年代の後期からである。山地における整地は、土壌層平均20cm前後あり、岩石の露出が少ない場合は水平整地（等高線上の筋刈り）して、植え穴を大きく作る。大苗用は幅（等高線上）70cm、奥行き50cm、深さ40cm。ポット苗用は幅50cm、奥行き40cm、深さ30cm。このとき、いずれも植え穴の斜面の下部と左右に10cm以上のあぜを作って、斜面の上から流れる雨水を集めるようにする。

岩石が多く露出している傾斜地では、一般的に魚鱗坑整地法を利用する。必ずしも等高線上に均等に配置されることはなく、土壌が比較的が多い場所を選んで斜面の下部と左右を石で半円状の壁を創り上げる。壁の高さは傾斜度によって違うが、中の（周囲から集められた）土壌層が30cm～50cmになるようにするのは普通である。遠くから見ると、これらの個々の植え穴は全く魚鱗のように見える。

③ 保水剤・成長促進剤・環境配慮製品などの植林資材の利用

近年、保水剤の種類が多くなり、価格も比較的安価になってきたことから、また試験的ではあるが、植林にも一部利用されるようになった。とくに定期的に灌水が可能な植林地では、節水、作業量軽減、土壌団粒構造形成、栄養素供給などの効果を発揮していた。

植物成長促進剤では、非ホルモン製品が開発された。例えば、GGR グリーン植物成長調和剤は根系の形成、新芽の成長、幼樹幼虫害抵抗力を増加させる効果を有する。一部苗畑で利用されている。

また、樹木の水分蒸散抑制剤、食害動物避忌剤、根系成長栄養剤などの製品も、苗畑や経済林などで徐々に利用されるようになっている。

植物素材（椰子の皮）で作ったマット（数年後溶けて土になる）を砂地や砂利地に敷いて、地表からの砂塵飛揚と水分蒸発を防ぐ工法も試験的に導入された。

従前のポット苗の容器はビニール袋であったが、椰子の実の殻を容器として利用する方法が開発され、環境にやさしい工法として推薦されている。

7.1.3 植林技術の課題

今回の調査で地元の植林現場関係者から、下記の今後解決、改善すべき課題を提言した。

① 育苗の技術

これまで植林樹種として採用していない新しい樹種、特に広葉樹種の育苗技術の開発と普及が必要。加えて、貧薄地、乾燥に強い樹種（外部樹種）の育苗技術の開発と普及も重要である。

② 植栽技術

急傾斜地、土壌層が薄い砂礫立地、極端乾燥地、南向き傾斜地におけるより安易でかつ活着率を保てる植栽工法の考案が必要。

③ 灌水・節水技術

効果的な灌水方法、保水剤の効果的利用方法の開発と普及が必要。

調査団の見解として、

- ① 大苗植林地の数年後の成長維持が確保できるかどうかは見極める必要がある。言い換えれば、大苗植林の費用対効果は疑問視する余地がある。
- ② 立地条件が劣悪な場所でも一様に高木を植える「贅沢」工法の再検討の必要性。
- ③ 期待される具体的な森林効果を優先した植林方法と技術の細分化の必要性。
- ④ 近未来気候変動趨勢を考慮した過酷条件に強い樹種の導入の必要性。

7.2 優良造林地の選定

7.2.1 既存優良造林地選定の意義および期待効果

1) 意義

モデル林の役割は、本プロジェクトで作成される森林回復モデル計画に事例提示を行い、またプロジェクト終了後は中国側が森林植生回復のための事業促進に活用し、併せて森林植生回復技術の継続検証を行うことである。言い換えれば、モデル林が提示または実証しようとする諸技術

は本計画に限定された技術とはならない。モデル林の内包（技術要素）は独立したもので、その内容を参考にしようとするすべての外部に対して、さまざまな形ではあるが、モデル的意義は同等である。ただし、モデル波及効果の対象を絞るなら、それは「北京・天津風砂源整備事業」を中心とした北方地域の森林回復事業になる。この意味では今回のモデル林の役割の外延にこの「北京・天津風砂源整備事業」への事例提示も含まれる。したがって、本プロジェクトの一部であるモデル林は性格上独立したセクターであるといえる。

既存植林地からモデル林を選出しようとする理由には、①本プロジェクトでは新たに森林回復技術の開発を目的にしておらず、如何に既存の技術を適切に取捨選択し適用するかが重要だと認識していること、②近年北京市ではプロジェクト対象区・県における植林緑化を強力な資金投入と技術支援で進めていて、すでに大きな成果を上げていたこと、③既存林はすでに一定の経過期間を持ち、直ちに時空的な検証ができること、④既存林は異なる年代にそれぞれの行政により、さまざまな事業計画で行っていたため、計画・実行・管理の面における多様な検証ができることなどがある。また、既存林からのモデル林選出は効率性と即効性が高く、普及にもなじみやすいことは言うまでもない。

2) 期待効果と望まれる林分タイプ

(1) 期待する展示効果

- ① 北方地域における常用植林樹種の異なる立地での優良造林地
- ② 砂利質土壌の扇状地、岩石露出山地、涸れ河床、塩害地など苛酷な立地での造林成功地
- ③ 整地、植付け、乾燥対策などで新たな方法ないし改良方法を取り入れて成功した造林地
- ④ 苗木形態、規格等育苗技術の進歩による造林成功地
- ⑤ 近年導入した新樹種の造林成功地

(2) モデル林としての林分タイプ

- ① 奥山直播造林地
- ② 半奥山の無灌水植苗或いは直播造林地
- ③ 里山（浅山）の灌水或いは無灌水植苗造林地
- ④ 封山育林成林地
- ⑤ 不成績林改良効果顕著地
- ⑥ 枯渇河床など砂利堆積荒地
- ⑦ 黄土丘陵造林成績地
- ⑧ 塩害、岩石山地などの苛酷立地造林成功地
- ⑨ 農地防護林成績地
- ⑩ アグロフォレストリー典型地

7.2.2 優良造林地の選定結果

多数のモデル林候補から、立地条件、林分構成樹種、造成方式（植苗・直播）などのバランスを考慮し、また、2008年3月4日と5日の2日間、中国林業科学研究院と北京林業大学の専門家2名を招き、モデル林所在県の林業局の担当者を交えて現場ワークショップを行い、既存モデル

林の検証・評価を行い、下記の林分をモデル林として決定した。

- ①延慶県奥山無灌漑アブラマツ直播き造林地（水土保持林）
- ②延慶県準奥山無灌漑アブラマツ・コノテガシワ苗木植栽造林地（水土保持林・耕地保護林）
- ③昌平区里山コノテガシワ・マルバハゼ苗木植栽造林地（水土保持林・水源涵養林）
- ④昌平区旧河床地針葉樹・広葉樹の多種混生林造林地（防風固砂林・景観林）
- ⑤昌平区平地針葉樹・広葉樹の混生による河岸・耕地防護林造林地（平原防護林）
- ⑥門頭溝区高山岩盤地における‘爆破^注’整地と大苗植栽による灌漑造林地（水土保持林）
- ⑦門頭溝区奥山針葉樹・広葉樹の混生林苗木植栽灌漑造林地（水土保持林・水源涵養林）
- ⑧懷来県風積砂地コノテガシワ・新疆ポプラ苗木植栽造林地（防風固砂林）
- ⑨懷来県山地アブラマツ播種・苗木植え込み造林地（用材生産兼用公益林）
- ⑩懷来県黄土丘陵地アンズ・間作造林地（生態型経済林）

【注：爆破整地とは造林予定地が岩盤になっているため、ダイナマイトを用いて植え穴を作ること。また、ドリルマシンを用いて植え穴を作る場合も一概に爆破整地ないし爆破造林という】

これらのモデル林の詳細は下表のとおりである。

表 13 決定された既存モデル林の一覧

林分 番号	鎮（郷） 村（林場）	立地 条件	造林 方式	樹種 構成	施工 年月	面積 （ムー） 保存率	平均 樹高
①	劉斌堡鎮 觀頭西谷	山地砂質（碎 石交じり）土 壤	直播 無灌漑 110株/ムー	アブラマツ	‘02.5～7	510 98%	80
②	永寧鎮 山西溝	山地砂質土 壤（褐色土）	ポット苗 無灌漑 74本/ムー	アブラマツ8、コノテガシワ2、 アンズ少量	‘00.5～7	1040 99%	197
③	流村鎮 高口	低山褐色 土・黄土	苗木 灌漑 110本/ムー	コノテガシワ8、 マルバハゼ2	‘99.3～4	360 98%	363
④	流村鎮 南流村	河原の碎石 地	苗木 灌漑 300本/ムー	北京地区常用樹種 （鑑賞用低木を含 む）30種弱	‘02.3～4	300 80%	50～500
⑤	百善鎮 呂各庄	河岸平地 沖積土	苗木 灌漑 56本/ムー	早生ポプラを中心 に、ハイバクシ、アブ ラマツ、ルスティフイ、ニセア カアなど	‘02.5	68 97%	1400

⑥	龍泉鎮 趙家窪	石質山地（軽 壤土から発 育した褐色 土、碎石多）	ポット苗 灌漑 爆破造林 80%	コナカシワ、ニセアカシア、 ルステイフイナ、マルバハゼ、 アブラマツ、アベマキ	‘06/’ 07 春季	1995 95%	100～150
⑦	龍泉鎮 趙家窪	裸岩多い山 腹中部 （砂質土か ら形成され た褐色土）	ポット苗 灌漑 80本/ムー	コナカシワ、アブラマツ、イ タヤエテ、ルステイフイナ、マル バハゼ、モクゲンジ、リョウ トウナラ	‘04. 3 ～ ‘06. 3	1200 95%	120 ～270
⑧	小南辛堡 龍宝山	風積砂地、平 坦な丘陵地	ポット苗/ 裸苗 無灌漑 170本/ムー 110本/ムー	コナカシワ、 シキョウホフナ	‘01. 4～ 6/ ‘02. 4	150/100 95%	178/650
⑨	王家楼 旧站堡	山地 砂質土壤	直播 苗木 無灌漑 80本/ムー	アブラマツ	‘69 直播 ‘71 苗木	105 85%	850
⑩	官庁鎮 石片	丘陵地 砂質土壤	接木苗 灌漑 40本/ムー	アズ	‘90	3300 100%	300

7.3 代表的な優良造林地紹介

7.3.1 延慶県奥山無灌漑アブラマツ直播き造林地

1) 立地条件

位置： 延慶県劉斌堡鎮觀頭西谷村

区域区分： 奥山山地（县城より車で約1時間）

地形： 海拔750m、山腹中部・下部北側傾斜面、傾斜度15～25度

土壤性質： 砂質壤土

表層土壤： 褐色土

土壤層厚さ： 20～50cm

自生植生： ハシバミ（榛子）、シナグリ（板栗）など

年間平均降雨量： 469mm（北京全市1950～2007年の平均年間降雨量は601mm）

2) 林種および造林設計

林種： 防護林
保全機能： 水土保持、農地保護
造林樹種： アブラマツ（油松）
整地方法： 長方形中耕整地（長径 70～100 cm、短径 40～60 cm、深さ 20～40 cm）
植栽密度： 110 穴/ムー
樹種構成： アブラマツ（油松）純林
造林方法： 直播（1 穴の播種量 20～100 粒、一部では 200 粒）
造林時期： 2002 年 5～7 月、整地と造林を同時進行
施工面積： 510 ムー

3) 保育措置および生育状況

当年活着率： 70%
補植情況： 2003 年、2004 年補植（種まき）
現在の保存率： 98%（穴を単位とする）
保育措置： 特になし
被災記録： なし
家畜による破壊： なし
成長状況： 平均樹高 80 cm、2007 年、2008 年の樹高成長量 25.7 cm、26.1 cm
林冠閉鎖度： まだ幼樹の段階にある

4) 考察と評価

(1) 成果

アブラマツの播種造林とし、無灌漑で保育もしていない状況で、高い発芽率と均等な幼苗が生育できたこと、幼苗期の年間平均樹高成長量 13 cm 以上であったという成績は、降雨量が 500 mm に満たない山地では大いに成功したといつてよい。現在、苗木植栽による造林が主流の中で、この造林地は播種造林の長所、すなわち、作業の簡易化、経費の節約、根系の発達、幼樹順応性の高さ、最終保留（育成）木の選択の余裕、樹幹のいい個体の形成の容易さなどを改めて認識させてくれた。

このような成果を上げた背景には、種子の品質、発芽処理、播種前後の土壤水分状況、播種作業の標準化など多くの要素が関わっているが、この造林地においては、整地の質が高かったことは成功の最大要素といえる。また、播種造林でしばしば軽視されるのが整地という工程である。今回の整地は苗木植栽造林で使用する大穴整地の基準を元に行なったものであり、その播種効果は苗畑の苗床に類似していたため、発芽率および幼苗期の成長量が大幅に向上した。さらに、幼苗期の迅速成長により、雑草妨害をうまく交わし、その後の生育に良好な基礎を固めた。

(2) 今後の課題

1 つの植え穴に個体（幼樹）数が多すぎることは現在直面している主な問題である。直近の調査でも、1 つの植え穴に平均 55 本の幼樹が生育しており、すでに個々の幼樹の正常な成長に影響

を及ぼし始めている。間引き作業および間引き苗の合理的な有効利用は、この林分において至急解決すべき重大な課題であり、延いてはその他の播種造林でも避けられない普遍的な問題でもある。このような現象の発生には、保育作業への重要視が全く足りなかったことある。保育作業の不履行或いは不完全が一般化されている背景には、長年計画段階から保育にしかるべき経費を計上しなかったこと、造林成果の評価において、依然として造林当年の活着率および保存率ばかりを強調し、幼樹の生育状況および幼林の健康状態にはあまり目を向けなかったことが挙げられる。数十年にもわたる人工造林で、現在中国の造林面積は「宜林荒地（造林に適した荒地）」面積に近づいた。今後は人工林の育成および高品質（安定性、成長量、利益性）な人工林の育成が主な課題となるであろう。



写真 1. 延慶県奥山無灌溉アブラマツ直播き造林地（2008 年 2 月撮影）

7.3.2 延慶県準奥山無灌溉アブラマツ・コノテガシワ苗木植栽造林地

1) 立地条件

位置： 延慶県永寧鎮山西溝新華営村・左所屯村
 区域区分： 準奥山山地（県城より車で約 30 分）
 地形： 海拔 600 m、山麓部北東傾斜地、傾斜 10～20 度
 土壌性質： 砂質土壌
 表層土壌： 褐色土
 土壌層厚さ： 30～50 cm
 自生植生： ホザキシモツケ、ニガヨモギ種（米蒿）など
 年間平均降雨量： 469 mm（北京全市 1950～2007 年平均年間降雨量は 601 mm）

2) 林種および造林設計

林種： 防護林
保全機能： 水土保持、村落・耕地保護
造林樹種： アブラマツ（油松）、コノテガシワ（側柏）、ヤマアズミ（山杏）
整地方法： 水平帯状下刈（幅 80～100 cm）、魚鱗坑整地（70 cm×60 cm×40 cm）
植栽密度： 74 本/ムー
樹種構成： アブラマツ（油松）8、コノテガシワ（側柏）2+ヤマアズミ、各樹種がコロニー状に混交
造林方法： 2～3 年生ポット苗による苗木植栽
造林時期： 2000 年 3～5 月整地、同年 5～7 月植栽
施工面積： 1040 ムー

3) 保育措置および生育状況

当年活着率： 92%
補植情況： 2001 年、2002 年に各 1 回補植
現在の保存率： 99%
育成措置： 2001 年、2002 年に植栽穴周囲の低木と雑草を刈る取る
被災記録： なし
家畜による破壊： なし
成長状況： アブラマツ（油松）の平均樹高 197cm、2007 年、2008 年の伸長成長量 26.4cm、22.2cm、地際径 7.13cm。
林冠閉鎖度： 50～60%

4) 考察と評価

(1) 成果

ポット苗造林が北方地区において広く普及したのは 2000 年前後である。このポット苗造林地は、当時かなり成功していたといつてよい。当地において、灌漑なしで植栽当年活着率が 92%に達するのは、非常に稀なことであると言える。成功のカギとなったのは、苗木の品質、整地基準の高さ、雨季の植栽である。造林 2 年目および 3 年目に、損傷のある生育不良な幼樹も含め、補植を行なった結果、7、8 年後も 100%に近い生存率を保持していた。標準的な保育作業は行なっていないが、高い整地基準と高品質な苗木に、部分下刈を施した結果、幼苗は良好な生育を示した。植栽後 5 年目のアブラマツ年間樹高成長量は平均 34.7cm、最大 55cm に達した。土層が比較的薄い局部に植栽したコノテガシワもすべて活着し、成長状態もかなりよい。

この造林地は、比較的乾燥した地区におけるポット苗造林の優勢を具体的に示した典型的な例である。また、例えポット苗を使用しても、造林地の地拵えおよび整地を丁寧に行わなければならない、できる限り雨季または土壌の水分条件がよい時期に植栽すべきであるを実証している。

(2) 今後の課題

この造林地は防護林を目的に、造林後の間伐を省略する考えで設計したため、植栽密度は低く

設定されていた。しかし、該当造林地の立地条件が比較的によかったことで、林内の低木および雑草が造林後の8年目になっても依然生い茂っており、多かれ少なかれ植栽木の生育を妨げている。また、アブラマツの下部に枝が多発しており、樹幹形態が劣る個体は多くなっていた。防護林でも林分の幼齢期に効果的な伸長成長および良好な幹形を目指すために、このような傾斜が緩く、土壌層が厚い場所では、初期の植栽密度を高く設定する必要がある。苗木の植栽間隔は2 m × 2 m まで密植してもよい。一定の密植は低木や雑草を抑制でき、苗木の初期の成長を高め、林冠閉鎖を促し、林分の早期安定が図れる。また、密植は良好な樹幹形態を形成でき、林分の成林後の価値を効果的に高められる。ただし、初期の植栽密度を高め設定する場合、保育間伐を怠ってはならない。

北方地区では非早生の針葉樹用材林樹種を利用して防護林を造成するケースが多く、現在では多種の混生林造成が徐々に増えてきている。広葉樹種であるクスギ類、カエデなど大・中木の経済価値も高くなっている。上述樹種を利用して防護林を造成する場合は、将来林分が（必ず直面する）更新する場合の経済価値を積極的に考慮すべきである。このように考えたかは林業の「持続可能な発展」にも一致している。将来の経済価値も考慮した上で、防護林を造成するときは、適地適木など造林の基本原則以外に、用材林の造成基本技術および原則を統合して総合設計を行なうべきである。

この造林地において、早速に下刈を通じて低木類の数量を調整し、林地の水土保持の防護効果を保証する前提で、目的（育成）樹種の栄養空間をできるだけ拡大し、枝打ちなどの保育を行えば、林分の安定化と樹木の健全成長を効果的に高めることができる。



写真 2. 延慶県準奥山無灌漑アブラマツ・コノテガシワ苗木植栽造林地（2008年7月撮影）

7.3.3 昌平区里山コノテガシワ・マルバハゼ苗木植栽造林地

1) 立地条件

- 位置： 昌平区流村鎮高口村西大台
区域区分： 里山（平原に接する）
地形： 山麓の丘陵状台地、傾斜方向は全方位、南向き斜面が多い。傾斜 10～15 度
土壌性質： 砂壤土
表層土壌： 褐色土・黄土
土壌層厚さ： 50～60 cm

自生植生： ニンジンボク（低木）

年間平均降雨量：550 mm（北京全市 1950～2007 年の年間平均降雨量は 601 mm）

2) 林種および造林設計

林種： 防護林

保全機能： 水土保持、村落・耕地保護

造林樹種： コノテガシワ、マルバハゼ

整地方法： 等高線上の帯状下刈地拵え（幅 100 cm）、魚鱗坑整地（70 cm×60 cm×50 cm）

植栽密度： 110 本/ムー（3 m×2 m）

樹種構成： コノテガシワ 4 列、マルバハゼ 2 列の重複配列

造林方法： コノテガシワ 3 年生、マルバハゼ 2 年生のポット苗による苗木植栽灌漑造林

造林時期： 1998 年秋季整地、1999 年春季造林

施工面積： 360 ムー

3) 保育措置および生育状況

当年活着率： 95%

補植状況： 2000 年に 1 回補植

現在の保存率： 98%

保育措置： 植栽当年～2001 年、毎年 2～3 回灌水

被災記録： なし

家畜による破壊： なし

成長状況： コノテガシワ平均樹高 363 cm、地際径 8 cm

マルバハゼ（黄櫨）平均樹高 160 cm、平均樹冠幅 120 cm

林冠閉鎖度： 30～40%

4) 考察と評価

(1) 成果

山麓の丘陵状台地であり、土壌層が比較的厚いのが利点であるが、干ばつの年は水分蒸発が多く、生い茂った雑草による水分競争が激しいため、造林の初期には幼樹の一斉枯死を招きやすい。これは台地造林でしばしば直面する難題であるが、この造林地では上記の難題を解決する上で、よい手本となる成功例を示した。この造林地の成功のポイントは以下の 3 点に要約できる。まず、ハイレベルの整地（整地前の林地整理整頓も含む）により、雑草の水分競争を抑え、土壌の集水能力および水分保持能力を向上させた。2 点目はポット苗の利用で植栽初期の幼苗の生存力が向上した。3 点目は造林後の 2 年目、3 年目における必要最小限の灌漑である。強調すべきなのは、以上の 3 点を同時に実行しなければ、この林分のような成果を上げられない可能性が高い。言い換えれば、造林における難題の解決には総合的な対策はより効果的であり、能率的である。

(2) 今後の課題

コノテガシワの樹冠の特徴により、樹高が数メートルまで成長しても、林分全体の樹冠閉鎖度

がまだまだ低いため、林内の低木や雑草がかなり生い茂っている。造林樹種の早い成長を促すためには、今後2年は下刈を行ない、保育を進めるべきである。あるいは林分の所期目的の実現に役立つ低木を選抜して意識的に育成することで、林分の早期安定を図りながら、最終的に複層林を実現させることも考えられる。



写真3. 昌平区里山コノテガシワ・マルバハゼ苗木植栽造林地（2008年7月撮影）

7.3.4 昌平区平地針葉樹・広葉樹の混生による河岸・耕地防護林造林地

1) 立地条件

位置： 昌平区百善鎮呂各庄温榆河北岸
区域区分： 平原農業区
地形： 一方は道路と河川、一方は耕地
表層土壌： 河岸側は湿草地性黄土、耕地は砂質壤土
土壌層厚さ： 80～100 cm
自生植生： イネ科雑草
年平均降雨量： 550 mm（北京全市1950～2007年の年間平均降雨量は601 mm）

2) 林種および造林設計

林種： 带状防風防護林
保全機能： 河道・耕地保護
造林樹種： 早生楊樹、アブラマツ、ハイビャクシン、ルスティフィナ、ヤナギ
整地方法： 穴状整地（70 cm×70 cm×60 cm）
植栽密度： 56 株/ムー（3 m×4 m）
樹種構成： ポプラ4、その他広葉樹3、針葉樹3
造林方法： ポプラは2-3 生大苗（2.5m）
ヤナギは大型サシホ（2-3m）
アブラマツはポット苗（ビックサイズポット）
ハイビャクシンは2年生裸根苗を使用し、植栽時灌水を伴う
造林時期： 2002年5月、整地と同時に造林
施工面積： 68 ムー（帯幅30～50 m）

3) 保育措置および生育状況

当年活着率：	95%
補植状況：	なし
現在の保存率：	95%
保育措置：	封山育林（山地封鎖育林）
被災記録：	なし
家畜被害：	なし
成長状況：	ポプラ平均樹高 1400 cm、胸径 15.3 cm ヤナギ平均樹高 600 cm アブラマツ平均樹高 220 cm
林冠閉鎖度：	70～90%

4) 考察と評価

(1) 成果

この造林地は河岸、道路と耕地を保護する総合的な防護林といってよい。また、造林地は市街地周辺の水域・緑地景観地区であるため、設計時に針葉樹、広葉樹の多種帯状混生方式を採用した。立地条件がよいので、樹種の選択肢は広いが、耕地の防護（防風）効果を考慮し、林帯のメイン樹種はやはり早生ポプラを選んでいる。また、景観効果と冬季の防護効果として配置した針葉樹とその他広葉樹が自然と林分全体の複層構造を形成した。単純な耕地防護林では小幅林帯によるメッシュ状の構造が奨励されるが、耕地の境面や耕地と河道または道路に接する場所では、広い幅の防護林帯の造成も一つの選択肢であろう。このような防護林は、防風効果のみならず、林分（森林）の総合効果をより一層発揮できる。目下ますます注目を集めてきている大都市郊外における環境保全型農業において、立地条件が許すならば、このような森林スタイルの耕地、道路、河川防護林造成方式を参考にするとよい。

(2) 今後の課題

林分の主要構成樹種が早生ポプラであるため、意識的にその他の樹種の成長を促す必要がある。対策としてはその他の樹種の成長空間を確保してあげること最も有効であろう。具体的な方法として、成長の遅い樹種や光を好む樹種をできるだけ南側に配置させる。また、これらの樹種と隣り合うポプラについては枝打ちと樹冠成長調整を行ない、他樹種への影響を軽減させる。ポプラの衰退は他の樹種より早いので、早めに更新の準備をしておくべきである。



写真 4. 昌平区平地針葉樹・広葉樹の混生による河岸・耕地防護林造林地（2008年7月）

7.3.5 門頭溝区奥山針葉樹・広葉樹の混生林苗木植栽灌漑造林地

1) 立地条件

位置： 門頭溝区龍泉鎮趙家窪村
 区域区分： 奥山
 地形： 斜面、傾斜 20～25 度、裸岩が散見
 土壌性質： 軽壤質
 表層土壌： 褐色土
 土壌層厚さ： 20～25 cm
 自生植生： ニンジンボク（荊条）を主体とした低木・雑草
 年間平均降雨量： 526 mm（2001～2006 年平均）

2) 林種および造林設計

林種： 防護林
 保全機能： 水土保持、水源涵養
 造林樹種： コノテガシワ、アブラマツ、イタヤカエデ、マルバハゼ、モクゲンジ、ルスティ
 フィナ、リョウトウナラ

整地方法： 魚鱗坑整地（70 cm×60 cm×40 cm）、一部の植え穴は客土
植栽密度： 74 本/ムー（3 m×3 m）
樹種構成： コノテガシワ 3、アブラマツ 2、その他広葉樹各 1、ブロック状および帯状混交
造林方法： 植栽前年の秋季に整地、春季に植栽、苗木は 2～4 年生のポット苗
植栽時の灌水、その後初めの 2 年間は年に 2～3 回灌水
造林時期： 2002 年秋季～2005 年春季
施工面積： 1200 ムー

3) 保育措置および生育状況

当年活着率： 95%
補植状況： なし
現在の保存率： 90%
保育措置： 封山育林
被災記録： なし
家畜被害： なし
成長状況： コノテガシワ平均樹高 182 cm（植栽時は 100-120cm）
マルバハゼ平均樹高 126 cm（植栽時は 80 cm）
アブラマツ平均樹高 180 cm（植栽時は 100-120cm）
イタヤカエデ平均樹高 270 cm（植栽時は 180cm）
林冠閉鎖度： 30～40%

4) 考察と評価

(1) 成果

この造林地は国外資金（日中民間緑化交流基金）によるモデル林造成事業である。造林樹種は可能な限り多種多様多性を追求した。多様な樹種の活着と保存率を保証するため、大穴整地、客土、ポット苗、灌水など目下とれる限りの有効的措置を採用した。その結果、当年活着率は 95% を達成、数年後の保存率も 90% の高水準を保持している。立地条件が劣悪な状況であっても、標準的な造林技術を総合利用し、技術規定に厳格に従い、丁寧に作業を行えば、多樹種混生林を 1 度で造成することは可能である。ただし、今後も順調に安定した林分に成長できるかどうかは、さらに見極める必要がある。

(2) 今後の課題

この造林地の当年活着率および数年後の保存率が高いものの、造林樹種全般的な成長状況はベストであるとは言えない。個別樹種、リュウトウナラ、イタヤカエデ、とモクゲンジの初期の成長状況は他種に比べ劣っている。その原因には苗木の品質、土壌の理学的性質など既定の要素が大きく関わっている可能性があるが、造林後有効な保育措置を行なわなかったことは明らかなの後発的な原因である。生い茂った低木・雑草が幼樹の高さを超えてしまったところも多くあり、これは幼樹の成長に深刻な影響を与えていた。低木・雑草をこまめに除去しなければ、低木・雑草の下で圧迫された幼樹が枯死する可能性も相当高い。現在の人工造林における最大の問題は、

深刻な保育欠乏であるといってもよい。今後、優れた人工林を育てていくには、保育管理を重視して、真剣かつ丁寧に実行することが肝要である。

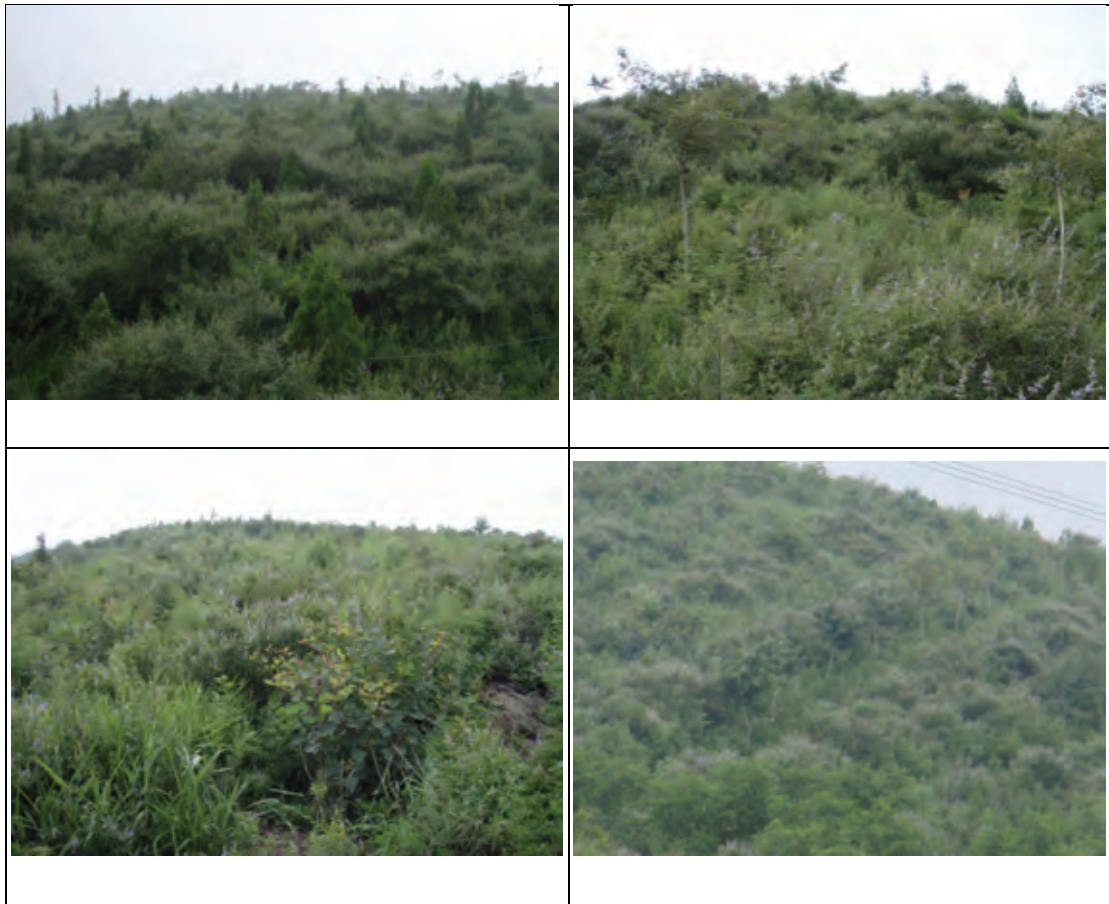


写真 5. 門頭溝区奥山針葉樹・広葉樹の混生林苗木植栽灌溉造林地（2008 年 7 月）

7.3.6 懷来県風積砂地コノテガシワ・新疆ポプラ苗木植栽造林地

1) 立地条件

位置： 小南辛堡鎮龍宝山村
区域区分： ダム周辺の平坦な丘陵地
地形： 平地、平坦な丘陵地
土壌性質： 砂地
表層土壌： 風積砂土
土壌層厚さ： 4～5 m
自生植生： カヤ
年間平均降雨量： 383 mm（近年平均 336 mm）

2) 林種および造林設計

林種： 防護林
保全機能： 防風固砂、水土保持

造林樹種： コノテガシワ、シンキョウポプラ（新疆楊）
整地方法： 穴状整地（60 cm×60 cm×40～50 cm）
植栽密度： コノテガシワ 170 本/ムー、シンキョウポプラ 110 本/ムー
樹種構成： 区画毎に単一樹種
造林方法： 春季に整地と造林の同時進行
 コノテガシワは3～4年生ポット苗（苗高80～100 cm）
 シンキョウポプラはサシホ育成苗（幹高さ180 cm、胸径2～2.5 cm）、無灌漑
造林時期： コノテガシワ 2001 年春季、シンキョウポプラ 2002 年春季
施工面積： コノテガシワ 150 ムー、シンキョウポプラ 100 ムー

3) 保育措置および生育状況

当年活着率： 95%
補植状況： なし
現在の保存率： 93%
保育措置： 造林地立ち入り禁止
被災記録： なし
家畜被害： なし
成長状況： コノテガシワ平均樹高 178 cm
 シンキョウポプラ平均樹高 650 cm
林冠閉鎖度： コノテガシワ（側柏）35～45%、シンキョウポプラ（新疆楊）60～70%

4) 考察と評価

(1) 成果

北京北部周辺の砂地上では、長年にわたりヤナギとポプラの造林を何度も試してきたが、成功したのはごくわずかな造林地だけである。その主な原因はやはり適地適木を徹底できなかったこと、造林密度と立地水分条件の調和がとれなかったことにある。上記2点の問題においては、この造林地は良い参考例を提供できたといつてよい。周辺地区にも以前からポプラの造林地がいくつかあったが、殆どが「小老樹林（樹高は数メートルで留まり、頻繁に病虫害が起り、極めて成長が不良な林地）」と化していた。その原因として、選択した樹種（品種）が現地の水文条件に不適合だったこと、過剰な密度で植栽したことが挙げられる。官庁ダム周辺についていえば、降雨量が400mm未満であるものの、地下水位は比較的高く、地表に近い砂質土壌の含水量は、例えば干ばつの年でも一定した安定量（地表40 cm以下の土壌含水量は一般的に5%以上を保持できる）を有していた。造林樹種を選定するときは、その樹種の大気乾燥度の耐える能力と根系の吸水能力（浸透圧）を考慮しなければならない。シンキョウポプラとコノテガシワはちょうどこの2つの指標において優位性を持っていたため、造林初期は良好な生存、成長状況を示した。ただし初期の造林密度に関しては、より合理的なモデルを探す必要がある。

(2) 今後の課題

この造林地の初期生存、成長状態は良好であったものの、現在（造林6、7年後）の状況は初期

には明らかに及んでいない。その原因は単位面積の個体数量およびバイオマスが、その立地が持つ水分条件上の許容上限に近づいたか、または超えたのではないかと考えられる。この造林地において最も重要な問題は、個体の持続的な安定成長を保證できるように、早いうちに単位面積上の活立木本数を調整することである。この立地におけるコノテガシワとシンキョウポプラの最適密度は、小幅な間伐繰り返しながら模索する必要があるが、筆者の砂地（毛烏素沙地）造林の実践からいえば、砂地の植生被覆率は最大で60%を超えてはならない。現在のコノテガシワ林地は、樹冠閉鎖率が35～45%であるが、これはコノテガシワ幼樹の樹冠形状の特殊性によりものであり、単位面積の本数も早いうちに調整する必要がある。個体の成長発育を早めに効果的に促してこそ、林分全体が健康的に安定した成長段階に入ることができる。



写真6. 懐来県風積砂地のコノテガシワ・ポプラの苗木植栽造林地（2008年7月）

7.3.7 懐来県黄土丘陵地アンズ・間作造林地

1) 立地条件

位置： 官庁鎮石片大西梁溝
 区域区分： 山間盆地の丘陵地
 地形： 黄土丘陵山地、傾斜度10～15度
 土壌性質： 砂質壤土
 表層土壌： 暗褐土
 土壌層厚さ： 50～75cm
 自生植生： 雑草・灌木林
 年間平均降水量：383 mm（近年の平均値336 mm）

2) 林種及び造林設計

林種： 経済林（防護機能を兼ねる）
 保全機能： 商品の生産・水土保持
 造林樹種： キミアンズ（黄杏）
 整地方法： 大坑整地（60 cm×60 cm×50 cm）、基肥を投入

植栽密度： 42 本/ムー (4 m×4)

樹種構成： 単一種

造林方法： まず台木 (ヤマアズ) を植栽し、2 年目から 3 年目にキミアズの接ぎ穂を接木。

灌水は毎年 2～5 回

造林時期： 1990 年春季～1992 年春季

施工面積： 3300 ムー

3) 保育措置及び生育状況

当年活着率： 80%

補植： 91 年及び 92 年に補植

現在の保存率： 100% (93 年以降も少量の植え込み、植え替えを行う)

保育措置： 春夏の除草、施肥、剪定、病虫害の予防・駆除

罹災記録： 早春期にはしばしば花が凍結

家畜被害： なし

生長状況： 平均樹高 350 cm；平均胸高直径 14 cm

林樹冠閉鎖率： 50～70%

4) 視察と評価

(1) 成果

風砂防止の見地のみから判断すれば、この黄杏林は立木密度や林床除草の関係で、その保全効果はおのずと一般的な防護林には及ばない。しかし、広大な黄土丘陵地帯において、このような風砂抑制効果も兼ね備えた経済林は、現地の経済・生産活動にとって、極めて実情に即した風砂防止対策の一つである。アズは乾燥した環境に非常に強く、比較的苛酷な立地でも安定したり林分を成せ、保全林の役割を概ね果たしている。したがって、このような防護効果が良好な経済林がより多く出現することが期待される。

(2) 今後の課題

林地は面積が大きさを考えると、今後林内 500m 間隔防風林帯を造成することが、林分全体の保全的機能を高められるだけでなく、果樹を霜や寒風等の被害から保護する意味でも大きな意義がある。経済林の風砂抑制効果を高めるため、特に冬に入る前の除草時にはできる限り土壌を掘り起こさないことを推奨する。経済林地においても不耕起耕作助成制度が導入されれば、まさに錦上に花を添えるであろう。



写真 7. 懷来県黄土丘陵地アズ・間作造林地（2008年7月）

7.4 既存優良造林地の総合的評価（調査業務再委託先の専門家らのコメント）

* 延慶県のモデル林

選定した2カ所のモデル林は両方とも山地造林で、無灌漑で造成していた。目下のところ成長状況は良好である。北京の総面積の62%を占める山間部、特に灌漑条件に乏しい奥山の植林モデルとなる。

* 昌平区のモデル林

選定した3カ所のモデル林がそれぞれ平原、台地と旧河床地という三つの異なった立地タイプを代表する。北京の山区と平原過渡帯の緑化のモデルとなる。

* 門頭溝区のモデル林

選定した2カ所のモデル林は異なった国際協力プロジェクトのモデル林地で、造林初期の成活率も保存率も極めて高い。灌漑条件を有する山地植林モデルとなる。

* 懷来県のモデル林

選定した3カ所のモデル林は異なった立地、異なった樹種で造成されおり、懷来県の環境整備と経済発展に必要とされる緑化事業における重要性は高い。地域の生態—経済—社会の持続可能な発展に資する植林モデルとなる。

第8章 プロジェクト新規造成モデル林

8.1 新規モデル林造成の意義と造成基本方針

8.1.1 意義

この十数年、本件調査4県・区の植林事業では国家植林プロジェクトを中心に、地方政府の植林緑化事業も含めて多くの植林実績を有しているが、その多くは荒山（禿山）におけるコノテガシワやアブラマツを中心とした針葉樹一斉林造成であった。近年、多樹種による混生複層林造成が提唱され、一部多樹種混生林の造成箇所もあるが、その数と面積はまだ少ない。また、黄土丘陵地、河川敷、農地周辺荒廃地、果樹園地など風砂源としての危険度が最も高い場所における保全林造成は総じて少なく、保全林がある場合でも、樹種の単一性や林分構造の単純性などの改良余地を少なからず持っている。

このような現状を踏まえて、森林・林業分野で実施する風砂対策事業にあたって、既存のモデル林における不足する部分を補完し、既存技術の改良も視野にいれて、これまで現地で蓄積された森林植生回復技術を検証、補填、総括して普及させるために必要な新規モデル林を造成する。

8.1.2 基本方針

既存植林地からのモデル林選定の結果及び風砂対策重点度区分図を踏まえ、対象4県・区及び「北京天津風砂源整備事業」対象地域全般のための森林植生回復技術マニュアル作成に必要な技術を立証、展示し、また既存のモデル林では網羅されていない技術、或いは完成されていない技術を補完するために新規モデル林を造成する。したがって、以下の植林・育林技術を持つ森林が新規造成対象として考えられる。

- 1) 既存植林地にはないが、風砂対策の効果が著しく高いとされる植林方式。
- 2) 既存植林地には個々の技術として個別に取り入れているが、相乗効果を上げられる技術の統合が望ましい植林方式。
- 3) 既存植林地で樹立された技術だが、風砂対策として最も植林の必要性が高い場所では立証されていない植林方法。
- 4) 既存植林地で実践された技術の中で、改良、改善の余地があり、その改良策は難度の高いものではなく、かつ改良後効果が顕著な植林方式。
- 5) 農地や果樹園などこれまで風砂対策対象地としての植生回復措置が講じられなかった土地での植林（植生回復）方法。

8.2 造林地選定とモデル林タイプ（技術仕様）の決定

8.2.1 造林地の選定

中国側カウンターパートとの協議、現場調査、専門家意見聴取をつうじて、造成するモデル林の場所、面積などを検討してきた。結果として、モデル林に望まれている“風砂危害地であること”、“見学しやすいこと”、“住民参加が可能であること”、“造成後の継続検証や管理がしやすいこと”などの条件を勘案し、土地（使用権）所有者の同意を得て、以下の場所を新規モデル林造成地として決定した。

1) 延慶県旧県鎮白草洼村

このモデル林造成予定地は村の裏の里山（村民は「裏山」という）であり、延慶県市街地から東北に 20km 離れている場所に位置している。標高は 600-700m、山の斜面向きは主に西南方向である。植林予定地は全体的に緩やかであるが、局部の急傾斜面も少なくない。土壌は砂質土で、土壌層の厚さは 15cm-50cm。所々に岩盤が露出していた。気候は温帯大陸性モンスーン気候帯に属し、年間平均気温は 8.8℃、年間降雨量は 300～500mm、春季に強風が多い。

モデル林造成予定地には総じて植生が少ない。自生している植生は主にニンジンボクやサネブトナツメなどの灌木と雑草である。中には一部過去の植林地であって、当時の植栽木がわずかに残存しているところもある。これらの樹種は主にコノテガシワで、アブラマツも少々散在していた。自生のヤマアズ、ニセアカシアも点在していた。このモデル林造成予定地は村に隣接していて、アクセスは良いが、人の出入りははげしい。

村の土地面積は 645ha、うち耕作地が 72ha、林地が 365ha となっている。人口は 298 人、世帯数は 112。2007 年の村 GDP は 150 万元、うち第 1 次産業は 112 万元、第 2 次産業は 8 万元、第 3 次産業は 30 万元であった。

モデル林造成予定地の計画可能な面積は 52.2ha でありうち、過去に植林行為があったが現在は疎林・灌木地となっている面積は 18.5ha（実質植栽すべき面積 10.67ha）であった。上記の計画可能な区域のうち、30ha を今回のモデル林造成面積として選定した。

2) 昌平区流村镇溜石港村

モデル林造成予定地は昌平区中心市街地から西南に 25km 離れた山間地である。石港村の「土行溝」という谷に位置している。周辺には集落がなく、里山と奥山の間であると言えることから、記述の便宜上「準奥山」という。南雁路（公道）から土行溝（谷）に 50m ほど入ると、その谷の左側の丘陵状の低山（テラス）が植林計画の対象地である。この谷の右側の斜面（日裏斜面）には数十年生のアブラマツ林（地元では「了思台油松林」という）が広がっている。谷に沿って東方向へ 700m ほど進むと植林予定地の東端になる。この植林予定地は山の尾根がおおむね東西に延びる山の日表と日裏斜面となる。標高は 400-630m と比較的到低いが、道路を挟んで西と西南には崖の多い急峻な高山がそびえている。植栽を予定する山は全体的に緩やかであるが、局部的に急傾斜面もある。土壌は砂質黄土で、土壌層の厚さは 50cm-150cm と厚い。山麓には 2m 以上の黄土堆積地もある。気候は温帯大陸性モンスーン気候に属し、年間平均気温は 11.8℃、年間降雨量は 300－600mm、春季に強風が多い。

植栽予定地は総じて土壌層が厚いゆえに、低木と草本類が茂っている。準高木類はヤマアズが最も多く、ノモモ、サネブトナツメ、ハシバミなども少量自生している。局部では、ヤマアズ

ズが林冠を成すほど密集している。谷間の平坦地はかつて果樹が植栽されていて、井戸も整備されている。

モデル林造成予定地のうち、ヤマアズが密集している箇所と一部自生している在来木の保留による換算面積を除くと、実質新規植栽面積は（標準設計の植え付け密度 1,200 本/ha で換算すると）40ha になる。

3) 懐来県土木鎮宗家洼村

モデル林造成予定地は懐来県中心市街地（沙城駅）から北方向へ約 1km の「京張」高速道路の沙城インターから東へ 600m に位置する。ここは官庁ダムまでの距離が 11.5km で、地形的には平らに近い丘陵状の扇状地である。この扇状地の平坦な部分はかつて耕作したことがあったが、今は閑地になっている。土壌層がかなり厚く、一定の地力は持っているが、碎石混じりの砂質土で、保水力が弱い。扇状地の北側は急峻な岩石の山坂で、降雨時に洪水になりやすい。この岩山の山麓の一部土壌層が残っている箇所にはコノテガシワが植えられているが、水分条件が悪く、生育不良のものが多く、気候は温帯大陸性モンスーン気候に属し、年平均気温は 9℃で、年間平均降水量は 400 mm 以下。風速 17m/秒以上の強風日は年間 20 日以上あり、主に冬と春に集中する。この土地に発生しやすい気象災害は、多い順に、干ばつ、風砂、雹となっている。

かつて耕作行為もあったため、原生植生が殆ど消失している。現存の植生は以前に植えたヤマアズズの残存木と自生しているニンジンボクやサネブトナツメなどの低木とチガヤ類の雑草である。

本計画で植栽する面積は 10ha で、そのうち、山の斜面が 3ha、平坦な扇状地が 7ha である。

8.2.2 モデル林タイプ及び技術仕様

植林の工事とは一般的に植栽地区画、作業道整備、整地（下刈などの林床整理、テラス工と植え穴作り）、資材・苗木調達、植え付け、乾燥対策工、補植、保育など一連の作業種を包含するものである。

新規モデル林造成地の選定が決定してから、その土地の立地条件に合わせて、モデル林の設計について、中国側と検討を重ね、林区分（モデル林の機能を表す名称）及び林分ごとの技術仕様は以下のとおりに決定した。モデル林の名称は、延慶県の 30ha は「里山（浅山）多目的生態防護林」、昌平区の 40ha は「準奥山生態系総合保全防護林」、懐来県の 10ha は「山地・山麓扇状地経済型防護林」とした。技術仕様は、以下の「モデル林全体設計と工事内容」に示す。

【モデル林全体設計と工事内容】

（1）延慶工事の全体設計と本件契約業務内容

（1）－ 1 延慶工事の全体設計

1) 林区分

本モデル林は多目的生態防護林である。防護効果発揮においては水土保持と風砂害軽減を優先する。ただし、将来的には「林下経済（薬草、山菜、キノコなど生産）」、生活用材、景観資源としての開発利用も視野に入れる。

2) 樹種

アブラマツ (*Pinus tabulaeformis*)、コノテガシワ (*Platycladus orientalis*)、マルバハゼ (*Cotinus coggygria*)、ヤマアズナ (*Prunus armeniaca*)、モンゴルナラ (*Quercus mongolica*)、トウカエデ (*Acer buergerianum*)

3) 苗木

すべて良質のポット苗木を使用する。植林地の入り口や看板周辺など個別箇所には大型ポット苗木を使用する。

苗木の選定基準は、優良品種であること、根系に損傷がなく、シュートも健全であること、病虫害や物理損傷がないこと。苗齢は2年生以上で、ポットに移植してからの期間が1年以上であること。

すべての苗木に対して、苗畑から山だしする前に必ず十分な灌水を行う。運搬する際、日よけと乾燥防止の措置を講じる。

4) 植林方式と作業要求

- ① 作業ブロックの区画：一つの作業ブロックの面積は0.5ha～2haとする。個々の作業区の面積は地形等に合わせ、上記の範囲内で調整することができる。
- ② 樹種間の割合：針葉樹と広葉樹の割合は原則的に6:4とする。各樹種のパーセンテージは、アブラマツ35%、コノテガシワ25%、マルバハゼ12%、ヤマアズナ10%、モンゴルナラ10%、トウカエデ8%。針葉樹と広葉樹カテゴリの中で、樹種間の割合の小幅な調整はできる。大型ポット苗木の使用量は、アブラマツは1,500本以下、コノテガシワは1,000本以下とする。
- ③ 樹種間の配置：原則的には1樹種1行ないし数行の行間交差配置とする。一つの作業ブロック内に同一樹種が連続して5行を超えないようにする。「行」は基本的に水平（等高線上）に設定する。
- ④ 斜面向きと樹種構成：北斜面には主にアブラマツ、トウカエデ、モンゴルナラを植栽する。南斜面は主にコノテガシワ、マルバハゼ、ヤマアズナを植栽する。
- ⑤ 植栽間隔と密度：急傾斜地植栽間隔は原則的に4m×2mとする。緩やかな傾斜地は3m×3mとする。植栽密度は1111～1250本/ha。平均密度は1200本/ha以下とする。
- ⑥ 植栽作業：植栽に先立ち、苗木の供給体制を整える。植栽に際しては、山だし、運搬、植付けの各種工程間に間隔を置かず流れ作業で行う。特にポット内の土がほぐれて散らされないように注意を払い。当日植え残った苗木はその場に仮植し、翌日まで必ず植え終えさせる。植え付けする際、ポットを外して、苗木を穴の中芯が立つようにして、土を戻し、しっかり踏み固める。適度な深植を心がける。最後に植え穴を灌木の枝や草で覆う。植栽したのち、速やかに灌水を行う。1本あたりの灌水量は80リットル(Kg)以上とする。

5) 整地方法と規格

穴状魚鱗坑整地方法を採用する。規格は長径0.7m×短径0.6m×深さ0.6m。岩石層が比較的浅く、あるいは傾斜度が比較的に大きい場合、長径0.5m×短径0.4m×深さ0.4mに変更できる。

穴を掘る際、直径5cm以上の石を拾い出し、石と土を分けて穴の横に盛る。穴を規定の大きさに掘り終えた後、しばらく(1日から数日)晒す。規格検査をうけてから土を穴に戻す。戻す深さは40cm(小さい穴の場合30cm)とする。土を戻したとき、穴の水平面が内側にやや傾くようにする。穴の周りにあぜを作る。あぜの高さは20cm(小さい穴の場合15cm)にする。踏み崩れないようにあぜはしっかりたたいて固める。

土壌層が薄く、かつ客土できる条件がある場合、客土を設計してもよい。ただし、客土する植え穴の割合

は25%を上限とする。

雑草が茂る箇所或いは灌木が密集している箇所において、植え穴掘り作業を容易にするため、筋刈りをする。筋刈りの幅は1m以下とし、1ha当たりの筋刈りの延長は2,500m以下とする。

6) 乾燥対策

すべての植栽木に保水剤を使用する。1植え穴当たりの使用量は12g以上とする。

大型苗木には蒸散抑制剤を使用する。1本当たり原液の使用量は1.5g以上とする。蒸散抑制剤は1回のみ使用する。

7) 保育

①中耕と除草：魚鱗坑内及びあぜの雑草を刈り取り、魚鱗坑内を中耕する。作業時期は8-9月の間とする。

②灌木除去：植林地内の自生灌木類を刈り取って除去する。ただし、有用灌木は除去対象外とする。有用灌木とすべき灌木について、植栽作業終了後、発注者から受注者に通知する。作業時期は8-9月の間とする。

③秋季灌水：9-10月の間に、植林地内のすべての生存木に対して、1回の灌水を行う。1本当たりの灌水量は80リットル(Kg)以上とする。

8) 補助的工事

①簡易歩道：作業効率と作業安全のために、植林地内に簡易歩道を開設する。歩道の広さは1mとし、灌木と雑草を取り除き、石ころを両脇に整理する。傾斜度が大きい箇所では地面を大まかに均す。

②防火帯：山林保護において、近年地元で実行されている「護林員制度」は顕著な効果を挙げている。白草洼村は本プロジェクトの住民参加型実施村としてこのモデル林造成計画にも参加及び支援を得ることになっている。したがって、植林地の火災発生の危険性はかなり低く抑えられる。また、歩道も防火帯としての働きが期待できるため、防火帯の設置密度を200m/haとする。防火帯の広さは1.5mとする。設置時期は10月下旬とする。

(1) - 2 延慶工事の2009年度(契約)業務

① 補植

補植を行う樹種はトウカエデとモンゴルナラである。補植本数は前年植栽本数の10%で、トウカエデが270本、モンゴルナラが360本。苗木は2~3年生のポット苗を使用する。植栽時は1本当たり1000の灌水を行い、植栽後には刈り草で植え穴の表面を覆う。作業要求は前節の『4) - ⑥』に示したとおりである。植え付け5月15日まで完了させる。

② 草刈・灌木除去

草刈は植栽木の行線上に、幅1mの筋刈りとする。除去対象灌木は植栽木より半径1m範囲内のものとする。この範囲にある灌木の枝も切り落とす。作業の時期は降雨状況に左右されることから、5月の間に、発注者と協議して決める。

③ 灌水

この灌水は本来植栽木が翌年の春先により早く成長を始められるために、その年の秋に行う設計をしているが、春季から干ばつが続いた場合、発注者の了解を経て、前倒して行うことができる。

(2) 昌平工事の全体設計と本件契約業務内容

(2) - 1 昌平工事の全体設計

1) 林区分分

本モデル林は生態環境保全林である。保全効果発揮においては水土保持と風砂害軽減を優先する。このモデル林も将来的には保全効果を損なわない前提のもと、経済的な産出を視野に入れる。

2) 樹種

植栽する樹種はハクヒマツ (*Pinus bungeana*)、コノテガシワ (*Platycladus orientalis*)、アベマキ (*Quercus variabilis*) (注：本樹種は後の植栽する直前病菌にかかった疑いが持たれ、モンゴルナラ (*Quercus mongolica*)、トネリコ (*Fraxinus americana*)、エンジュ (*Sophora japonica*)、チャンチン (*Toona sinensis*) とアブラマツ (*Pinus tabulaeformis*) に変更した)、モクゲンジ (*Koelreuteria paniculata*)、マルバハゼ (*Cotinus coggygria*) の6種である。

植栽予定地に自生しているヤマアズ、ノモモ (*Prunus davidiana*)、サネブトナツメ (*Zizyphus jujuba* Mill. var. *spinosa*)、ハシバミ (*Corylus heterophylla*; 榛) などの自生木は ha 当たり 200 本前後を均等に残す。これらの自生木も本モデル林の構成樹種とする。

3) 苗木

ハクヒマツ、アブラマツ、コノテガシワ、アベマキは良質ポット苗木を使用する。ハクヒマツは4年生のポット苗木をし、コノテガシワとアベマキは2年生のポット苗を使用する。モクゲンジとマルバハゼは2年生のスタンプ苗か裸苗を使用する。

苗木の選定基準は、優良品種であること、根系に損傷がなくシュートも健全であること、病虫害や物理損傷がないこと。ポット苗の場合、ポットに移植した期間が1年以上であること。

すべての苗木に対して、調達する際、(仮植) 苗畑から山だしする前に必ず十分な灌水を行う。運搬する際、日よけと乾燥防止の措置を講じる。

4) 植林方式と作業要求

- ① 作業ブロックの区画：一つの作業ブロックの面積は0.5ha～2haとする。個々の作業区の面積は地形等に合わせ、上記の範囲内で調整することができる。
- ② 植栽間隔と密度：植栽間隔は原則的に4m×2.5mとする。植栽密度は1000本/ha。ただし、自生木の保留はha当たり200本前後とするので、林分としての育成木密度は平均1200本/ha
- ③ 樹種間の割合：ヘクタール当たり各樹種の本数は、ハクヒマツ225本、コノテガシワ100本、アベマキ225本 (注：本樹種は後の植栽する直前病菌にかかった疑いが持たれ、モンゴルナラ、トネリコ、エンジュ、チャンチンとアブラマツに変更した)、モクゲンジ225本、マルバハゼ225本とする。ヤマアズを中心とする自生木の保留本数は200本前後とする。
- ④ 樹種間の配置：原則的には1樹種1行ないし数行の行間交差配置とする。一つ作業ブロック内に同一樹種が連続して5行を超えないようにする。「行」は基本的に水平(等高線)に設定する。
- ⑤ 斜面向きと樹種構成：南向き斜面(日表面)は比較的似土壌層が厚いことから、主にハクヒマツとアベマキを植栽する。北向き斜面(日裏)は主にコノテガシワ、モクゲンジとマルバハゼを植栽する。いずれの斜面にヤマアズなどの自生木をできるだけ均等に残す。
- ⑥ 植え付け時期と植栽作業：植え付けは春季と雨期に行う。植栽に先立ち、苗木の運搬体制を整える。植栽に際しては、山だし、運搬、植付けの各種工程間に間隔を置かず流れ作業で行う。特にポット内の土がほぐれて散らされないように注意を払い、当日植え残った苗木はその場に仮植し、翌日まで必ず植え終えさせる。植え付けする際、ポットを外して、苗木を穴の中心の立つようにして、土を戻し、しっかり踏み固める。適度な深植を心がける。最後に植え穴を灌木の枝や草で覆う。植栽したのち、速やかに

灌水を行う。1本に灌水量は80リットル(Kg)以上とする。

5) 整地方法と規格

穴状魚鱗坑整地方法を採用する。規格は長径0.7m×短径0.6m×深さ0.4m。岩石層が比較的浅く、あるいは傾斜度が比較的大きい場合、長径0.5m×短径0.5m×深さ0.4mに変更できる。

穴を掘る際、直径5cm以上の石を拾い出し、石と土を分けて穴の横に盛る。穴を規定の大きさに掘り終えた後、しばらく(1日から数日)晒す。規格検査をうけてから土を穴に戻す。戻す深さ40cm(小さい穴の場合30cm)とする。土を戻したとき、穴の水平面が内側にやや傾くようにする。穴の周りにあぜを作る。あぜの高さは20cm(小さい穴の場合15cmにする)にする。踏み崩れないようにあぜはしっかりたたいて固める。

植栽予定地は雑草と灌木がかなり茂っているため、筋刈りが必要である。筋刈りの幅は1mとする。筋刈りはできるだけ等高線上に沿って行い、間隔は4mとする。1ha当たりの筋刈りの延長は2,500mになる。

6) 乾燥対策

植栽年の降雨状況に応じて、保水剤を使用するかどうかを決める。使用する場合、1植え穴当たりの使用量は12g以上とする。

7) 保育

- ① 中耕と除草：2009年に2回行う。魚鱗坑内及びあぜの雑草を刈り取り、魚鱗坑内を中耕する。作業時期は5月と8月とする。
- ② 灌木除去：2009年に1回行う。植栽木周辺に自生する灌木が植栽木の成長を圧迫する恐れがある場合、それらの灌木類を刈り取って除去する。作業時期は5月とする。
- ③ 灌水：植栽時の灌水以外、植栽後有効降雨がなかった場合、植栽後15日から20日間に灌水を行う。有効降雨があった場合、灌水は降雨後15日目頃に順延する。植栽木が落葉前後にもう一度灌水を行う。この灌水は翌年春の生育を促進させるためである。1本当たり1回の灌水量は80リットル(Kg)以上とする。

8) 補助的工事

- ① 簡易歩道：作業効率と作業安全のために、植林地内に簡易歩道を開設する。歩道の広さは1mとし、灌木と雑草を取り除き、石ころを両脇に整理する。傾斜度が大きい箇所では地面を大まかに均す。歩道の開設密度は200m/haとする。
- ② 防火帯：山林保護において、近年地元で実行されている「護林員制度」は顕著な効果を挙げている。したがって、植林地の火災発生の危険性はかなり低く抑えられる。また、歩道も防火帯としての働きが期待できるため、防火帯の設置密度を200m/haとする。防火帯の広さは1.5mとする。設置時期は10月下旬と予定する。

(2) - 2 昌平工事の2009年度(契約)業務

① 資材調達

植栽木の植え穴に投入する保水剤は、1本当たり12.5gに設計している。4万本植栽に必要な500kgの保水剤を植栽前に調達する。

② 植栽

植栽時に1本当たり1保水剤12.5gを投入し、1000lの灌水を行い、埋め戻し後には刈り草で植え穴の表面を覆う。作業要求は前節の『4) - ⑥』に示したとおりである。植え付けは原則的に4月末まで完了させるが、天候により、5月15日まで延期できる。

③ 保育

保育には中耕と除草、下刈り（主に灌木除去）を行う。中耕は植栽木より半径 0.3mの範囲内とする。草刈は植栽木の行線上に、幅 1 mの筋刈りとする。除去対象灌木は植栽木より半径 1 m範囲内のとする。この範囲にある灌木の枝も切り落とす。作業の時期は降雨状況に左右されることから、5 月の間に、発注者と協議して決める。

④ 補植

補植は 9 月下旬に行う。すべての植栽樹種において、春季植栽本数の 10%とする。補植の際は、保水剤、灌水、刈り草覆いは行わない。

⑤ 灌水

植栽時の灌水以外、植栽後有効降雨がなかった場合、植栽後 15 日から 20 日間に灌水を行う。有効降雨があった場合、灌水は降雨後 15 日目頃に順延する。植栽木が落葉前後にもう一度灌水を行う。この灌水は翌年春の生育を促進させるためである。1 本当たり 1 回の灌水量は 80 リットル (Kg) 以上とする。

⑥ 防火帯設置

10 月上旬に施工する。防火帯の設置密度を 200m/ha とする。防火帯の広さは 1.5mとする。設置場所は受注者が設計する。

(3) 懐来工事の全体設計と本件契約業務内容

(3) - 1 懐来工事の全体設計

1) 林区分分

本モデル林は経済型防護林である。ここでいう「経済型防護林」とは商品価値の高い果実の収穫ができる多目的樹種（経済樹種）と他の一般防護林樹種を組み合わせ、経済効果と防護効果を兼備する林分を意味する。経済樹種を導入しても、現地の一般果樹園のように林床草本を根こそぎに除草することはないため、防護（水土保持と風砂害軽減）効果において従来の防護林と大きな差はないと考えられる。経済的に豊かではない地域において、短期間で一定の直接経済利益が得られる防護林のほうがむしろ大事に扱われ、防護林の長期安定成長にはより有利である。

2) 樹種

植栽する樹種はアブラマツ (*Pinus tabulaeformis*)、ナツメ (*Ziziphus jujuba*)、クルミ (*Juglans regia*) の 3 種である。うち、アブラマツは山地の水源涵養・水土保持林を成す。ナツメは平地防風林帯を成す。クルミは多機能樹種として、果実生産の経済的働きと水土保持・防風固砂の生態的働きを果たす。山地にまばらに生育するコノテガシワ（以前の人工植栽残存木）も本モデル林の一構成樹種とみなす。

3) 苗木

アブラマツは良質大型ポット苗木を使用する。苗高が 80cm 以上のものとする。ナツメとクルミは接ぎ木の裸苗を使用するが、苗齢は 2 年生以上のものとする。

苗木の選定基準は、優良品種であること、根系に損傷がなくシュートも健全であること、病虫害や物理損傷がないこと。ポット苗の場合、ポットに移植した期間が 1 年以上であること。

すべての苗木に対して、調達する際、(仮植) 苗畑から山だしする前に必ず十分な灌水を行う。運搬する際、日よけと乾燥防止の措置を講じる。

4) 植林方式と作業要求

① 植栽間隔と密度：クルミの植栽間隔は 4m×3mで、植栽密度は 830 本/ha。アブラマツは 3m×2mで、植栽密度は 1600 本/ha。ナツメは 4m×2mで、植栽密度は 1250 本/ha。

- ② 各樹種の植栽面積と本数：クルミは 5ha で、植栽本数は 4150 本。アブラマツは 3ha で、植栽本数は 4800 本。ナツメは 2ha で、植栽本数は 2500 本。
- ③ 樹種間の配置：山坂にはアブラマツを植える。この林分は水土保持と風砂抑制の役割を果たしながら、クルミ林の防風林としての機能も発揮させる。山地にもともと散在するコノテガシワは保留し保護する。平地の部分にはクルミとナツメを植栽する。この扇状地は緩やかな傾斜を成しているが、過去に階段状に整地してあり、今は段々畑になっている。テラスのところにはクルミを植える。テラスとテラスの間のあぜ（畔）の両側には防風林帯としてナツメを植える。それぞれの位置関係は別紙 4 に示してある。テラスのクルミ植栽地においては、植林初期の水土保持及び防風固砂機能を高めるために、自生している灌木類をできるだけ保留し保護する。
- ④ 植え付け時期と植栽作業：植え付けは基本的に春に行う。アブラマツは雨季植えしてもよい。植栽に先立ち、苗木の運搬体制を整える。植栽に際しては、山だし、運搬、植付けの各種工程間に間隔を置かず流れ作業で行う。特にポット内の土がほぐれて散らされないように注意を払い、当日植え残った苗木はその場に仮植し、翌日までには必ず植え終えさせる。植え付けする際、アブラマツはポットを外し、苗木を穴の中心に立つようにして、土を戻し、しっかり踏み固める。適度な深植を心がける。クルミに関しては、植える前に根の剪定を行う。埋め戻すとき根が伸び広がるように土を 3 回ほど分けて戻しながら踏み固める。クルミは浅く植える。最後に植え穴を灌木の枝や草で覆う。植栽したのち、速やかに灌水を行う。1 本に灌水量は 80 リットル (Kg) 以上とする。

5) 整地方法と規格

アブラマツとコノテガシワの場合、山麓に近い起伏が多い所は穴状魚鱗坑整地方法を採用する。規格は長径 0.7m×短径 0.6m×深さ 0.4m。平坦地に防風林帯として植える場合には、丸穴状整地方式を使用する。規格は直径 80 cm、深さ 60 cm。

クルミは比較的平坦な所に植えるため、丸穴状整地方式を使用する。規格は直径 80 cm、深さ 60 cm。ナツメの植え穴は直径 60 cm、深さ 50 cm。

穴を掘る際、直径 5cm 以上の石を拾い出し、石と土を分けて穴の横に盛る。穴を規定の大きさに掘り終えた後、しばらく（1 日から数日）晒す。規格検査をうけてから土を穴に地面の高さまで戻す。戻す際なるべく元の表土と真土が逆さになるようにする。穴の周りにあぜを作る。あぜの高さは 15~20cm にする。踏み崩れないようにあぜはしっかりたたいて固める。

6) 乾燥対策

植栽年の降雨状況に応じて、保水剤を使用するかどうかを決める。使用する場合、1 植え穴当たりの使用量は 12 g 以上とする。

7) 保育

- ① 中耕と除草：2009 年に 2 回行う。魚鱗坑内及びあぜの雑草を刈り取り、魚鱗坑内を中耕する。作業時期は 6 月と 8 月とする。
- ② 灌水：植栽時の灌水以外、植栽後有効降雨がなかった場合、植栽後 15 日から 20 日間に灌水を行う。有効降雨があった場合、灌水降雨後 15 日目頃に順延する。第 2 回目の灌水は天候に合わせておおむね 7、8 月に行う。樹木が落葉する前後もう一度灌水を行う。この灌水は翌年春の生育を促進させるためである。秋植えの場合、植栽時灌水以外、冬季に入る直前にもう一度灌水を行う。いずれも 1 本当たり 1 回の灌水量は 80 リットル (Kg) 以上とする。

8) 補助的工事

簡易歩道：作業効率と作業安全のために、山地のアブラマツ植栽区のみ簡易歩道を開設する。歩道の広さは1mとし、灌木と雑草を取り除き、石ころを両脇に整理する。傾斜度が大きい箇所では地面を大まかに均す。歩道の開設延長は600mとする。

(3) - 2 懐来県 2009 年度工事 (契約) 業務

⑦ 資材調達

植栽木の植え穴に投入する保水剤は、1本当たり12.5gに設計している。11,450本植栽に必要な143kgの保水剤を植栽前に調達する。

⑧ 植栽

植栽時に1本当たり1保水剤12.5gを投入し、100ℓの灌水を行い、埋め戻し後には刈り草で植え穴の表面を覆う。作業要求は前節の『4) - ④』に示したとおりである。植え付けは原則的に4月15日までに完了させるが、天候により、4月25日まで延期できる。

⑨ 保育

保育には中耕と除草、下刈り（主に灌木除去）を行う。中耕は植栽木より半径0.3mの範囲内とする。草刈は植栽木の行線上に、幅1mの筋刈りとする。除去対象灌木は植栽木より半径1m範囲内のとする。この範囲にある灌木の枝も切り落とす。作業の時期は降雨状況に左右されることから、5月の間に、発注者と協議して決める。

⑩ 補植

補植は9月下旬に行う。すべての植栽樹種において、春季植栽本数の10%とする。補植の際は、保水剤、灌水、刈り草覆いは行わない。

⑪ 灌水

植栽時の灌水以外、植栽後有効降雨がなかった場合、植栽後15日から20日間に灌水を行う。有効降雨があった場合、灌水降雨後15日目頃に順延する。第2回目の灌水は天候に合わせておおむね7、8月に行う。樹木が落葉する前後もう一度灌水を行う。この灌水は翌年春の生育を促進させるためである。秋植えの場合、植栽時灌水以外、冬季に入る直前にもう一度灌水を行う。いずれも1本当たり1回の灌水量は80リットル(Kg)以上とする。ただし、経済樹種は夏季に3回の灌水を追加する。灌水時期は施工者が降雨状況に合わせて臨機応変に決める。

8.3 モデル林の活着・成長状況

植え穴作りから、苗木の選定と運搬、植付け、灌水、植栽後のマルチング処理などの植栽における一連の作業は厳格に設計仕様を守り、かつ丁寧に行った結果、すべてのモデル林の植栽初期（植付け1カ月後）の活着率は95%以上であった。しかし、懐来県モデル林のクルミとナツメにおいて、接ぎ木の台木は生きているが、接ぎ穂部分は枯れている現象が多く見られた。収穫目的において、接ぎ穂が枯れてしまうことは失敗を意味するので、補植が必要であった。8月下旬の簡易調査結果、クルミの接ぎ穂枯死率は30%、ナツメの接ぎ穂枯死率は50%であった。接ぎ木苗の場合、接ぎ口の癒着が不十分だと、根系部分の水分供給が十分であっても、一定の時間内に

接ぎ穂までに到達する水分がかなり制限される。よって、大気温度は高くかつ乾燥している場合、接ぎ穂だけが枯れる現象がしばしば見られた。

すべてのモデル林において、2009年10月上旬に、2008年植栽した樹木には生存率、2009年植栽した樹木には活着率を、それぞれモデル林所在区県の林業局規定方法で、最終調査を行った。下表はその結果である。2008年に植栽した延慶県のモデル林では、コノテガシワ、アブラマツ、マルバハゼとヤマアズが明らかな伸長成長を見せていた。とりわけ、アブラマツとマルバハゼの伸長成長が顕著であった。10月の調査では、コノテガシワとヤマアズは10cm以下、アブラマツの新芽の成長は10cm～20cm、マルバハゼは10cm～50cmとなっていた。モンゴルナラの伸長は殆ど見られなかった。

2009年に植栽した昌平区のモデル林と懷来県のモデル林においては、春植えした昌平区のモデル林のハクヒマツのみが明らかな伸長成長を示していた。10月時点で、大方の新芽の成長は5cm～15cmであった。その他の樹種においては明らかな樹高成長は見られなかった。懷来県のモデル林ではアブラマツが5～18cmの伸長成長を示したが、クルミとナツメはあきらかな成長がなかった。

表 14 新規モデル林の活着・成長状況最終調査結果（調査期間 2009年10月7～21日）

区・県	樹種	植栽本数	活着（生存）率	成長状況	備考
延慶県 モデル林	アブラマツ	12620本	89.3%	良好	補植無しでの生存率
	コノテガシワ	9011本	98.4%	非常に良好	
	マルバハゼ	4305本	76%	良好	
	ヤマアズ	3653本	97.3%	非常に良好	
	トウカエデ	3612本	85.9%	まあまあ良い	補植後の生存率
	モンゴルナラ	2890本	80%	やや不良	
	林分全体	36091本	91.2%	良好	
昌平区 モデル林	ハクヒマツ	9000本	99%	非常に良好	全樹種補植無し
	コノテガシワ	12000本	98%	非常に良好	
	マルバハゼ	6000本	95%	まあまあ良い	
	モクゲンジ	12000本	96%	良好	
	モンゴルナラ	500本	70%	やや不良	これらの樹種はアベマキの代わりに植栽
	アブラマツ	2000本	95%	非常に良好	
	エンジュ	500本	92%	まあまあ良い	
	トネリコ	500本	90%	やや不良	
	チャンチン	3000本	86%	まあまあ良い	
	林分全体	45500本	96%	良好	
懷来県 モデル林	アブラマツ	4800本	89.9%	非常に良好	いずれも補植前の活着率
	クルミ	4150本	67.9%	まあまあ良い	
	ナツメ	2500本	36.1%	やや不良	
	林分全体	11450本	67.6	まあまあ良い	
計		93041本			

8.4 モデル林の総合評価

2009年9月24日と25日の二日間、外部専門家ら（北京林業大学の教授2名と延慶県果樹技術普及センターの高級エンジニア1名）と延慶県林業局、昌平区林業局、懷来県林業局の本件調査担当局長、技術者らによる3つのモデル林に関する現場評価会を行った。

参加者の一致した見解として、本件モデル林の事業方針、造林設計、施工等は高く評価できるものであると現場にての基本結論が出された。特に保安林としての生態的な多機能の発揮と将来的に地域村落や農民に利用できる経済効果（薬草、山菜、キノコ、間伐材などの直接利益とエコツアー開発における景観的価値）を実現すべく、立地条件に合わせた針葉樹、広葉樹、高木、低木による多樹種の混植設計が最も評価された。また、各種作業種の合理的スケジュールと厳格な施工管理による工事のクオリティーの高さも認められた。最大の課題として、今後における有効な乾燥対策と保育作業の徹底が提議された。

以下は専門家らによる評価結果である。

【専門家らのモデル林設計に関する実地調査報告】

2009年9月24～25日に、「中華人民共和国首都周辺風砂被害地域植生回復モデル調査」プロジェクトの新設モデル林の実地調査を行った。今回の調査対象は、延慶県旧県鎮白草洼村「里山（浅山）多目的生態防護林」、昌平区流村鎮溜石港村「準奥山生態系総合保全防護林」、懷来県土木鎮宗家洼村「山地・山麓扇状地経済型防護林」であった、

全体的にみて、新規造成したモデル林はプロジェクトの趣旨に完全マッチしていて、非常に良くできた設計であった。

北京市の風砂源整備や中国の他の地域の類似事業、延いては世界の類似保全林造成のモデルとして、このモデル林の造成理念と作業設計はいずれもプロジェクトの目的に符合していた。また、JICAの国際協力プロジェクトとして、住民参加方式を導入し、設計において、モデル林の生態的機能の発揮のみならず、地域住民における経済的な効果も考慮したことが合理的であった。具体的な成果は以下にまとめられる。

1. 新規モデル林の造林地選定は代表性と典型性を有した。

村に接する里山、準奥山のテラス地帯、山麓扇状地と言った3つの造林地タイプが設計された。また、北京・天津風砂源整備事業地域の土地利用特徴ともいえるブドウ園は冬季における主要風砂源であることに対して、実験的に防風ネット設置方法を取り入れた。この試みは果樹園やブドウ園の風砂対策にかなり有意義な見本となり得ると考えられるので、その経験を整理して利用普及を願う。

2. 新規モデル林の設計は中国の造林技術規定に符合していた。

3. 生態的機能と経済的効果を融合した設計は中国の国情及び生態環境建設の現状に合っていた。

中国では、経済の発展が遅れていて、生態環境は脆弱な地域は人口が多い。このような地域では生態環境建設と経済活動の調和された発展が求められ、環境改善整備において経済的な効果への配慮は必要不可欠である。本モデル林の設計はまさにこの理念を貫徹したものであった。この考え方は中国政府及び国際社会が発展途上国の生態環境整備事業に求めるものと一致していた。

4. 設計理念は斬新であり、参加型を採用したことで地域住民のプロジェクトへの積極的参加を

引きだした。

5. 造林地の現状からみて、本モデル林設計は第一段階の成果は既にえられていた。

モデル林の構成樹種は豊富でありながら、高い活着率を得ていたし、良好な成長を示した。具体的には、

① 樹種の構成と配置は合理的であり、局部の立地条件に合わせて、多種の高木、低木を使用した。

② 整地の方法、規格などは合理的かつ科学的であった。除草、中耕（土ほぐし）灌水などの保育を設計し、特に水分管理を強調して、灌水回数を増やしながらか活着率や生存率を従来の造林より高めた。

（執筆：北京林業大学水土保持学院 教授 魏天興）

第9章 その他地域の事例の紹介

9.1 黄土高原の造林・緑化

9.1.1 基本状況

- 事業名称： 日本政府無償資金援助
日中協力黄河中流防護林建設第二期工事
- 実施地： 山西省吉県、大寧県、蒲県、隰県
- 実施期間： 2002年～2007年
- 事業設計：
技術・設計の基本的枠組み⇒山西省林業庁
事業の総合計画設計⇒日本海外林業コンサルタント協会
日本林業土木コンサルタント
- 造林面積： 4900ha
- 植栽樹種： マンシュウクロマツ・アカマツ（油松）、コノテガシワ（側柏）、ニセアカシア（刺槐）、ヤマモモ（山桃）、ヤマアズ（山杏）、マンシュウイタヤ（元宝楓）
- 樹種配置： 列間混交、日陰斜面には主に、マンシュウクロマツ・アカマツ（油松）およびマンシュウイタヤ（元宝楓）を植栽し、その他の樹種は主に日向斜面に植栽する。
- 苗木規格： 2～3年生の裸根苗およびポット苗
- 整地方式： 水平溝整地、臥牛穴（魚鱗坑）
- 植栽： 春は裸根苗、雨季はポット苗、当年の補植として秋は裸根苗（一部の苗木は土中埋没により越冬させる）
- 保育内容： 堰の構築、耕運、除草、被覆、（広葉樹の）摘芽、枝打ち
- 管理保護： システムの確立、専任者責任追究制、契約制による管理・保護

9.1.2 施工方法(要点)

- 春はすべての樹種の植栽を行い、いずれも裸根苗を使用する。針葉樹の植え穴は、雑草で被覆する。広葉樹には間伐処理を施し、土中に埋没させて被覆する。
- 雨季には針葉樹のみを植栽し、ポット苗を使用する。植え穴は雑草で被覆する。
- 秋には広葉樹のみを植栽し、裸根苗を使用する。間伐処理を施し、土中に埋没させて被覆する。
- 針葉樹2年生苗（ポット苗の移植は1年生）
- 広葉樹1年生苗（秋は当年生苗を植栽）

9.1.3 事業評価

- 事実に基づき一切誇張なしで言っても、日本の支援事業は、管理モデルや施工基準から、植栽の質、樹種の配置モデル、植栽の活着率、保存率および苗木の成長量などに至るまで、すべてがわが県の造林史にとって新たな試みとなった。これは、わが県のその他のプロジェクト事業の模範となるものであり、人々は至るところで行われている整地作業やエメラルドグリーンに輝く、太くてたくましい樹苗から、間違いなく癒しと喜びを与えられている。
- このプロジェクトを参考として、今後、造林事業を行うにあたっては、「六つの重要事項」を確実に実施していかなければならない。その事項とは、①計画設計②整地③苗木の植え付け④技術研修⑤時期⑥厳格な検収である。(隰県林業局プロジェクト事務局)
- 林業事業の管理を行うにあたっては、考え方を転換させて、結果管理を工程管理へと切り換えなければならない。(蒲県林業局、翟虎)
- 当該事業が、このように良好な造林の成果を収められたのは、事業の実施過程において先端の造林技術を多用したからではなく、有効な管理方法、厳格な管理措置および周到な施工計画があったからである。当該プロジェクトの成功経験、とりわけ事業管理面での経験は、手本とするに値するものである。(吉県林業局、衛正平)
- 日本の援助プロジェクトの造林事業から学んだ教訓を実践するため、今後は林業事業の実施において、毎年の業務量を若干減らし、投資額を若干増やし、事業の質を若干向上させ、保存面積を若干広くし、効果・利益をより良いものにすることを心がけたい。(大寧県林業局、賀雲清)



山西省黄土高原植林地遠景

9.2 毛烏素砂地の造林・緑化

9.2.1 事業概況

- 事業名称： 日本政府無償資金援助
日中協力黄河中流防護林建設
第一期工事
- 実施地： 寧夏回族自治区塩池県、靈武市、平羅県(原陶楽県)
- 実施期間： 2000年～2004年
- 事業設計：
技術・設計の基本的枠組み⇒寧夏林業庁
事業の総合計画設計⇒日本海外林業コンサルタント協会
- 造林
流動砂丘地および半固定砂丘地
4200haの防砂治砂モデル林を造成
(11樹種、草本播種)
- インフラストラクチャー
林道、灌漑施設(靈武市のみ)、柵、護林員詰所、監視塔、地下水位モニタリング
井戸

9.2.2 造林技術の応用方針

- これまで積み重ねてきた技術と経験を活用する
日本の海岸林の造成技術、中国の沙坡頭鉄道の治砂技術、寧夏と日本の林野庁が
共同開発した砂漠化地域の森林植生回復技術など。
- 過去の失敗から教訓を得る
樹種が単一、立地条件の区分が大まか、設計が単一、施工品質モニタリングが規
範化されていないなど。
- 生態環境の安定性を重視する
郷土樹種および安全性が確認されている導入種を可能な限り利用する。
(微地形には11種の喬木・灌木樹種を採用)

9.2.3 立地分類と造林樹種

1) 立地

- 浅層地下水の深度による区分
A<2m : 湿潤型

2m ≤ B < 3m : 半湿潤型

3m ≤ C : 乾燥型

- 砂丘形態による区分
 - 1 : 高密度流動砂丘
 - 2 : 緩傾斜流動砂丘
 - 3 : 平坦砂地
- 底部土層の塩・アルカリ化度による区分
 - 軽: 耐塩性・耐アルカリ性灌木設計区
 - 重: 耐塩性・耐アルカリ性土壤草本播種区

2) 樹種

- 高木樹種 (A-1 と A-2 の立地に植栽)

カンリュウ (旱柳)、シンキョウポプラ (新疆楊) スナチグミ (沙棗)
- 灌木樹種 (その他の立地に植栽、但し、塩類集積地はキョウリュウ)

スナチナヤギ (沙柳)、アオムレスズメ (檉条)、イワオウギ (花棒)、
イワオウギの一種 (楊柴)、サバクタデ (沙拐棗)、
サボクリョウ (タデの一種、沙木蓼)、ムラサキエンジュ (紫穗槐)、キョウリュウ (紅柳)
- 草本 (全般に播く)

スナチヨモギ (沙蒿) 等
- 林道緑化樹種
モンゴルアカマツ (樟子松)

9.2.4 主たる成果

3年にわたって、流動砂丘地において、11種類の高木と灌木を使って、4200ha 成功に造林した。これらの流動砂丘地を完全に緑地に変わらせた。



寧夏流動砂丘地植林地

9.3 ケニアの半乾燥地造林技術事例

本稿では、中国の半乾燥地造林の推進の参考に資するため、ケニア共和国の半乾燥地において日本国際協力機構（JICA）と林野庁が、ケニア国森林研究所及びケニア森林局と協力して1985年から2006年まで実施してきた、半乾燥地社会林業の推進に係る造林技術開発の一事例を紹介する。

なお、この協力内容は、全体としては半乾燥地における技術開発と社会林業普及のための訓練・普及活動の2分野が含まれている。また、造林技術開発の主な内容は、社会林業普及に必要な樹種の選択、育苗技術開発、造林技術開発である。

9.3.1 ケニア社会林業技術協力計画の実施の背景

ケニアはアフリカ北東部に位置し、国土面積は5,826万haでその大部分は乾燥地、半乾燥地で占められている。人口は1995年には約3,000万人、2008年には3,830万人(暫定値)と増加している。1995年のGDP/人口は280US\$、2008年には857.4ドル、農業人口が80%以上を占めている。ケニアは石炭、石油等の産出国ではなく、外国からの購買力もないため、国内産の燃料用木材は、家庭用・農業用資材として重要な地位を占めている。また、樹木は農牧民の自家用の燃料材、建築材、畑等の境界木、薬用、観賞用、食用（果樹）、飼料用として幅広く利用されている。

このような中で、人口の増加とともに、農地は、湿潤地から半乾燥地に拡大し、森林・木材の不足が認識され、半乾燥地の農民に対する社会林業普及（植林の普及）活動が必要となった。

9.3.2 ケニア国キツイ県の自然環境と植生景観

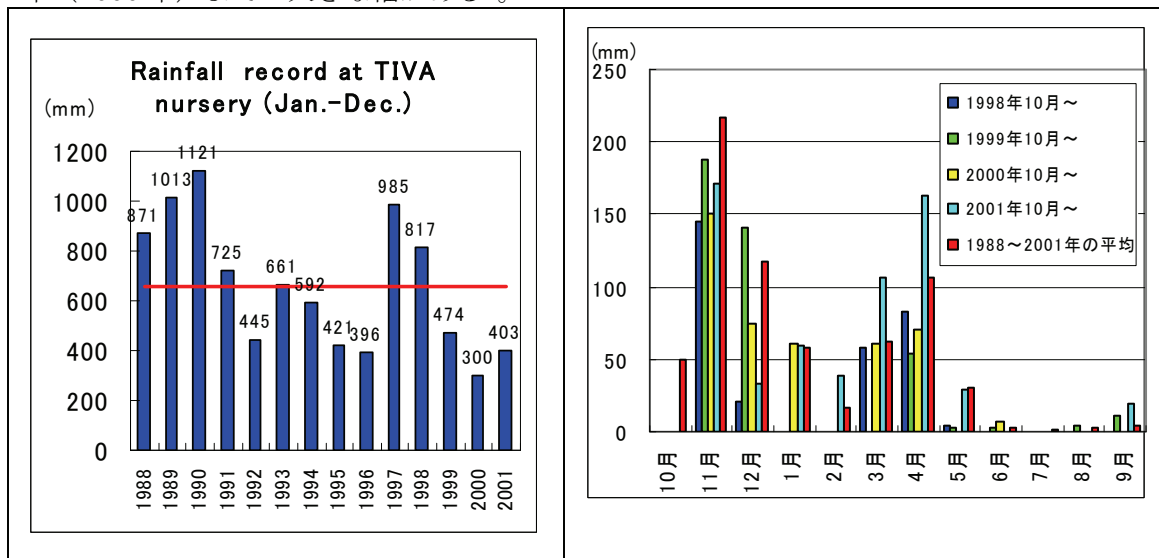
1) 自然環境

技術開発は、ケニア国東部州のキツイ (Kitui) 県にあるケニア森林研究所 (KEFRI; Kenya Forestry Research Institute) キツイ半乾燥地林業研究センター実験林 (パイロットフォレスト; Pilot Forest)、ティバ (Tiva) 苗畑、及び、キツイ県内の農地において行った。

KEFRI キツイ半乾燥地林業研究センター試験林は赤道直下の南緯 1° 21'、東経 37° 52' の位置にある。普及対象の農家もその周辺にある。

東部州のキツイ県の自然環境は、サバンナ気候、赤道無風帯に位置し、ほぼ常時微風、標高約 1000m、なだらかな丘陵地帯、年降雨量は平均 700mm/年(1988年から2001年; ティバ (Tiva) 苗畑)で雨期は年に2回 (11-12月と3-5月)で、その他の月には、ほとんど雨が降らない。年蒸発量は 2000-2200mm/年前後、平均気温は 22° C 前後である。

植栽樹木の活着率は降雨量により大きな違いが出てくる。年別降雨量、月別降雨量のグラフを以下に示す。観測した14年間の降雨量は最高1100mm/年(1990年)から最低300mm/年(2000年)までの大きな幅がある。



資料出所；JICA ケニア SOFEM 岡本専門家報告書（2004年）

主な土壌は赤褐色土である。土壌深度は、概して1m以上はあるが、一部に浅い場所がある。

2) 地域の植生景観

キツイ県の植生景観は、疎林、ブッシュランド(優占している樹木の樹高は3-7m。樹冠被覆率40%以上を言う。)である。疎林、ブッシュランドのうち農耕適地は耕種農業用地に、その他の土地は放牧地として利用されている。以下に代表的な景観を示す。



上記地区の典型的な景観（立体写真；農耕地化されつつある半乾燥地）

9.3.3 プロジェクト内容

1) 造林技術開発の前提

地域の森林は、農民は、耕種農業用地を求めて、共有林を開拓するために減少し、また、

共有林の樹木で木炭を製造するために、劣化しつつある。地域全体としては、木材原料代の支払いが不要な自給的薪の供給源が残されてはいるが、減少しつつあり、一部では、薪採集料金が必要になる場所も発生しつつあるという状況にあった。

社会林業の造林候補地は一般的には共有林内、農民住宅周辺の空き地、農牧地の境界又は農牧地内であるが、当地の共有林は開拓候補地または天然林からの薪炭材生産地であり、農民の造林対象地としては認識されていない。造林候補地は概して個別分散的である。造林者は農民であり、造林目的は上記のように多様である。

政府の財政力は弱く、各村に林業普及員を配置し、技術指導はするが、資材・労賃などの財政支援はできない状態であるため、農民が自ら育苗し、農民が必要な場所に植栽することを奨励するのが、林業振興政策である。

2) 農民向けの樹種の確認と開発

(1) プロジェクト開始時対象地内の植栽樹種

半乾燥地の農牧地には、林業樹種とは言えない牧畜地境界植物となるサボテン（英国が導入）、農地の境界木としてユーホルビア（*Euphorbia tirucalli* 別名：アオサンゴ《青珊瑚》；USAID が導入したと言われている。）が見られた。また、半乾燥地の中に部分的に出現する雨量の多い山地（降雨量 700mm 以上）で林業用樹種としては湿潤地—湿潤半乾燥地には①ユーカリ類(*Eucaliptus spp.*)、湿潤半乾燥地には②グレブリア・ロブスタ(*Grevillea robusta* ハゴロモノキ)の植栽が、半乾燥地向けには③プロソピス・ジュリフローラ (*prosope juliflora*) 飼料木としては④銀合歓(*Leuceana leucocephala*)が国連世界食料農業機構 (FAO) 等により紹介され導入されていた。また、半乾燥地向け樹種としては、郷土樹種である多くのアカシア類が知られていた。

しかしながら、上記の樹種は、必ずしも農民には好まれなかった。造林に適した樹種開発がされていないため、半乾燥地の農民に適した樹種開発が必要であった。

(2) 樹種選択とジェンダー配慮

実は、上記樹種は、男性農民の好む樹種ばかりである。農民とひとくくりには見ても、男性農民と女性農民により選好する樹種は異なる。男性農民は、①ユーカリ類 (*Eucaliptus spp.*)、湿潤半乾燥地には②グレブリア・ロブスタ(*Grevillea robusta* ハゴロモノキ)のような宣伝の行き届いた商業用樹種を好み、女性農民は、扱いやすい薪炭用樹種、花木、垣根、果樹、薬用樹を好んだ。

また、男性の好む高木性の①、②の本来の適地は湿潤半乾燥地以上の降雨量の地であり、植栽してもシロアリ被害を受けるという欠点があり、③は半乾燥地に適しているが棘があり、農民（特に女性）にとっては扱いづらいという性質を持っていた。このため、①、②

の代わりに、*Senna siamea*、*Melia volkensii*を開発・推奨し、また、女性農民向けに花木、垣根、果樹、薬用樹を普及対象樹種を加えるなど、多樹種を普及用推奨樹種とした。

なお、*Melia volkensii*は、ケニアの半乾燥地で製材用途にも利用可能な郷土樹種であり、シロアリ害に強く、成長もよいが、種子の発芽処理、育苗が難しいという欠点があり、時間をかけた技術開発が必要であった。造林樹種の植栽試験はアカシア類を中心に100種以上について実施している。

(3) 推奨樹種の例示

以下に、一般向け推奨樹種とは異なるが、小規模苗畑活動に参加している女性農民の好みを勘案し、1999年段階でまとめた造林樹種等一覧表を示す。

表4 SFTP・SOFEM(ケニア東部半乾燥地)プロジェクトで検定された造林樹種

G-1.	プロジェクトが推奨し農民・農民女性グループが苗木を作り、植えている樹種 1. <i>Senna siamea</i> (<i>Casia siamea</i>) 2. <i>Cassia spectabilis</i> 3. <i>Dovyalis caffra</i> 4. <i>Azadirachta indica</i> 5. <i>Tamarindus indica</i> 6. <i>Terminalia mantaly</i> 7. <i>Jacaranda mimosifolia</i> 8. <i>Delonix regia</i> 9. <i>Ficus benjamina</i>
G-2.	農民・農民女性グループが好みプロジェクトも支援している樹種(果樹) 10. <i>Papaya</i> 11. <i>Mangifera indica</i> (Mango) 12. <i>Citrus spp.</i> 13. <i>Psidium guajava</i>
G-3.	引き続き技術開発・試植し、供給した苗木を農民・農民女性グループの一部が植えている樹種 14. <i>Melia volkensii</i> 15. <i>Terminalia brownii</i> 16. <i>Dalbergia melanoxylon</i> 17. <i>Moringa oleifera</i> 18. <i>Acacia senegal</i>
G-4.	農民・農民女性グループが好むが、降水量の少ないところには積極的におすすめしない樹種 19. <i>Grevillea robusta</i> 20. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> 21. <i>Casuarina spp.</i>
G-5.	生存/生長上の問題はないが現在は積極的におすすめしていない、農民もそれほど好まない樹種 22. <i>Prosopis juliflora</i> , 23. <i>Acacia nilotica</i>
G-6	その他の育成試験中の主な樹種(以下の記載省略; 20種程度)

出所: 熱帯林業 No.9(2000) ケニア半乾燥地における社会林業技術協力計画の中間展望 (三島征一)

表4 SFTP・SOFEM(ケニア東部半乾燥地)プロジェクトで検定された造林樹種

3) 活着率の高い植栽技術

上記のような樹種選択の問題と平行して、林業普及上問題となった植栽技術の開発を行った。その理由は、半乾燥地では苗木を植栽しても活着率が極端に低く、多くの苗木と労力が無駄になっていたため、様々な、植栽方法の試験を実施し、課題を解決した。

(1) 植栽技術開発の変遷

植栽の作業には、次の作業工程を含む。家畜よけの囲い、地拵え、植え穴堀、集水土手作り(ウォーターキャッチメント; Water Catchment)、マルチング(mulching)、下草刈り・除草。半乾燥地・乾燥地では大きな周期で降雨量が変化するに対応し、大干ばつ年にでも適用可能な安全な造林技術を開発する必要がある。以下に示す「キツイ半乾燥地の

造林環境と植栽技術開発試験等の要点」で、技樹開発試験期間を大きく3期に分けて概観した。

ケニア 社会林業 半乾燥地の造林環境と植栽技術開発試験等の要点

時期	I期；共有林への造林が主体の時期 1986-1992年 社会林業プロジェクト (SFTP(I))	II期；実験林での植栽が主体の時期 1993-1997年 社会林業プロジェクト (SFTP(II))	III期；農地での試験・普及の時期 1997-2004年 社会林業普及モデル開発プロジェクト (SOFEM)	
降雨量	1000mm/年から600mm/年に減少	400mm/年から1000mm/年に増加	1000mm/年から300mm/年に減少	
実施場所	実験林	実験林と農地	農地	
植栽作業内容	家畜被害防止対策	巡視員を雇用し、牧畜農民を指導。	アカシア類の棘月枯れ枝囲い柵巡視員を雇用。牧畜民を指導。家畜被害が一部残る。	農地周囲に生垣を育成。家畜被害は、極小。
	シロアリ、その他小動物	問題にならない。	降雨量400mm/年でシロアリ長害による枯損発生。その他大被害なし	大被害なし。モグラ被害あり。
	植栽前現況	中高木とブッシュ	林地を開墾した畑状試験植栽地	既存の農地、農民保有の空闲地
	傾斜度	0-5° 程度	0-10° 程度	5-10° (階段畑又は傾斜畑)
	地拵え	帯状地拵え	畑状地	畑地
	地表植生	草地	なし(裸地)	なし(裸地)
	植え穴堀	直径30cmX深さ30cm程度	植え穴大きさ別試験；結果は30X30cmで十分	30X30cm
	集水土手	なし	四角型、V型、W型、等高線型いずれも効果大	V型、W型で試験。不適、不要の場合もある。
	植栽時給水	無給水。	無給水。	果樹に給水。その他は無給水。
	マルチング	なし	マルチング試験実施(有効だが試行にとどめた)	なし
	下草刈り・除草	下草刈り実施	中耕除草試験；効果大	中耕除草実施。実施範囲は広すぎる必要はない。
間作	不明	試験実施；面積率50%まで、樹木・作物競合なし。	試験実施。	
活着・成長	降雨量800-1000mm/年の時期は、活着率問題なし。降雨量が800-600mm/年に下降し、ほとんど枯死。	降雨量400mm/年で活着率80%以上、中耕除草により初期成長も良好。	同左	

降水量の大きな変動により紆余曲折はあったが、最終的には、降雨量 400mm/年でも無給水で活着率が高く、初期成長のよい植林方法を開発完成した。

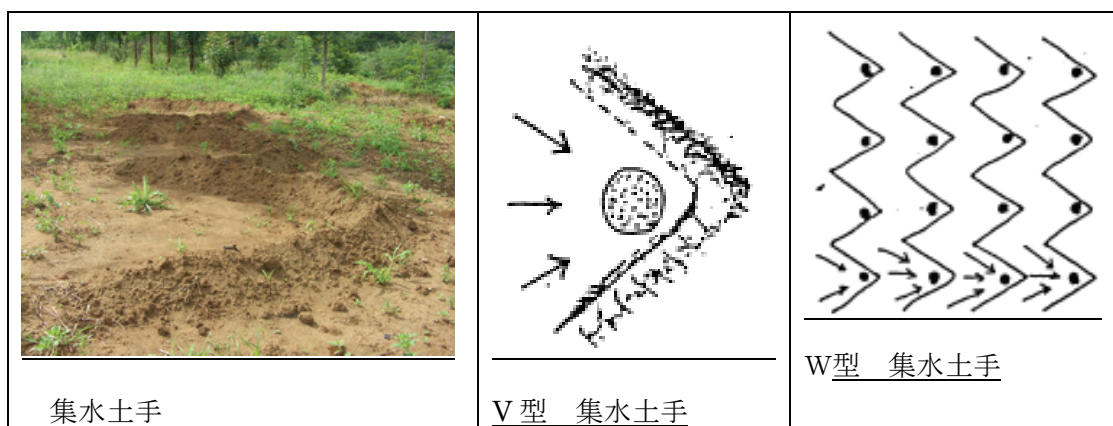
開発過程をおおまかに言えば、I期は当初は降雨量が 1000mm 程度と多く、通常の造林方法で活着率にも大きな問題がなく、数多くの樹種の植栽試験が行われた。しかしながら、後半には年降雨量 600mm 程度の干ばつ年になり植栽木がほぼ全滅した。II期には降雨量 400mm/年でも無給水で活着率が高く、初期成長のよい方法を試験林の圃場レベルで完成した。III期には、普及対象となる農民の畑で植栽技術を実施し、現地適正技術とするように改良を加えた、というものである。

II期に試験林の圃場で開発した技術の中核は、(1)「ウォーター・キャッチメント(集水土手)の形状と生存・成長効果」、及び(2)「下刈り・中耕除草の方法別生存・成長効果」であるが、農民への普及のために(3)「植え穴の大きさと生存・成長効果」(大穴を掘って植える労力の無駄を省く)、(4)「間作のための適正空間の確認」(アグロフォレストリー)の試

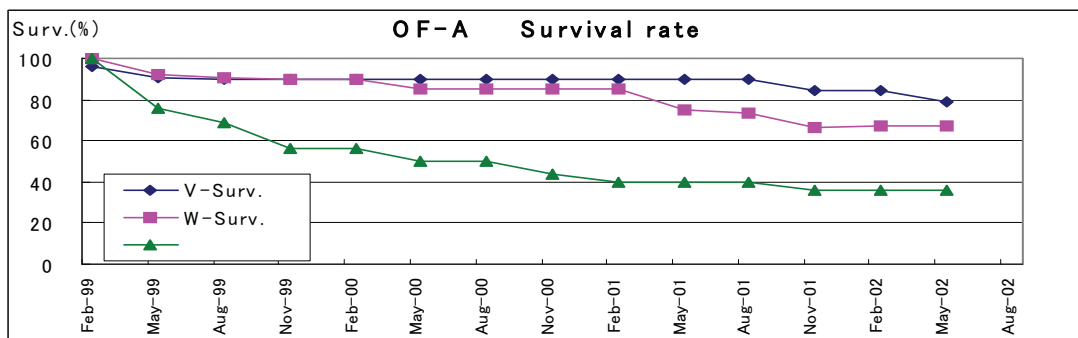
験も行った。結果は、普及対象となる実際の農地で再確認するため、III 期には農地での試験（On-farm 試験）が実施された。以下に On-farm 試験のとりまとめ結果を要約して紹介する。以下の紹介は、JICA ケニア半乾燥地社会林業普及モデル開発計画 農地林造成(技術)の業務報告書（日本国林野庁派遣専門家 岡本一孝氏 派遣期間：2000 年 6 月 24 日～2002 年 11 月 25 日）をもとにしている。上記以外にも各種の試験を実施しているが、本稿では上記の 4 試験のみを紹介する。

a. ウォーター・キャッチメント（Water catchment；集水土手）試験

ウォーター・キャッチメントは、乾燥地、半乾燥地で造林するまえに、植栽する苗木に降雨水を集めるための、下図に見られるようなV型またはW型の集水用の土手（又は溝）である。黄土高原の造林地で見られる等高線型の集水用溝と目的はほぼ同じである。



植栽樹種(試験木)は、*Grevillea robusta*、集水土手の形はV型、W型と集水土手なし(対照区)で実施し、いくつかの傾斜度の農地別に生存率を調査した。当該試験結果から、緩傾斜地では、下図のように集水土手がある方の生存率が高いことが確認出来た。



(図-9) OF-A)の各試験区の生存率の推移 試験木 *Grevillea robusta*
V型ウォーター・キャッチメント、W型ウォーター・キャッチメント及び対象区(ウォーター・キャッチメント未設置)

ただし、緩傾斜地では効果があるものの、平坦な場所や農耕用の階段畑内（テラスが設置された場所）では効果が小さいこと、また、堤の高さが 20cm 程度の簡易な構造の場合、緩傾斜地でも集水部が容易に決壊すること、また、W 型は V 型に比べ決壊し易いことが明らかになった。

この他、試験地のモニタリングを通して、農地にウォーター・キャッチメントを設置する場合には、W 型や V 型の基本形のままでは牛耕時の物理的な被害が避けられないため、牛耕時に破壊されないような形状の集水構造物を作設する必要があることが分かった。このため、広角 W 型ウォーター・キャッチメントとコンタートレンチ（等高線に沿った溝）の作設を提案したが、その実証については今後の課題である。

b. 除草・刈り払い試験（潔癖除草、部分除草、刈り払い）

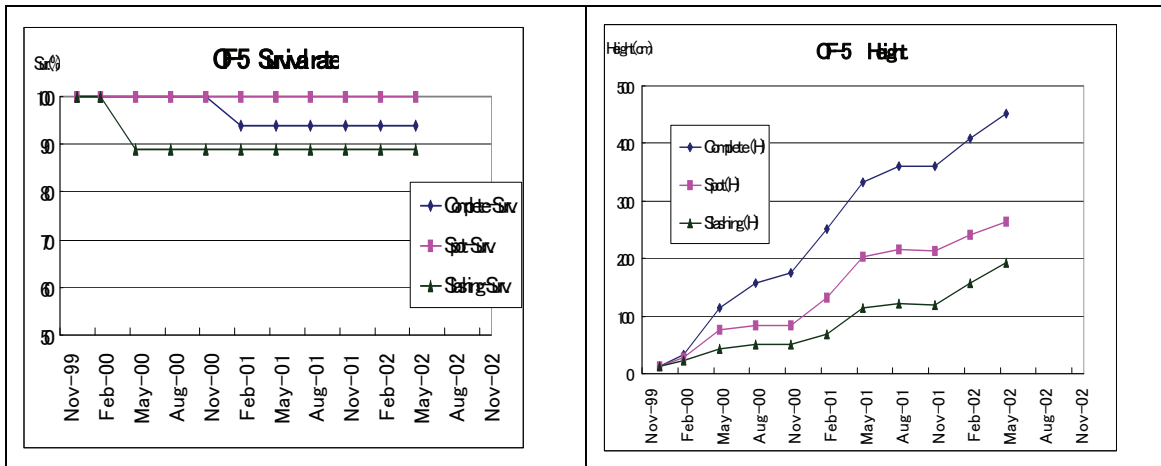
試験方法及び施業経過

除草方法の違いが植栽木の生育に与える影響を調べるために、農民が実施可能な作業方法と思われる潔癖除草(プロット全域を鋤で耕し、雑草を除去する方法。農業の中耕除草と同義)、スポット除草(試験木の周囲半径 1m の区域のみ鋤で耕し、雑草を除去する方法)、刈払い(プロット全域の雑草をパンガ(鎌のようなもの)で刈り払う方法)の 3通りの除草試験区(プロット)を繰り返しのために各 2 プロットずつ、無作為に合計 6 プロット設定し、3ヶ月毎に生存率、樹高、根元直径を計測した。

今回の試験を通して、潔癖除草を行うことにより、植栽木の初期成長が驚くほど高まること、刈払いに比べスポット除草の方が植栽木の生育が良いこと、などが明らかになった。また、間作が行われることにより、潔癖除草が農作業の一環として適時・適切に行われること、及び間作により植栽木の生育が促進されるのみならず、収穫も十分期待できることが明らかになった。

初期成長を早めることは、家畜の食害や牛耕時の物理的被害を回避するためにも有効な手段であり、この点からも、潔癖除草は重要な除草技術であると思われる。

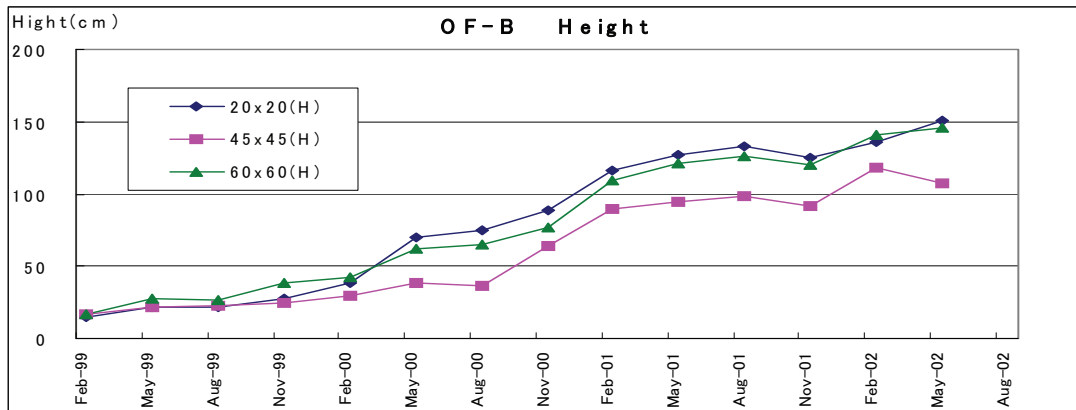
各試験地毎に差はあるものの同様の傾向を示しているが、以下に、比較的明瞭に差が出ているカ所の測定結果を示す。



c. 植え穴サイズ試験 (20×20cm、45×45cm 及び 60×60cm)

全ての植え穴に W 型ウォーター・キャッチメント(2000 年 10 月～、それ以前は V 型)を設置したこと及び試験木に *Azadirachta indica* を使用した。今回の試験を通して、耕作地において、集約施業(特に潔癖除草)が行なわれるならば植え穴の大きさは植栽木の生存率や成長量に影響しないことが明らかになった。

このことから、植え穴サイズについては、大穴にこだわる必要は無く、ポットサイズを基本に大きさを決めればよいと考えられる。下図に、植え穴の大きさ別の月別樹高成長経過を示す。

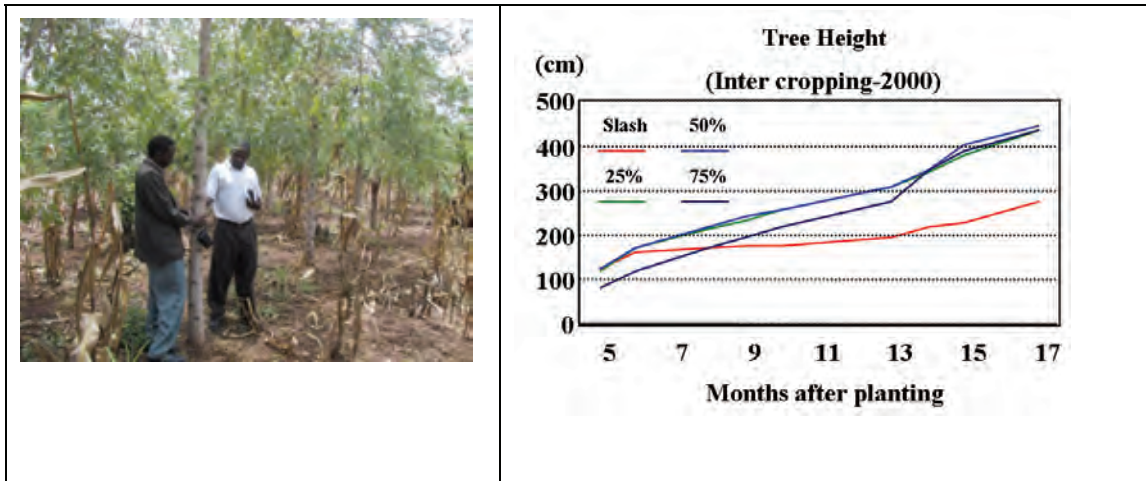


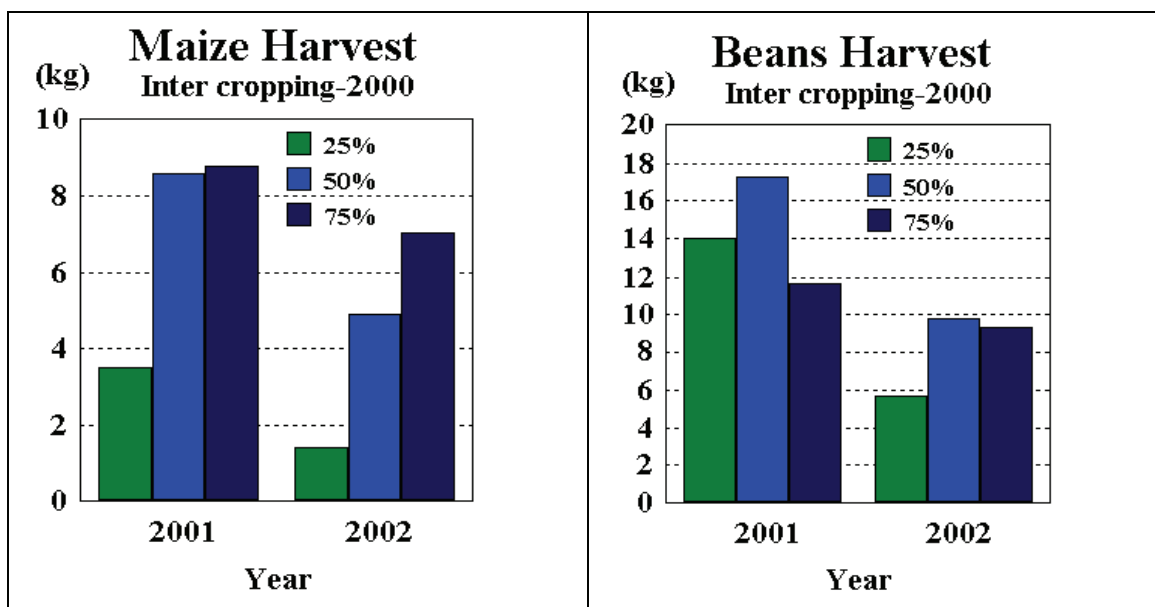
(図-14) OF-B の各試験区の樹高成長の推移(3ヶ月毎) (試験木 *Azadirachta indica*)

d. 間作(インタークロッピング)の適応性

植栽木から 1m 程度の間隔を空けて間作が行われた試験地では、植栽木・間作作物ともに良好に成育し、大雨季にはほとんどの農家がヘクタールに換算し 0.8~1.2 トンのメイズを収穫することができた。

パイロット・フォレストにおいても間作試験が行われており、下図に見られるように、植栽面積の 50% までなら間作を行っても樹木と作物との競合は生じないことが確認されている。





資料出所 ; Development and Verification of Farm-forestry Technologies in Kitui District

CJ Amwatta Mullah, EM Kyalo, K.Okamoto, T.Kobayashi and S. Auka

Paper Presented at the SOFEM Final Conference 16th. -17th.September, 2002

オンファーム試験地で行われた間作を面積換算すると間作率 50%未満の場合が大半であったことが、このような好結果につながったと考えられる。

二年目も 7 試験地(OF-A,1,2,3,5,2B,2E)において間作が実施され、エルニーニョの年にあたったことから小雨季の雨量も多く、大雨季・小雨季ともに全ての農家が穀物を収穫することができた。しかしながら、二年目について既に樹冠が触れ合うほど樹木が大きく成長している試験地が多く、複数の試験地で初年度に比べ収穫量が減少している様子が確認された。

このことから、植栽間隔 3.5m の方形植栽の場合、*Melia volkensii* などの初期成長が早い樹種を植栽した場合には、間作は植栽後 1~2 年に限り可能であること、また、長期にわたって間作を行いたい場合には、植栽木の列間隔を広くし、太陽光と土壌中の水分・養分を間作物も十分利用できるような空間を確保する必要があると考えられる。

(本項執筆 : 三島征一)

付属資料 1

中国北方地区主な造林樹種

地域	包含エリア	主要造林樹種
松花江と遼河平原	内モンゴル東部、黒竜江と吉林中西部平地地域、遼寧の遼河平原	モンゴルアカマツ、アブラマツ、興安嶺カラマツ、長白山カラマツ、日本カラマツ、ノニレ、雑種シモニドロ、ポプルス、カンリュウ、三北防護林一号ポプラ、灌木ヤマナギ、垂暴 109 ヤナギ、エゾヤマハギ、イタチハギ、サネブトナツメ
内モンゴル東部と河北省北部の埧上高原山地	内モンゴル東部、洮児河以南大興安嶺の余脈及び河北の埧上高原山地を含む	モンゴル赤松、華北カラマツ、紅皮クモスギ、アブラマツ、モンゴルナラ、ノニレ、雑種シモニドロ、ウスリーポプラ、カンリュウ、エゾヤマハギ、サネブトナツメ、ヤマアズ、サンザシ
華北中原平地	長城以南、太行山の東、淮河以北の平原及び汾、渭平原地域を含む	コノテガシワ、イブキ、オニドロノキ、群众楊、沙蘭ポプラ、I-214 ポプラ、I-72 ポプラ、I-69 ポプラ、刺槐、カンリュウ、ノニレ、ニワウルシ、エンジュ、トウキササゲ、ココノエギリ、アケボノ杉、クワ、ナシ、リンゴ、モモ、アズ、ナツメ、サンショウ、ブドウ、チュウゴクトネリコ、杞柳、イタチハギ、マルバハゼ
燕山、太行山山地	河北の北部（埧上を含まない）、北京、山西省東部の燕山、太行山山区	アブラマツ、コノテガシワ、華北カラマツ、日本カラマツ、ニセアカシア、アベマキ、ナラ、ニワウルシ、チャンチン、マンシュウカエデ、黄カシワ、オニドロノキ、シモニドロの雑種、カンリュウ、クルミ、クリ、カキ、ナツメ、ヤマモモ、ヤマアズ、サンザシ、サンショウ、リンゴ、ナシ、サネブトナツメ、エゾヤマハギ、イタチハギ、マルバハゼ
遼寧省南部と山東省の丘陵	遼東半島丘陵山地、山東省津浦路より東の丘陵山地（胶萊盆地は5区に入れられる）	アブラマツ、アカマツ、マンシュウクロマツ、クロマツ、日本カラマツ、ハツガマツ、ニセアカシア、アサナラ、アベマキ、ニワウルシ、トウキササゲ、ノニレ、チャンチン、ギンナン、オニドロノキ、カンリュウ、カエデポプラ、カイノキ、クルミ、クリ、サンショウ、リンゴ、ナシ、モモ、サンザシ、エゾヤマハギ、イタチハギ、マルバハゼ

黄土高原の丘陵	太行山の西、大青山の南、 日月山の東、秦嶺の北の黄土丘陵地区	アブラマツ、華山マツ、華北カラマツ、日本カラマツ、 コノテガシワ、ニセアカシア、カンリュウ、ノニレ、ニワウルシ、オニドロノキ、河北ポプラ、カタイポプラ、 ココノエギリ、トウキササゲ、クワ、クルミ、ナツメ、 サンショウ、ヤマアズ、ヤマモモ、モモ、アズ、リンゴ、ナシ、ホクシマメナシ
黄土高原の丘陵 土石山地	甘肅省東の子午嶺、陝北、 黄龍山と喬山、山西省の西、 呂梁山、寧夏の六盤山地区	アブラマツ、華山マツ、華北カラマツ、日本カラマツ、 コノテガシワ、シラカワマツ、カエデ、ノニレ、ニセアカシア、 リョウトウナラ、カンリュウ、河北ポプラ、シラカバ、 ベニカバ、ヤマアズ、アオムレスズメ、サネブトナツメ
内モンゴル高原 台地丘陵砂地	内モンゴルの中部の半乾燥 地区、山西省北部の砂地、 寧夏北部の砂地区	モンゴル赤松、アブラマツ、カンリュウ、ノニレ、河北 ポプラ、小青楊、モンゴル柳、黄柳、ギョリュウ、ヤマ アズ、沙棗、エゾヤマハギ、寧条、サネブトナツメ、 イタチハギ、ホソバコリ柳、毛条、イワオウギ、踏郎
西北荒漠半荒漠 地区	新疆のタリム盆地、ジュン ガル盆地、甘肅省河西回廊、 青海チエダム盆地、寧夏の 西の縁、内モンゴルの河套 から西の地区（灌漑のオアシスは別途説明）	ホソバグミ、胡楊、灰楊、ハロキシロン、ハロキシロン、 寧条、ギョリュウ、イワオウギ、沙拐棗、モンゴルヤナ ギ、毛条、踏郎
西北灌漑農業オ アシス地区	新疆盆地のオアシス、甘肅 の河西回廊オアシス、青海 のチエダムオアシス、寧夏 の前宁夏前套と内モンゴル 地区	モンゴル赤松、シンキョウボプラ、箭杆楊、銀白楊、二 白楊、胡楊、旱楊、ニセアカシア、ノニレ、エンジュ、 沙棗、チュウゴクトネリコ、クワ、アズ、ギョリュウ、 パノムレスズメ、サネブトナツメ、ハロキシロン、シロ ハロキシロン、沙拐棗、イタチハギ、カンボクヤナギ類、 クルミ、枸杞、リンゴ、リンゴナシ、ナシ、モモ、アー モンド

付属資料 2

中国北方地域の主要造林樹種の適宜立地

樹種	生物学的特性	主要分布エリア	適宜立地
アブラマツ	常緑喬木、喜光、深根性、根系が発達し、少し貧弱、乾燥し、温暖や湿潤を好む、水湿とアルカリに耐えられなく、弱光の照らしを嫌がる。	温帯南部、暖温帯地区、年間平均気温 5～16℃、極端最低気温は-25℃に及ばなく、年間降水量は 500～1000mm、標高 1600m 以下の山地、丘陵、平原	厚くて肥沃、土壌の通気状況良好な低山地褐色土及び淋溶褐色土の上では成長が最良で、平原地区では排水良好の土壌、砂土壌が要請されている。
シラカワマツ	常緑の高木、喜光、深根性、乾燥した寒冷気候を好む、-30℃の低温、湿と熱、積水又はアルカリに苦手、成長が割りと遅い。	温帯、暖温帯半湿潤気候地域の標高 1800m 以下の山地、丘陵と排水良好の平原	湿潤な肥沃なカルシウム質土又は黄土の成長が最も良く、酸性の基岩風化土、石灰岩山地及び平原では排水良好の衝積土も成長にいい。
コノテガシワ	常緑高木、喜光、深根性、根系が発達し、乾燥した貧弱土地やアルカリ性に強く、成長が安定して長生きだが、割と遅い	温帯の南端、暖温帯、亜熱帯地区、年間平均気温は 8～20℃で、極端最低気温は-35℃に及ばなく、年間降水量は 300～1600mm、北から南は標高 500～1800m 以下の山地、丘陵、平原である	上層の深くて、ほぐれて、肥沃の土壌では成長が最良で、土地土層の薄い石灰性土、岩の隙間、中、弱い度の塩類集積化、砂丘上ですべて成長できる。
興安嶺カラマツ	落葉高木、喜光、適応性が強い、厳寒に強い、水と肥料を好む、水と湿潤に強い、また貧弱土壌に強く、成長が速い。	南温帯、温帯地区、年間平均気温は 0～4℃、極端最低気温は-52℃以上、誘導状に分布する永凍層、年間の降水量は 350～600mm、山地、丘陵、沼、平原、通常は標高 500～1200m である	湿潤した肥沃で排水良好な山腹の中下部の緩やかな傾斜面での成長は最良で、割と貧弱な山地石砂利土、水湿した河谷の沼沢地ですべて成長でき成林できる。
長白山カラマツ林	落葉高木、極喜光、浅根性、湿潤を好む、厳寒に強い、比較的乾燥に強い	温帯地区の長白山、張広才嶺、老爺嶺等地毎年の平均気温は 2.5～10℃で、年間降水量は 750～1000mm、標高 700～1900m の山地、沼にある	湿潤した肥沃の石土壌、ほぐれている粘土、河谷の衝撃土及び干潟での成長が最も良く、排水良好な湿草地も割と適切で、沼沢地での成長が比較的遅い。

華北カラマツ	落葉高木、極喜光、根系が発達し、高寒地帯に成長するのを好む	華北の温帯、暖温帯地区、年間平均気温-2~4℃、1月の平均気温は-20℃ぐらいで、年間降水量は600~900mm、標高1400~3000mの山地にある	花崗岩、片麻岩、砂岩が育んだ厚くて肥沃、湿潤の山地褐色土での成長が最も良く、山地灰褐色土、淋溶褐色土、褐色土、淡い栗色石灰質土でも比較的適切である。
日本カラマツ	落葉の高木で、喜光で、根系が割りと浅い、温涼で湿潤した成長環境を好む、乾燥や貧弱に強く、早期速生	北緯45°以南の温帯、暖温帯地区及び亜熱帯の標高の高い山地、年間平均気温は2.4~12℃、年間降水量は500~1400mm、空気湿度の大きい地帯、華北は1200m以上、華中、西南は1600~2500m以上、東北南部は200ぐらい	土層が厚く、ほぐれていて、肥沃、排水良好な壤質土。その成長環境は、最北部の低標高地区の風に当たらず、日当りの良い地帯、吉林市以南から遼東半島まで、200m以上の日陰斜面、半日陰斜面、半日当り斜面
モンゴルアカマツ	常緑高木、極喜光、根系が発達し、乾燥や厳寒に強い、貧弱した土壌に強く	寒温帯温帯地区、年間平均気温は-4~8℃で、極端最低気温は-50℃に及ばなく、年間降水量は350~600mm、標高200~900mの山地、丘陵、平原	薄層土の山地、丘陵、酸、中性土壌、砂地ではすべて成長できるが、排水良好の深層の土壌での成長が最も良い。
シナサワグルミ	落葉高木、喜光、深根性、主根が明らかなで、側根が発達し、温湿を好む、水、湿に弱い、また一定の耐寒性を備えている。	暖温帯、亜熱帯地区、年間平均気温は12~22℃、年間降水量は700~2000mmの地区、山地、丘陵、平原などの地帯、西南が1000m以上に達せる以外、他は低標高地域に成長する。	山谷、溪流の畔、河の干潟、四傍などの場所の低湿地帯、中性、酸性の砂土壌
オニドロノキ	落葉高木、喜光、深根性、温涼湿潤な気候を好む、厳寒と湿、熱に弱く、水、肥条件に敏感で、乾燥、貧弱土壌に弱く、成長が速く、根の芽ばえる能力が強い。	暖温帯樹種で、年間平均気温は7~16℃、極端最低気温は-18℃、年間降水量は600~1300mm。北は遼寧省、内モンゴル南部から、南は長江まで、北京以南から黄河、淮河の中下流の平地を中心生産地域とする	平原の四傍、低山の谷底、山麓の土層が厚く、湿潤した肥沃の土壌、砂土壌での成長が最も良く、アルカリ土壌地、山坂及び低湿積水地では成長不良

雑種シモニ ドロ	落葉高木、喜光、冷湿気候を好む、乾燥、寒冷に強く、軽度のアルカリを耐えられ、貧弱な土壤に強い、砂層内の水分を充分に利用でき、砂圧に強く、水、湿に弱い、早期速成	温帯、暖温帯地区、年間降水量は 440mm、極端最低気温は -43℃より低くなれなく、正常に成長でき、年間降水量が不足が地下水位の浅い地帯でも成長できる	厚くて肥沃、排水良好な砂質土壤の上での成長が最良だが、立地条件には割りと強い適性があり、砂土及び軽アルカリ土壤でも正常に成長できる
新疆 ポプラ	落葉高木、喜光、深根性、水、肥料、温熱を好む、大気乾燥に強く、土壤の貧弱、湿気が多くて多雨に弱く、寒冷を耐える力が弱く、風に強い	暖温帯乾燥、半乾燥灌漑農区又は土壤の水潤半乾燥灌漑農区又は土壤の水潤地帯にあり、年間平均気温は 11℃ぐらい、極端最低気温は -24℃、極端最高気温は 42.7℃、日照が長く、雨が少なく、灌漑条件ありや溝底の水分条件の割りと良い地帯	灌漑土、潮土、軽塩化灌漑土、軽塩化潮土の成長が良好で、重塩化土壤と灌漑不足地帯では成長不良である
カンリュウ	落葉高木、喜光、日陰に弱く、深根性、寒冷に強く、温湿を好む、乾燥に少し強く、短期の積水に強く、成長が速い	東北、西北、華北、華東、華中及び西南各地平原地区、黄河流域を中心分布区とする	河辺、溝谷、低湿地及び平原の四傍の成長良好な、乾燥した貧弱な山の背骨、砂丘では成長不良
シダレヤナギ	落葉高木、喜光、日陰に弱く、寒冷に比較的強く、水や湿に強く、乾燥に少し強い	全国各地で広汎に栽培され、黄河、淮河、長江流域と華北の南部での栽培が多く、よく平原の水畔、都市の路傍にある	平原の四傍、河干潟の低湿地に適し、比較的乾燥や季節性の積水のある立地でも成長できる。
ハリエンジュ	落葉高木、喜光、浅根性、側根が発達して、芽生える能力が強く、寿命が割りと長い、煙や塵に強く、厳寒に弱く、早期速成	暖温帯地区、年間平均気温は 5～18℃、年間降水量は 400～1000mm 以上の地区、海浜から西部の 2000m の山地まで	平原、低丘陵の緩い傾斜面で、土層が厚く、水分が比較的良い砂土壤を良いとする、アルカリに強く、貧弱に割りと強いが、土層が薄すぎて、こういう立地では「小老樹」になり易く

エンジュ	落葉高木、割と喜光、日陰に少し強い、深根性、涼しくて乾燥した気候を好む、寿命が長く、成長速度が中等で、汚染に強い	華北平原及び黄土高原で原産でき、中国の中、南部各地で栽培され、農村の四傍、市、鎮	湿潤で肥沃、排水良好な平原、四傍、及び壤質、砂壤質の中性土では最良だが、石灰性、微酸性及び軽アルカリ性土地
ノニレ	落葉高木、喜光、深根性、風、寒冷、乾燥に強く、貧弱な土壌に弱く、水、湿に弱く、空気汚染に強い	温帯、暖温帯から亜熱帯地区まで、年間平均気温は 1.5～17℃で、-40℃の厳寒を耐えられる。年間降水量は 350～1100mm、平原、丘陵の緩やかな傾斜面	平原、四傍の厚い肥沃な土壌での成長が最も良く、軽アルカリ地、固定砂丘とカルシューム積層が割りと深くて微酸性、中性と石灰性土壌、排水良好な中、砂土壌の成長が最もよく、砂土がその次、少しアルカリ性に強く、重粘土と水湿地での成長が不良
ニワウルシ	落葉高木、極喜光、深根性、主根が発達し、乾燥した温、涼しい気候を好む、成長が速く、寿命が長く、根の発芽能力が強い	北緯 22°～43°、東は海浜から、西は甘肅省まで、華北、西北が最多で、平原から標高 2000m の土地で、年間平均気温は 7～18℃、年間降水量は 400～800mm、47.8℃の高温と -35℃の低温を耐えられる	平原、丘陵、山地の土層の厚い微酸性、中性と石灰性の土壌、排水良好な中、砂土壌での成長が最も良く、砂土がその次で、少しアルカリに強く、重粘土と水湿地では成長不良。
アバマキ	落葉高木、喜光、苗期では日陰に強い、主根が発達し、4～5 年後成長が割りと速く、温や湿を好む、乾燥、風、火に強い特性がある	北は甘肅、河北、遼寧南部から、広東省、広西省及び台湾まで、貴州、秦嶺、大別山を中心分布区とし、年間平均気温は 12～16℃、極端最低気温は -20℃で、年間降水量は 500～1500mm で、標高は北部の数十mから南方の 2000m まで、山地、丘陵	立地条件への要請は厳格ではなく、酸性土、中性土、石灰質土壌でもよく、土層の割と薄い地帯でも成長できるが、異なった立地条件下の成長状況、皮の産量と品質の差が割りと大きく、山地の土層が割りと厚く、肥沃、排水良好な土壌での成長が最も良く、椀皮の品質が最良で、北方では日当り斜面造林を選ぶべき

クヌギ	落葉高木、喜光、深根性、主根が長く、発芽能力も強く、実生苗の幼年の成長が遅く、乾燥、火、風に強く、水、湿に弱い	暖温帯から熱帯まですべて分布され、長江流域と黄河の中、下流の各地では割と多く、年間平均気温は 12～24℃、年間降水量は 600～2000mm で、標高は華北の数十メートルから雲南の 2200m の山地、丘陵、平原まで	土壌に対しての要請は厳格ではなく、土壌の貧弱、乾燥した地帯で林まで成長でき、肥沃で、排水良好な中性から微酸性の土壌での成長が最も良い
モンゴルナラ	落葉高木、喜光、側の日陰に強く、耐寒性はナラ類の中で最強で、深根性があり、主根が発達し、乾燥、貧弱に強く、幼年の成長が遅く、後に加速し、寿命が長く、発芽能力が強い	東北、華北、中国のナラ類の中で分布が最北の樹種で、-40℃の低温を耐えられ、年間降水量は 350～800mm、東北地区では標高 800m 以下に分布し、華北では 800～2000m に分布している	立地条件に対しての要請はそう厳格ではなく、土層の厚い山腹での成長が良く、中性から微酸性の土壌に適している
リョウトウナラ	落葉高木、喜光、側の日陰に強く、耐寒性はナラ類の中で最強、深根性、主根が発達し、乾燥や貧弱に強く、幼年の成長が遅く、後に加速し、寿命が長く、発芽能力が強い	東北と黄河流域各地及び四川省の標高 800～2800m の山地	立地条件への要請はそう厳格ではなく、土層が厚い山腹での成長が良好で、中性から微酸性の土壌までに適している
チュウゴクトネリコ	落葉高木、喜光、側の日陰に強く、深根性、温暖気候を好む、水分の多いところに強く、成長が速いく、剪定に強く、発芽能力が強い	華北及び以南の各地域で広汎に分布し、垂直黄土は：華北では標高 1700m 以下、四川では 3100m に達せられる	土壌への要請はそう厳格ではなく、砂頁岩石灰質紫色土、石灰岩の土壌、衝積土、花崗岩黄褐色土又は黄土壤、稲土などのアルカリ土壌、中性と酸性土壌の上ですべて成長できる
マンシュウグルミ	落葉高木、喜光、深根性、発芽能力が強く、温暖で涼しい湿潤な気候を好む、風に強いが、暑さ、乾燥に弱く、乾風で枯れ梢が発生し易い	東北東部の山地の標高 300～800 の地帯、河北、河南、山西、山東等地で少量に分布し、年間平均気温 0～6℃、極端最低気温-40℃、年間降水量 550～800mm の山地、丘陵に適す	土層の厚く、肥沃、排水良好な溝谷と山の斜面に適し、乾燥と排水不良の土地では成長不良

クルミ	落葉高木、喜光、深根性、主根が発達していて、温暖、涼しい気候を好む、湿、暑い及び乾燥に弱く、成長が割りと速く、低温の場合枝が凍害を受けて枯れる	暖温帯、亜熱帯、北方の平原、丘陵、山地及び標高の割りと高い地帯にはすべて栽培され、年間平均気温は 10～14℃で、極端最低気温は-25℃、年間降水量は 400～1200mm で、華北では 100m 以下から四川省北部の 2600m 以下の平原、丘陵、低山の風の当たらない日当りの場所	日当り斜面、半日当り斜面の山麓、山の斜面及び平原、土層の厚く、肥沃、湿潤な砂土壌、土壌に適していて、乾燥、水湿とアルカリに弱い
クリ(栗)	落葉高木、喜光、割と寒冷に強く、適性が広く、温涼で乾燥な気候に適していて、根系が発達していて、成長が割りと速い	風沙乾燥、厳寒地域以外、すべて栽培可能、丘、山地、窪地に適合する。年間最高気温は 8～22℃、極端最高気温は 35～39.1℃、極端最低気温は -28℃、年間降水量は 500～1500mm の区域であるが年間平均気温は 10～14℃、年間降水量 600～1400mm の地区では成長が最も良く、極端最低気温 -30℃の地区では凍害を受け易い	対土壌の要求が厳しくない。深厚、肥沃湿潤、ぼくぼくする壤質土に好む。即ち、アルカリ窪地、カルシウム土と重粘土
ナツメ(棗)	落葉高木、喜光、耐乾燥、枝の芽生え能力が強い、根系が発達し、水平根が萌芽しやすく成長が遅い実りが早い。寿命は 300 年以上。	北緯度 45° 以南から、全国各地で幅広く栽培し、華北地域は最も多い、垂直分布は 2000m に達する。年間降水量は 600mm ぐらい区域は主産地とする。平原、丘、山地区域	風避け日当り、貧弱山地と丘に強い、荒れ砂地域、微酸性、中性、軽度アルカリ土では正常に成長する可能
ヤマアズキ(山杏)	落葉高木、喜光、適応性が強い。深根性、根系が発達する。耐乾燥、貧弱、寒冷。枝の芽生え能力が強く、実りができ早い。	華北、西北、内モンゴル。標高 200～2200m にある日当り傾斜面、丘、山地、草原。極端最低気温 -40℃以上の区域。	立地条件に要求が高くない。荒れ山、砂荒れ地、水土流失地で造林でき、粘質土壌に強いが、湿っぽい地に耐えない。

リンゴ(苹果)	落葉高木、喜光、比較的耐乾燥、寒冷。湿熱に弱い。	ヨーロッパ、アジア大陸の中部は原産地である。中国は温帯の南部、暖温帯に位置する。年間平均気温は 5.7～16℃、極端最低気温は-15℃以上、年間降水量は 500～900mm である丘地域、平原、東北南部、華北及び西北は集中栽培区域とする。	風避け日当り、土層深厚、肥沃、配水が良い中性砂壤土、壤土及び粘壤土に適宜する。砂地に肥料水管理を強めると産量が豊かになる。即ち、低湿地、アルカリ地
シロナシ(白梨)	落葉高木、喜光、深根性。寒さに耐える。乾燥寒冷気候に適応し、湿っぽい地に強い。20 年生くらいは盛果期	中国特有。華北、西北、中原区域、平原、丘、山地で栽培普及する。温帯、暖温帯で栽培される主要果樹。	山地、窪地、砂地及び土層が貧弱である土地で成長する可能。でも、平原及び麓の土層が深厚、湿潤であるところでは成長が最も良く、実り産量が大きい
モモ(桃)	落葉高木、喜光、比較的耐乾燥、成長が速いが、実りができ早く、老化しやすい。寿命は一般的に 20～25 年。	東北南部、内モンゴル南部及び南部各地域で幅広く栽培。極めて冷、熱地域以外では成長する可能。中部及び北部の各地域が多く、平原と丘地域。	北方の砂壤土で生産した品質が最も良い。南方の湿熱区域で生産した黄モモ以外、実りの品質がよくない。比較的耐乾燥であるが、湿っぽい土や粘重土壌に弱い。
クコ(枸杞)	落葉灌木、喜光、耐冷、耐乾燥、アルカリに強い、枝の芽生え能力が強い。	西北、華北では分布、栽培する可能。寧夏はクコの主要産地。華北では進捗していく。	日当たり傾斜面、中間傾斜面、砂地とアルカリ地で造林。水、肥料を好み。一般的に栽培園を建設し栽培する。
エゾヤマハギ(胡枝子)	落葉灌木、喜光、日陰に比較的強い。根系が発達する。耐寒冷、耐乾燥気候。貧弱土地に強い。また、枝の芽生え能力が強く、成長が速い。	温帯から亜熱帯にいたる常にある灌木。東北、華北、西北及び長江流域区域で成長に適合する。標高 500m 以上の山丘の林縁や林下で常に成長する。	立地条件に要求が高くない。砂石地、石質山地など土地が貧弱である所、山地、丘水土流失が嚴重である地帯及び流動砂地では成長が最もいい。
イタチハギ(紫穗槐)	落葉高木、喜光、日陰に比較的強い。側根が発達する。貧弱土地やアルカリ土地に強い。また耐乾燥、湿っぽい地や沙丘に	温帯地域の南部、暖温帯、北アジア熱帯標高 1000m 以下の低山丘、平原、四旁、流動砂地で栽培が可能だが、年間平均気温は 10～16℃、極端最低	立地条件に要求が高くないが、砂地、粘土、中性土、アルカリ土、酸性土、低湿地と土地が貧弱である山地では成長が可能だが、土層が深く

	強い、枝の芽生え能力が強い。	気温は-30℃以上、年間降水量は500~700mmである暖温帯地域では成長が最もいい	て厚い中性沙壤土では成長が最もいい。
ホソバコリヤナギ（杞柳）	落葉灌木、喜光、根系が発達する。冷気候が好きで適応性が強い。乾燥や早魘に強い。枝の芽生えに強い、成長が速い。	河北、山西、陝西、河南、甘肅、山東、江蘇など。平原の低窪地、河、湖岸などで生きる。	立地条件に要求が高くないが、平坦な細砂地や、底層の浅い土壌で挟んでいる細砂地で成長が特にいい。
ギョリュウ（怪柳）	落葉灌木、喜光、日陰に少し耐えない。根系が発達し、耐乾燥、湿っぽい土地や貧弱土地やアルカリに強い。また高温、低温に強い。風沙に耐えて、枝の芽生え能力が強い。	東北南部、西北、華北から長江流域各地域にいたる。年間平均気温は3~18℃、年間降雨量は350~800mm。或いは雨量が少ないが、水源補給と地下水位より高い地区。平原、砂地及び沿海アルカリ地にはよく見える樹種	地下水位が比較的に高い軽、中アルカリ地、沙丘間塩化砂地及び年間降水量350mm以上の丘、傾斜地
サージ（沙棘）	落葉灌木または高木、喜光、日陰に少し耐える。浅根性、水平根が発達し、厳寒、風沙及び大気乾燥と高温に強い。湿っぽい地やアルカリに強い。また乾燥、貧弱土地に強く、根瘤がある。	西北、華北、西南地域。年間平均気温は3~12℃、極端最低気温は-38℃以上。年間降水量は360~800mmである地域または、雨量が少ない地域であるが、水源の浸出ある山谷、河窪地、山地、丘地、平原砂地	土壌に厳しくない。水土流失が烈しい荒れ傾斜面、湿潤な砂地、山地湿草地土、弱中度アルカリ地で成長する。土層が深くて厚い。湿潤な谷地、河岸地で成長がよりよい。粘壤土に強い。
ネイジョウ（柠条）	落葉灌木、喜光、深根性、根系が発達し、乾燥気候が好き。厳寒に強い。耐熱、貧弱土地に強い、耐乾燥、枝の芽生え能力が強い。また、沙打ち沙埋めに強い。	温帯、暖温帯半乾燥区域。年間平均気温は2.5~11℃、極端最低気温は-38℃以上。年間降水量は180~500mmである地域の丘、砂漠、砂地、草原及び山地。垂直分布は1000~2000m	黄土丘地、砂礫岩、花崗岩、石灰岩山地、河谷段々畑と固定、半固定砂地及び乾燥草原ですべて成長が可能。土壌養分、水分に適合である条件さえであれば、成長が速い。
モンゴルヤナギ（沙柳）	落葉灌木、喜光、根系が発達し、耐寒、耐熱、湿潤がすき、風食、沙圧に耐える。成長が速い。枝の芽生え能力が強く湿っ	暖温帯にある寧夏、陝北、内モンゴルなど乾燥草原地域。年間平均気温は8℃ぐらい、冬季気温は-30℃以上。年間降水量は350~500mmである地域の	平地、窪地、河岸にある流動砂地ですべて成長が可能。ぼくぼく柔らかく湿潤である土壌で成長が速い。

	<p>ばい地、塩アルカリに強い。</p>	<p>流動砂地、平原、四旁</p>	
<p>Calligonum L. (タデ科) 沙拐枣</p>	<p>多枝灌木すでに退化する。喜光、乾燥気候に強い。適応性が強い。乾燥、高温、風食、沙打ち沙埋め、アルカリに耐える。水浸に弱いつまり、空気にある湿気が多い、枝の芽生え能力が強い。</p>	<p>新疆、内モンゴル、甘粛などの半砂漠と砂漠地域</p>	<p>流動または固定、半固定砂地や、山麓には洪水で浸食されて形成した砂礫ゴビ及び涸れた河底で正常に成長し、流動砂地で成長が最もいい。年間降水量は 200mm 地域で、1 年間に2年間で一回灌水すると、成長が速い。</p>
<p>カボウ (花棒)</p>	<p>落葉灌木、極喜光、寒冷乾燥気候に強い、また、乾燥、厳寒、高温、貧弱土地に強い、風食や砂埋めやアルカリ性に耐える。</p>	<p>華北、西北乾燥草原及び砂漠、半砂漠地域では、年間平均気温は 7.5~8.4℃、極端最低気温は-38℃以上。年間降水量は 150~400mm である地域の半固定砂地、流動砂地、沙質ゴビ及び草原</p>	<p>土壌要求に厳しくない。沙質、土壌質のねばねばする土壌の丘アルカリ地或いは沙窪地、ゴビ窪地。</p>
<p>ハロキシロン・ナンモテンドロン (梭梭)</p>	<p>落葉灌木、極喜光、浅根性、厳寒に強く、沙層内の水分を十分に利用でき、沙の圧力、厳寒、高温、貧弱土地に強いが、水浸に弱い。</p>	<p>温帯暖温帯乾燥地域、年間平均気温は 7~12℃、極端最低気温は-47℃以上、年間降水量は 150mm 以上、または 150mm 不足だが、地下水位が浅い地帯、砂漠、ゴビ</p>	<p>比較的平かな流動沙丘、砂地、丘アルカリ低地、弱、中度アルカリ化地、砂礫質のゴビも成長できる。</p>
<p>ホソバグミ (砂藜)</p>	<p>落葉灌木、極喜光、浅根性、水平根茎が発達し、冠幅より長い、耐風沙、耐乾燥、貧弱土地やアルカリ性に強い</p>	<p>温帯、暖温帯乾燥地域。主に西北乾燥風沙区域で植生する。年間平均気温は 7~12℃、極端最低気温は-47℃以上、年間降水量は 250mm 以上、または 150mm 不足だが、地下水位が浅い地帯</p>	<p>四旁、地下水位が比較的浅く水系の多い窪地、砂地、丘アルカリ低地、弱、中度アルカリ地</p>

付属資料 3

中国北部防護林常用樹種の造林技術

一. カラマツ *Larix spp*

1. 略述

カラマツは松科カラマツ属の落葉高木種で、優れた速成木材種である。木材は重く堅く、抗圧、抗折力及び傷みにも強く、耐腐、耐水性に優れており、建築、枕木、橋、船体、坑木、電信柱等広い範囲で利用されている。と同時に糊や紙の原料にもなっている。

カラマツの寿命は長く、生命力も強く、成長も速いので荒地に幅広く栽培されている。中国の東北3省において、大量の人工林が造林され、その内カラマツが50%以上を占めている。カラマツは高く真っ直ぐ聳え立ち、全体の姿が美しく、根は強く張り、耐煙性も強く、とても良い防護林と観葉樹になる。カラマツの樹皮にはタンニンが8%~16%含まれており、樹幹に含まれる樹脂は抽出され使われている。

2. カラマツ林学特性

(1) 主要樹種のタイプ

中国には12種類のカラマツがある。分布範囲は広く、その中でも、日本カラマツ、長白カラマツ、興安カラマツ、華北カラマツ、新疆カラマツ、波氏カラマツの6種類が主に栽培されている。

(2) 分布状況

カラマツの分布範囲は広く、東北から西南、陝西の山脈からアルタイ山まですべてにカラマツ純林と混合林がある。日本カラマツ、長白カラマツ、興安カラマツは東北に分布し、波氏カラマツは西、北、南、華北地区と新疆地区にはそれぞれ華北カラマツ、新疆カラマツが生息している。垂直分布的には、ややもすれば森林分布の最も上部に達している。

(3) 生態学特性

カラマツは寒温帯及び温帯の樹種である。極度の耐寒性を持ち、興安カラマツは-51℃の低音にも耐えることができる。カラマツ（とりわけ長白カラマツ）は比較的湿り気の有る気候条件を求め、大気の乾燥は往々にして自然分布制限の要素となる。しかし、興安カラマツは大陸性気候への順応性は比較的強く、湿度の条件はさほど厳しくない。それにより、半干ばつ、半湿地の植樹には興安カラマツが主に採用されている。華北カラマツは大気の乾燥に比較的強いが、耐寒性は興安カラマツほどではない。

カラマツは光を好む樹種で、木の天辺はまばらで透光性が大きい。幼木は日光が全体にあたる方が効果ある。少しでも遮断物があると、成長に悪影響を及ぼしうっぺい度の高い林の中では成長が完全に止まり、死にいたる。カラマツは林の中では一層目にしか植えることができない。

カラマツの土壤水分、養分に対する条件の適合範囲は広い。カラマツは湿り気があり、土地が肥えて、

通気が良い中性または弱酸性の土壌で良く成長する。カラマツの成長速度と土壌水分の関係は密接である。湿り気の有る緩やかな傾斜で、排水の良い湿原での生産率は非常に高い。干ばつ条件ではカラマツの成長は遅い。カラマツは土壌の通気状態に敏感に反応するので、土壌耕作はカラマツ栽培において重要な意義を持つ。

カラマツは耐アルカリでもあり、アルカリ土壌を改良する樹種の一つである。

(4) 生物学特性

カラマツは温暖帯山脈及び寒帯松是暖温帯の平原と山の針葉樹種の中で最も成長が速い樹種である。とりわけ、幼木の成長速度にはっきりと出る。造林後、1年目の苗木期間を除いては、2年目から盛んに成長する。1年で60～70cm以上伸びる。カラマツの人工林の高さと樹幹の成長のピークは4～10年の間に現れ、良好な条件下では、高さはあるときは2m以上、樹幹の直径は2cm以上育ち、21～28年で成木となる。

カラマツの成長サイクルは長く、春季の萌えは早く、秋季は停滞しゆっくり成長し、約8月末～9月頭に頂芽が出、成長期中は土壌から多量の水分と鉱質元素を取り、十分に光合物を補う。日本カラマツは他のカラマツより成長サイクルが長く、成長速度も速く、病気に強く、落葉病に感染することは少ない。カラマツの幹は丸く、天然の枝はいい状態に整っているが、乾材の質を向上するために、枝の剪定をし、枯れた枝葉切り落とす。根の可塑性も大きい。一般条件下では、表面側の根は発達し、主根は土壌の厚さの影響を受ける。湿り気があり、肥えた、深い土壌の上には一番上の根は、地を這って成長し、吸収する根は表土の内側にはり、緻密な根の網を形成し、主根は深く成長する。地層の浅い部分又は水分が多いときは、往々にして根の浅い樹種が形成され、根は発達しない。干ばつ条件下では、主根はとて深いが、側根はあまり発達しない。

日当たり良好な条件下では、カラマツは12～15年ほどで実を付け始める。カラマツは雄と雌が同じ株に存在する樹種である。カラマツは自家受粉しないので空の種が多く、発芽率は低い。発芽率は一般的には40%～50%である。

松の実成熟しても落ちることなく、種は飛散するので採種の際には注意が必要である。

3. カラマツ栽培技術

(1) 採種

カラマツが実をつける始めるのは天然林で約25年、人工林で約15年、約35年後に最盛期に入る。種子は太陽干し或いは人工加熱処理をされる。1日1人1.5～2.5kg脱穀する。普通乾燥貯蔵か露天地蔵法で貯蔵される。

(2) 育苗

カラマツの幼苗は土壌条件に対する要件が非常に高い。平地、水源は充分あり、排水が良く中性か弱酸性の砂状の土壌が相応しい。新しい苗圃で菌を接種する。

カラマツの種は小さく、幼苗は細く弱く、苗圃地はしっかりと耕さなければいけない。育苗元肥を主に施肥する。667㎡につき有機肥料量は5000～10000kgである。そこに、15～25kg程の磷酸カルシウムが加えられ、均等に混ぜ合わせたあと種まきをする。高床を主として育苗される。

幼苗立枯病の防止の為、種をまく前は濃度2～3%、4.5kg/m²の硫酸亜鉄にて土壤を消毒する。発芽促進の前には濃度0.15%のホルマリンにて消毒を行う。

種まきの前に雪貯蔵で発芽促進を促すと効果が有る。種子の耐寒性と耐乾性を高める。発芽促進には水発芽促進法もある。種まきの15～20日前に、濃度0.5%の重曹の水に一日間浸し、種の殻上の油脂物質を取り除き、再度清水にひたす。水量は種子の5倍以上、7～12日続けて浸し、一日一回水を換える。種子をすくいだし室内で広げ干し、常に動かし水を噴きつける。5～10日経った頃、30%～40%の種子は殻が割れる。それで種まきができる。

一般には、低温処理後の物は春の早蒔きが相応しい。秋蒔きでも良い。種の量は75～112kg/hm²である。

束蒔き又は、ばら撒きの方法を取られる。苗木が出てきて1ヶ月頃に間引きを行う。更に15日経過したところで根付かせる。1平米ごとに500～600株を残す。量産苗は250～300万株/hm²にもなる。

(3) 造林

①造林地の選択、カラマツはやせて乾いた土地の傾斜、風のアたる所、乾燥した盛り土、泥炭湿地、粘土状の土地では、よく育たない。成分が良く、厚さがあり肥えて湿った砂土壤、河谷の堆積した土壤上などが良く育つ。建築木材林に相応しい。大量生産木材林は15%の以下の傾斜を要し、地層の厚さも厚層土以上のものが良い。

②整地方法 整地方法は造林地の種類によって異なる。植生が少なく、土と水の流失がひどい地域は鱗穴式に整地。雑草が多い草叢では、先に草刈をし、その中心に穴状に整地をする。まばらな林及び安値の林地では、生えている木をすべて処理し新たに造林地を整備する。カラマツは林冠の元での造林は適さない。

③造林密度 カラマツ各地区適正造林密度下の表に参照

各地区カラマツ適正造林密度

地区	造林密度 (本/ha)	
	生態公益林	商品林
東北地区	2400～3300	2400～5000
華北中原地区	2000～2500	2400～5000
中南華東地区	1500～2000	2400～5000
長江上中流地区	1500～2000	2400～5000
三北風沙地区	2400～3300	2400～5000

④混生モデル カラマツと混生させる樹種はヤチダモ、ニレ、ムクゲ、カバノキ、ハンノキ等。

混生方式は帯状の混生を主とする。ブロック状でも可。小面積造林は混生なしでも良い。

カラマツとムクゲ、ニレ、ヤチダモの混生における比率は6：4。カラマツとカバノキ、ハンノキの混生比率は6：2。

⑤造林時期と方法 カラマツは一般的に春季に造林される。カラマツは落葉が早いいため春季造林に適している。氷解土壤が15～20cmで即造林できる。

カラマツは植苗造林が多く、2年の植苗が良い。穴掘植樹を主とするが、凍抜地区は狭く隙間なく植栽する方法が取られる。

(4) 育成管理

幼林は3～5年続けて栽培続ける。一般木材林は3年で、各年回数は「2 2 1」とされる。速成大量栽培は4～5年で各年回数は「2 2 1 1」である。

カラマツ木材林は15～20年で間引き栽培が行われる。間引き後のうっぺい度は0.6より低くないほうが良い。

二. アブラマツ *Pinus tabulaeformis*

1. 略述

アブラマツは松科松属の常緑香木樹種である。中国において、北方の最重要造林樹種の一つである。分布は広く、適合性は強く、根も発達し、枝葉も生え盛り、土水の良い状態を保ち、環境保護の効能を持つ。木材林、防護林、都市及び田舎の緑化の重要な樹種である。木材は堅く、松脂も多く含み、耐腐性も有る。優良建築物、電信柱、枕木、坑木用材木として使われる。また、松脂、テレピン油、香油抽出の主要樹種である。

9. 1. 6. 2アブラマツの林学特性

(1) 分布状況

アブラマツの自然分布範囲は広く、北は内モンゴルの陰山、西は寧夏賀蘭山、青海のキ連山、大運河、湟水流域一帯まで、南は川甘接壤地区、東に向かっては、陝西の秦嶺、黄龍山、河南の伏牛山、山西の太行山、呂梁山、河北の燕山、陝西、山西を中心に分布している。大面積の純粋林も有る。アブラマツの人工造林は北方に極めて普及している。垂直分布は、遼寧は海拔500m以下、華北山区は海拔1500m以下、青海は2700mまで分布している。

(2) 生態学特性

アブラマツは温帯樹種で、耐寒性に優れ、 -25°C の低温にも耐える。分布地区より北のハルビンに優良品種を導入したが、各年凍死した枝葉がある。高地寒冷地帯（太行山1500m以上のような）では、成長不良を起こす。海拔が低いところ及び水平分布の南よりの地区、高温及び季節性干ばつもよくない影響を与える。アブラマツは大陸性気候に適合し、年間降水量わずか300mmくらいの地方（大青山のような）でも正常に成長する。

アブラマツは日光が好きな樹種であり、荒山造林で先に植える樹種である。1～2年の幼苗は日陰にも耐える。4～5年以上の幼木は充分日光を要する。しかし過度の日光不足は成長不良を起こし枯れ死に至る。

アブラマツの根は発達し、貫通力も強く、やせた土壌にも耐え、山頂や崖でも正常に成長する。アブラマツは土壌の通気性のよさを求め、地下水の位置が高い所、季節で渇水する地方では育たない。

アブラマツの改良土壌性能は低いが、根は岩石の隙間を這い、大本の地層から養分を吸い上げる。よって、花崗岩、片麻岩、沙岩など親石の風化部分の深い母質層の上で、割れ目と隙間が多ければ、たとえ上層の土壌はやせていても成長をする。やせた土壌の上でも成林はするが、衰えも速く材木となりにくい。

アブラマツは弱酸性及び中性の土壌を好み、PH7.5以上では成長不良を起こす。したがって、アルカリ性には耐えられない。酸性の風化した親石の土壌では成長は良好である。地層が厚い石灰岩山地のようなどころでは、有機物質が多く含まれており、降水量も多く、アブラマツでもよく成長できる。

(3) 生物学特性

アブラマツの成長速度は中くらいである。幼年期は比較的ゆっくりで、4～5年頃から成長は加速する。毎年40～70cm伸び、30年くらいまで持続する。幹の成長は20～50年が最も速い。アブラマツ造林は5～7年でうっぺいが始まり、15年後には自然にまばらになる。必要な際は間引き栽培をする。生産量の多い人工林は年間平均7～10m³/h m²にもなる。

アブラマツは6～7年で開花結実するが、実は小さく、実が入っていないものが多く、発芽率は低い。20年後最盛期に入り、60～70年ずっとなりつづけ、日向の傾斜、半日向の傾斜であれば結実量は高く、種の質も良く、2～3年ごとに結実する。

2. アブラマツ栽培技術

(1) 採種

アブラマツは5月上旬に開花受粉し、幼実を結成し、翌年9月下旬に成熟する。この時、実は緑色から黄褐色に変わり、まつかさが少し裂ければ収穫できる。身の収穫後、4～5日、日干しをし、まつかさを開かせ篩い、種を出す。種を出した後は、普通に乾燥保存をする。2～3年は生命力を維持し、発芽率は90%くらいである。

(2) 育苗

アブラマツは山地育苗とポット育苗ができる。育苗前は種子を消毒し、発芽を促す処理をする。カルバリルと燐化亜鉛又は石炭を混ぜ蒔きし、鳥害を防止する。

床苗まきを主とし、有る地区では畝にまく育苗方式を取る。蒔き幅は3～7cm、列の幅は20cm位、種を蒔く量は225～300kg/h m²、苗産量225～300万株/h m²。アブラマツの苗は一般2年出圃し、苗高は15cm以上、根元は0.4cm以上。

苗木の質を向上、幼苗の成長を促進させ、抵抗力をつけるために、5月下旬側根成長開始時に第1回目の追肥を行う。10m²毎に0.05～0.10kgの硫酸アンモニウムを追肥、7～10日おきに1回、1年間2～4回施す。

(3) 造林

①造林地の選択 アブラマツの多数は山地に造林される。しかし、砂地造林又は耕地防護林或いは都市農村緑化にも選択できる。やせた乾いた低い丘陵及び西北黄土地区では、一般的に日陰、半日陰の傾斜にしか造林できない。しかし、傾斜度は緩やか、条件のよい日陰傾斜でもアブラマツは植栽できる。アブラマツ造林は、弱酸性又は中性の砂質土壌が一番良い。粘土のようで通気が良くないのは避けなければならない。

②整地方法 ブロック整地を主とする。干ばつ地区或いは傾斜度の大きい造林地は鱗穴式に整地。水平溝、水平段等の方法でも整地。

③造林密度 アブラマツ適性密度は下の表に参照。

アブラマツ適正造林密度

地区	造林密度 (株/h m ²)	
	生態公益林	商品林
東北地区	3000~5000	3000~5000
華北中原地区	2500~4000	3000~5000
中南華東地区	2250~3500	2222
長江上中流地区	2222	1111
三北風沙地区	1111	1200
黄河上中流地域	1111	1200

④混生モデル アブラマツはムラサキハシドイ、ヤマハギ、コニンジンボク、マルバハゼ等の灌木と混生させる。

アブラマツはトランカーツカエデ、シベリアアズ等の広葉高木と混生。アブラマツを中心として、帯状または行間に混生させる。混生比率3：1或いは6：3。松とナラ類の混生は、アベマキ、クヌギ、モンゴリナラを帯状またはブロック状に混生。混生比率4：2，3：3又は4：4。

低山地区でアブラマツとコノテガシワの帯状混生方式が効果ある。なぜなら、アブラマツの日陰側は、コノテガシワの成長に有利であるからである。害虫病気を減らし、林の成長も安定する。中山地帯或いは北よりの地区は、アブラマツとカラマツの帯状混生方式が効果ある。アブラマツの形成の効果が極めて顕著である。

⑤造林の季節と方法 植苗造林は春期に早めに栽培するのであれば2年ものの健康な苗木を選択。雨季造林は通常1．5年ものの苗を利用、秋苗は防寒のため土に埋める。さもなくば、生理的に干からびて死んでしまう。2年目雪解けの後、土を掘り返す。干ばつ地区は壁際の小さな窪みに植栽する。土壌が比較的湿ってぼくぼくしている地区は狭く隙間なく植栽する方法を採用。生存率は比較的高い。小苗造林は草叢植栽の方法をとる。一つの草叢に2～4株植える。生存率アップと初期成長の促進に有利である。もし、ポット苗を利用すれば造林効果はもっとあがる。実播造林。雨季に航空実播造林を実施。これは、干ばつ地区アブラマツ造林に比較的最も積極的に使われる方法である。

(4) 栽培管理

幼林のうっぺい前に造林地に手を入れなければならない。一般3年連続栽培すると、各年の度数は「221」である。春季と初夏の雑草が生茂る時に、穴栽培の効果が出る。

草むら栽培のアブラマツは初期の成長には有利であるが、後期は不利である。この時期は一般的には5～8年くらいで現れるが、株の定着の時期である。草むら栽培の株は少ない場合は、うっぺい時には一度の間引きでよい。草むら栽培が5株以上の場合は5～8年の間に2回間引きをする。

アブラマツの枝は粗く、木の高さの成長ばかりが突出しないように、剪定が必要である。剪定は適度に、成長の妨げにならないように過度に切過ぎてはいけない。剪定基準は、高さ2～4mのものは、頂きは高さの三分の二を保持、4～8mのものは二分の一、8m以上のものは三分の一以上を保持すればよい。剪定は冬季が良い。きれいにそろい、皮を傷つけず、表面も裂けない。

三. ハイラルマツ *Pinus sylvestris var. mongolica*

1. 概略

ハイラルマツは松科松属常緑高木樹種であり、中国の東北地区主要木材、防護と四傍緑化の優良樹種のひとつである。真っ直ぐで、材質は良く用途は幅広い。木質は柔らかく、松脂も多く含まれている。木目も真っ直ぐで対抗性、耐水性、耐腐性、力学的強度を備えている。簡単には曲がらないが、ひびは入りやすい。工芸性能も良く、建築、橋梁、航空、車両、家具、帆柱、電柱等用途は多方面に渡る。

ハイラルマツの根は発達しており、枝葉は生茂り、耐アルカリ性で適応能力も強く特殊防護林の計画造林の先駆樹種である。其の他、ハイラルマツは都市緑化の重要樹種であり、一本植え、並び植えでも見た目が美しい。

2. 林学特性

(1) 分布状況

ハイラルマツは、大興安嶺北部（北緯50度より北）、南はフールンバイアールモン山のけわしい山岳、ハイラル西山を通り、ホンホォアアールジー、ハンダーガイから中モンゴル端ハラハ河まで、切れることなくハイラルマツが続いている。吉林伊永は自然分布の最南端である。小興安嶺北端黒河岸沿いの愛輝とカ倫山には少量のハイラルマツの群生がある。大興安嶺主要分布は海拔300-900mの山頂、尾根から日向の傾斜、海拔1000m以上で良く見られる。小興安嶺北端200-400mの低山では、興安カラマツと混生しているハイラルマツが少し有る。

陝西林、内モンゴル、新疆、小興安嶺の峰、吉林長春浄月潭、東北西部などは均等にハイラルマツの優良品導入栽培を行い、成長も良好である。

(2) 生態学特性

ハイラルマツは耐寒性に優れ、-50℃の低温にも耐える。干ばつに強い為、水地での成長は不良。根は発達し、土壤水分を充分活用する。日光を好み、木の頂きはまばらで、針葉は少ない。内部の光線の少ない方に光線が当たる時、自然に枝ぞろい早くなるので、幼林の段階では芽生えの際は涼しめにする。ハイラルマツは二酸化硫黄に対して中くらいの耐性をもつ。

ハイラルマツの適応能力は強く、乾燥にも強く飛沙積土、粗い砂土、砂壤、黒土、褐色石灰質土上でも成長する。遼寧省章古台沙上に植栽したハイラルマツの発育は良好である。pH値が8.0を越え、炭酸塩の含有量が0.1%を越えると成長不良になる。

ハイラルマツの幼林はネズミ害に遭いやすく、山奥は往々にして成林になりにくい。

(3) 生物学特性

ハイラルマツは人工林を植えてから6-7年で成長期に入る。立地条件によって、発育状況には差が出る。立地条件の良好な造林地では、毎年70-80cm成長する。瘠せた地位、排水不良の造林地では成長はゆっくりであり、特に乾いた山地では、往々にして小ぶりの老木を形成する。

ハイラルマツ人工林は15年ほどで実をつけ始め、25年には常時実を結び、2-4年間隔で実をつける。

3. 栽培技術

(1) 採種

ハイラルマツの実には9月中旬、下旬から熟し始める。実が熟した後、6～7ヶ月の間は木につき、採集時期は長い。春秋季、雨季に採種をするのが望ましい。

松かさは厚く堅く、短期ではなかなか実が裂けないので、日光干し、或いは乾燥室で乾燥させ脱穀する。種子千粒の重量は5～8g、発芽率60%～90%、種子の安全含有水分は9%～10%。

(2) 育苗

ハイラルマツの土壌要件は高くない。しかし、水、熱、通気性の条件要件は非常に厳しい。苗木の立枯病がひどくなるため、地下水の水位の高い所、粘土土壌では育苗はできない。

種蒔き前には土壌を消毒しなければならない。整地の際は、腐熟した有機肥料を施し、677平米毎に5000～10000kg蒔かれる。種蒔きは春蒔きが一番良い。種蒔き前は低温堆積層、雪蔵にて発芽促進を行う。

種蒔きは苗床蒔きまたは筋蒔き方式が取られる。種蒔き量は50kg/hm²。種蒔き後は泥炭粉、おがくずおよび元々の苗床に土を覆う。土の厚さは0.5～1.0cm。土を覆ったあとは速やかに鎮圧し、再び覆う作業をする。

種蒔き後、苗の芽が出るまで、雑草除去と、鳥害予防をしなければいけない。苗の出た後は立枯病予防にも注意が必要。ハイラルマツは苗圃で2年育成され、高さ12～15cm、直径0.4cm以上で造林を行う。

(3) 造林

①造林地の選択 山地の岩砂土、粗土、砂地、日向傾斜、上部及び其の他地層が瘠せた段上にはハイラルマツを植栽するのに相応しい。とりわけ、排水がよく、湿って肥えた土壌での植栽成長が良い。しかし、湿地、排水が良くない粘土地、溶性塩類0.12%以上の土壌では、小老樹状態になる。林冠下でも造林はできない。

②整地方法 一般的には造林の1年前に整地を行う。ブロック状を主とする。干ばつ地区又は傾斜度が大きい造林地は魚鱗坑、水平溝、段状等の方法を採用する。瘠せた土壌の傾斜及び、水土流の損失が激しい山位は魚鱗坑整地をする。石質山地は客土整地をする。新たに伐採した跡地と雑草が少ない新しい廃棄耕地及び土壌がまばらな造林地では、いつでも整地造林ができる。風蝕地は整地しなくても良い。

③造林密度 各地ハイラルマツ適正造林密度は下の表に参照。

ハイラルマツ適正造林密度

地区	造林密度 (本/ha)	
	生態公益林	生態公益林
東北地区	1650～2500	1650～3300
華北中原地区	1000～1800	1650～3300
三北風沙地区	1650～2500	1650～2500

④造林の季節と方法 ハイラルマツは通常2年ものの苗で造林を行う。時期は春期が最も良く、できる限り

頂漿造林にする。春季の風の多い干ばつ地区、雨季造林でも良い。

植栽方法は穴埋めが主である。流動砂丘及び半固定砂丘でのハイラツマツ植栽は、まず先に、砂を固めてから造林を始める。砂地での方法は主として壁際の小さな窪みに植栽するか、狭く隙間のないところに植栽する。深めに埋めなければいけない。

(4) 幼林育成

育成年月は一般的に3年、各年育成回数は「2 2 1」が適当である。山地造林、松土雑草除去は培養土との結合が必要であり、砂地造林は後期においては冬と春の砂簿ぼり防止のために草むらの地帯を残し、干ばつ地区では造林のその年及び2～3年目の冬に自然干ばつ、動物被害を防ぐ為養土をつくり、春、芽生えの前に土を撒く。

対象外樹種の生茂った造林地では、造林4～6年後、草むら、対象外樹種を幼樹の正常な成長の妨げにならないよう伐採する。

四. コノテガシワ *Platycladus orientalis*

1. 概略

コノテガシワは長寿の常緑高木であり、中国干ばつ地区の主要の造林樹種である。コノテガシワは雄雄しく見た目も美しいのは、風景林として重要なことである。芽生え力は強く、剪定にも耐え、適合力が強いので、庭園緑化樹種として非常に良い。

木材密度は濃く、香りも良く、反り亀裂もなく、腐敗耐性も強い為、建材、車船、家具、細木細工、彫刻文具等に使用される貴重な木材樹林である。この他、葉、根、樹皮、種は葉にも調合される。種子の含油量は約22%、搾油、石鹸、食用に用いられる。

2. 林学特性

(1) 分布状況

コノテカシワは中国での分布範囲は広く、全国各地で栽培されている。黄河及び淮河流域に集中分布している。垂直分布においては、吉林は海拔250m以下、河北は海拔500m以下、山東、山西は海拔1000m以下、河南は1500m、陝西は1800m、雲南は海拔2600mである。

(2) 生態学特性

コノテカシワは造成性が強く、瘠せた土地、干ばつに強く軽度のアルカリに耐えられる。石灰岩山地の成長に適し、砂地と平野の防護林の中で成長することができ、中国北方干ばつ山地の先駆造林の樹林である。

コノテカシワは温帯樹種に属し、乾燥寒地区及び温湿気候に適する。年間降水量300～1600mm、年平均気温8～16℃の気候条件下では正常に生育する。-35℃の極端な低温にも耐える。しかし、風のあたるところでは成長不良を起こす。耐煙性も弱い。

コノテカシワは日光を好む。幼苗と幼樹は日陰に対して耐性を持ち、うっぺい度0.8の林地で、天然のものは良好、20年後必要とする光量は増大する。

土壌に対する要件は厳しくなく、日向の乾燥した瘠せた山、山に近い都市、岩石の隙間でも成長し、石

灰岩、花崗岩等山地でも造林ができる。土壌p h度適応範囲は広く、中性土壌、酸性、弱アルカリ性の土壌でも正常に成長する。坑アルカリの力は強く、含塩量0. 2%くらいの土壌上でも成長は良好。耐水性は弱く、地下水の水位が高い所或いは、排水不良の低い窪地での成長は根が簡単に腐り、枯れる。

(2) 生物学特性

コノテカシワの成長はゆっくりであるが、高成長期の持続期は長く、ライフサイクルは長く、寿命は1000年以上にもなる。根の分布は浅く、主要の根は25~30cm以上の地層内に分布している。水平に伸び、側根は発達し、根の幅は先端の1~1. 5倍ある。発芽力は強く、側枝は密度が濃く、樹冠はせまい。

(1) 採種

コノテカシワは5~6年で実をつけ始める。20~30年以上の、母樹の実の質は良い。種子は9月上旬から10月下旬に成熟する。実は、緑から黄緑色に変わり、鱗片が開かないうちに採集する。採集の後5日間ほど、太陽にさらし、鱗片が開いた後、棒でたたき、種子を出す。水、風でふるいにかけて後陰干しをし、袋、又はカンに入れて、風通しの良い乾燥した貯蔵庫に保管する。3年以内の種子の発芽率は78%を保持、5年以上のものは発芽力をなくす。

(2) 育苗

コノテカシワの土壌要件は厳しくなく、砂土壌、粘土土壌ロームでも育苗は可能である。しかし、瘠せた土壌、低い窪地と強アルカリの土地を育苗土壌に選んではいけない。

雨季、秋季の整地では、肥料を施す時に、立枯病を防ぐ為に硫酸第二鉄を併せて撒く。その後、深く耕す。平坦なところ、草のないような条件下では大田式平床育苗をし、水源は豊富な所では苗床栽培を行う。

種蒔き前に30~40℃の温水で12時間浸し、籠に取り出し、風のあたらない日向に置き、毎日清水で1回とぎ、良く向きを変え、種子の大部分が口を開いた時を待って種を蒔く。乾燥した土地では、発芽促進はすべきでなく、0. 5%の過マンガン酸カリを用いて、20分くらい消毒をする。清水で洗った後、少し陰干しをして、蒔くことができる。

種蒔きの苗床は筋蒔きを取り入れ、幅は5~10cm。大田筋蒔きは幅5cm位、行間10~20cm、蓋土の厚さは2cm。各畝は1列または2列、蓋土は1. 5~2. 0cm。種の量は150kg/h㎡位。

コノテカシワは種蒔き後大体15日くらいで苗が出はじめる。この時期、土壌の湿度保持と鳥獣害に気をつけ、雑草除去をしなければならない。条件がそろっている地方では、適度な灌水が必要であり、7~8月は幼苗に硫酸アンモニウム処理を2度行う。

コノテカシワの幼苗は側面は日陰を好むので、群生が良く、一定の間隔はなく、1m毎に100株くらい残す。この時期他に立枯病とネキリ虫等の病気害虫に注意しなければならない。

庭園、都市、四傍緑化のために、健康な大きな苗は移植をする。移植の相応しい時期は2~4月の土壌が解凍された後又は、秋季10~11月、雨季でも良い。移植密度は栽培育成の年月によって決まる。移植後の育成は1年、株の間隔は10cm×20cm、生育2年のものは株の間隔は20cm×40cm、3年物は30cm×60cm。一般的に2年物の移植した苗は高さ50~70cm、直径は0. 6cm。

その他、干ばつ地区ではポット栽培をする。造林成功率と成林確率のレベルアップは重要である。干ばつ地区のポット苗木栽培の発展は著しい。

(3) 造林

①造林地の選択 コノテカシワは低山或いは中山の海拔1000m以下の日向傾斜、半日向、岩石質山地乾燥して瘠せた地方、弱アルカリ性土、砂地でも造林は可能である。地下水の水位が高い所、排水不良の低窪地には植栽してはいけない。空気汚染がひどいところ、煙や塵が多い地区植栽に向かない。

②整地方法 コノテカシワは穴状整地、色鱗坑整地、水平、段状整地の方法が取られる。具体的な方法はその土地の気候条件と立地条件によって決まる。

③造林密度 コノテカシワ適正造林密度は下の表に参照

コノテカシワ適正造林密度

地区	造林密度 (本/ha)	
	生態公益林	生態公益林
東北地区	2500~5000	2500~5000
華北中原地区	3000~3500	4350~6000
中南華東地区	3500~6000	4350~6000
長江上中流地域	1667	1111
黄河上中流地区	1111	1200
三北風沙区	1111	1200

④混生モデル コノテカシワは側面の庇護が必要で、混生林を造成するには、高く成長させるばかりでなく、水土の保持、紅クモ、コノテカシワ毒蛾等の害虫予防対策も行わなくてはならない。しかし、隔離作用も有るので、コノテカシワの混合林造成が提唱される。アブラマツとの混合は効果がある。混合方式は帯状または同行混合で、混合比率は1:1、2:1、3:1である。

⑤造林季節と方法 コノテカシワ造林は春、秋、雨季3季のいずれでも可能である。土壌水分条件によって決める。雨季は比較的やりやすい。具体的造林方法は、1.5~2.5年ものの生苗を植栽し、雨の状況を把握し、苗を起こし、造林し、その日の内に植え終えなければならない。埋める深さに注意しなければならない。

ポット育苗造林は成功率100%になる。

種蒔き造林は、雨季に行われることが多い。日陰、半日陰の傾斜地の造林地を選び、種子は浸すだけで、発芽促進はしない。30cm×30cmのブロック状の整地に、各ブロック30~50粒をまき、その後土を多い鎮圧、鳥害注意をする。

コノテカシワの雨季の飛行機播種造林は効果が有る。

(4) 幼林育成

コノテカシワの成長はゆっくりであり、造林後は雑草の影響を受けやすく、2~3年内は雑草除去に力を入れなければならない。また、家畜に因る被害を防ぐ為に、放牧は禁止する。横枝を伸ばす為に、一般的に造林5年後の秋の終り頃または春の初めに、枝を高さ三分の一にそろえ、折っても割ってもいけない。2~3年に一度剪定する。

もし、造林の初植密度が小さい場合は、適当な間隔をおく。

五. ポプラ *Populus spp.*

1. 概略

ポプラはポプラ種ポプラ科属落葉高木である。中国の栽培歴史は長く、速成木材、防護林、四傍緑化樹種は主要の一つである。ポプラの成長はとても速く、量産性も高く、新しくなりやすく、輪作期も短い。真っ直ぐで高く、材質も柔らかく、木目は細かく美しく、乾燥しやすく、加工性が高い等の特徴がある。実用価値が高く、建築、家具、ベニヤ板、製紙工業等の重要原料である。

2. 林学特性

(1) 主要品種

ポプラ科は中国に約62種類ある。他に変種変形種も数多くある。近年来、資料等の統計によると、ポプラ科は5つの系統があり、約1000品種。その中の代表的な造林樹種に以下のものがある。

①青楊はポプラ属の最大の派閥である。初期統計では、約43種、22種の変種、7種の変形が有る。主要栽培として、青楊、滇楊、冬瓜楊、五瓣楊、昌都楊、四川楊、小葉楊等がある。

②黒楊派 主要栽培はイタリアポプラ、矢竹楊、龍加楊、小黒楊、I-72楊、I-214楊、I-69楊、I-63楊、中林46、中林23、中林28、沙蘭楊、健楊、南林95楊、南林895楊、欧類楊107、欧類楊108、欧類楊113、NE222号楊、N3016楊、I-102楊、T-66、T-26、南抗4号、中漢17号、中漢578号、中駐8号、中駐6号、中駐2号、駐嘉2号、中潜3号、中陽3号等。

③白楊派 主要栽培は「銀白楊、新強楊、雪白楊、大葉銀白楊、銀灰楊、オニドロノキ（クローンが比較的多い、矢竹オニドロノキ、大皮孔河北矢竹オニドロノキ、截葉オニドロノキ、京西オニドロノキ、円葉河南オニドロノキ、河南1オニドロノキ、小葉オニドロノキ、細枝小葉オニドロノキ、截葉オニドロノキ、光皮オニドロノキ、塔形オニドロノキ、河北オニドロノキ等）、河北楊（河北楊8003）、チョウセンヤマナラシ、清溪楊、波葉山楊、河南楊、響葉楊、遺伝子組み替え741楊、三倍体オニドロノキ等）

④コヨウ派 主要はコヨウ、ハイコヨウ等

⑤オニドロノキ派 主要はオニドロノキ、灰背楊等

ポプラ樹各派主要特徴一覧表

ポプラ樹各派主要特徴

派閥	芽	葉	葉柄	雄花	雌花	実
青楊派	大きい、粘性があり、良い香りがする	卵型、楕円形、大きくて広い。根元は円形又はクサビ型、根元は青白い	丸い	オシベ 15~60	メシベ 2~4	蒴果2~4 (5) 弁裂
黒楊派	大きい、粘質性、光沢あり	正三角形、三角形或は菱形、縁取りは半透明	平	オシベ 12~60	メシベ 2~4	蒴果2~4 (5) 弁裂

白楊派	小ぶり、綿毛又はなし	枝は短く葉は楕円形、円形又は卵型、長い枝と芽、枝葉の下は毛に覆われている。	丸又は平	オシベ 5~20	メシベ 2~4	蒴果2~4 (5) 弁裂
コヨウ派	薄い毛又は毛なし。	変異が大きい、上部は歯型、枝葉長短あり異形	丸い又は先端は少し短い	オシベ8 花序大きく赤い	メシベ3 紅色	蒴果2~4 (5) 弁裂
オニドロノキ派	粘性大、光沢あり	大きい、ハート型	丸い	オシベ 12~30	メシベ 2~3	蒴果2~4 (5) 弁裂

(2) 分布

ポプラ属樹種は北半球の温帯樹林で、主要分布はヨーロッパ、アジア、北の洲。中国での分布範囲は極めて広く、主要分布は北緯25度~53度、東経80度~134度の華北、西北及び西南等の地区である。と同時に、一部分の品種は東北、華北地区にも分布。垂直分布は一般的には海拔2500m以下、高度は3400m。この範囲内であれば、平原、川岸、丘陵、山岳、高山でも成長できる。

(2) 生態学特性

ポプラの温度要件の可塑性は高い。しかし、暖かいところを好み、耐寒性の有るポプラは晩秋と早春は冷害に敏感ではない。短期の栄養成長期で、大部分は、爽やかな気候を好み、耐寒性のあるものは少し、高温炎熱にも弱く、早霜や遅霜には敏感である。北半球の自然分布の南線では、1月平均気温は8℃くらい。7月の平均気温は28℃くらいである。しかし、短期であれば40℃以上の高温に耐えられるものも有る。1月平均気温が12℃を越す地区では、基本的にポプラは育たない。長日照時間の植物で日光を好む。強い日差しは好まず、日照時間が短いと、輻射度が弱く成長不良になる。年間降水量300~750mm、相対湿度50%~70%の条件下では成長は良好である。湿り気、肥えた土、ボクボクした土地、排水が良好な土壌を好む。土壌の厚さは80~100cm以上が最も成長しやすく、40cm以下では成長不良を起こす。う大きな隙間が10%より小さい土壌にもポプラ植樹は不適合。雨水が多く、湿っぽい土壌では往々にして病気になりやすく、害虫にも犯される。

(4) 生物学特性

ポプラは高く、落葉高木で、一般的に6~10年で成木となり、開花し実を結ぶ。3~5年が最も成長し、続けて6~7年目である。15~20年前は高く伸び、それ以降成長速度は遅くなるが、幹の成長は盛んである。根は複雑で、遺伝子が関係しているのが明らかである。違う種類の、クローンの根の数、大小、分布の深さ、構成、分布方向すべてに差異が見られる。成長速度は他の高木木材に比べ速いが、寿命は短い。造林後、うっぺいするのが速く日陰を好まない。そこで、速成造林は大きい株を等間隔に植え、迅速に成長をさせる。

ポプラの発芽能力はとても強く、不定根や不定芽が生えやすい。無性繁殖も簡単にできる。

3. 栽培技術

(1) 採種

ポプラの種子は一般4～6月に熟す。種子の発育期間は短く、開花から種子の熟するまで21～35日、長いものは65日。種子が熟してから、飛散するまでたったの2～3日であるので、採種前には、成熟状況を細かく観察し、時がきたら採種をする。採種したての実は、水分含有量が高く、処理するにはまだ早く、熱を持ってカビが生えるかもしれない。そして、発芽能力も失う。そこで、まず、実を室内に陰干しして、実本体の三分の一が開いたら種を取り出す。種を取り出した後すぐに種を蒔く。翌春の種蒔き又は長距離輸送時には、必ず適当な処理を施さなければいけない。水分量は5～6%を保持。高発芽率を維持するためである。低温の環境下では、密封保存をする。

(3) 育苗

ポプラは種蒔き育苗或いは挿し木育苗の方法を取る。

①種蒔き育苗 中国各地に分布するポプラの樹種は多い。小数の単性（沙蘭楊、イタリア214楊雌株のみのような）、或いは雌株のとても少ない（オニドロノキのような）採種繁殖が難しいもの以外は、採種育苗ができる。

整地と肥料 ポプラの樹種粒は小さい為、整地の要件は大変厳しく、苗床と畝作りが良い。腐熟の有機肥料量は8000～10000kg/667㎡を、各層に施す。

種蒔き 種蒔き前には、蓋土を準備し、苗床を平面にしたあと、鎮圧し、底水をしっかりやり、種を蒔く。種蒔きの時はその土地に生存している種を用いて、適時に採種種蒔きをする。貯蔵の種子を選び種蒔きを行うときは、種子は乾燥しているので、20℃くらいの温水を噴きつけ、2～3時間たったあと、種子が充分膨らむのを待ち、陰干しし、砂を混ぜて種を蒔く。夏蒔きはできる限り早まきをし、6月中旬より遅くならないといけない。量は0.5～0.75kg/667㎡。

苗期管理 生えたとの幼苗は弱く、根も少なく、張りも浅いので、土壤の水分は注意し、苗床の湿気を保持しなければいけない。水をやったあとは、雑草の除去をする。苗高3～5cmの時、間引きをする。一般、一平米毎に50～60株を残す。苗が6～7cmの時に肥料を追加する。

②栄養繁殖育苗 大多数のポプラは栄養繁殖育苗をする。採種は各種との混種が難しいということと母木の優良特性を維持する為である。

挿し木育苗 生産上硬枝挿し木を採用し、育苗方式は茎を中心とする。挿す密度は、実験の結果、大きい葉の種類は、栽培1年の強い苗の時は3000株/667㎡を越えない方がよい。小葉類は5000株/667㎡を越えない方が良い。苗挿し後、発芽前までは、化学除草を行う。挿し木後、横枝の生えやすい品種に対しては、成長期には2～3回いらぬ芽を摘み取り、横枝の成長と発育をコントロールして、てっぺんの発育を優勢にさせる促進をする。

苗埋め ポプラ樹の中の白楊派、とりわけオニドロノキの苗挿し成功率は低く、苗埋め方の育苗が採用される。畝床埋めと利点状埋めの2種類がある。

分蘖 根分蘖能力の高いポプラはオニドロノキ、銀白楊、チョウセンヤマナラシ、河北楊など。

組織栽培繁殖育苗 近年中国は、組織培養繁殖ポプラは成功を治めている。稀少品種はこの方法を使っている。

(3) 造林

①造林地の選択 ポプラの造林地は一般的に平坦、地下水の水位が高い砂質土壌を選ぶ。山谷や河のほとり、河口堆積度上でも造林できる。大量生産速成林の造林地は必ず、土壌堆肥水分条件が良好な土地でなければいけない。地層の厚さは1m。他の土壌でも、条件が合えば、土壌改良後再造林できる。

②整地方法 平原地区、平面の造林地は機器による全面整地帯状整地ができる。岩山、低山地区の帯状性整地を行いその後、穴を掘る。大量生産速成林の整地規格は「100cm×100cm×80cm」。一般造林の整地規格は「50cm×50cm×40cm」

③造林季節と造林方法 ポプラの造林は春季を主とする。一般的には、立春後2～3月。秋季11～12月でもよい。植苗、挿し苗、取り木、分蘖、根分け分根等。

植苗造林 ポプラは植苗造林が主である。育苗した土地が、造林地となる。干ばつ風の多い地区では截幹造林を良い。水分条件が良い土壌の湿った地区では帯幹造林もできる。緩苗期を短縮する為、植栽前には苗根を2～3日水に浸しておく。条件の整った地区は幼樹の成長と育成の為、穴に水を通し、土を養う。

挿し苗造林 水肥料条件の良い苗木が不足している地区に使用する。春季の発芽前、土壌解凍後に執行される。秋季は11月くらいに執行される。太さ1.5cm～2.0cm、1～2年物の枝を選び、横枝を剪定し、30～40cmの挿し穂を一定の距離に挿し土地に慣らす。挿し苗は上部2～3cmを残し地中に埋める。土壌が乾いているときには、細かい土で蓋う。この他、ビニールなどの薄い膜で、切り口を蓋うか、石蠟で、切り口をふさぎ、水分の散失を防ぐ。その後造林をする。

挿し木造林 すべての苗幹は近くの河池などを利用し、水に入れる根元部分は幹全体の高さ二分の一にする。最低でも1m。浸した後、短くて3日、2ヶ月でも問題ない。挿し木造林時は一般に直径4～5cm、長さ1.2mの鉄棒で穴を作り、深さ60～80cm、大苗の深さは1mにする。挿し木前糊状にした水、直接水を使った穴を使わなければならない。挿すときは軽く揺り動かし、木と密接につなげる。挿した後はその周りの土を掘り、穴をきちんと埋める。

④造林密度 経営目的、立地条件、品種、混生方式、育成管理、材木成長発育段階で異なる。よく見られる栽培初期密度は、2m×3m、3m×3m、3m×4m、4m×4m、4m×5m、5m×5m、6m×6m、7m×7m。

⑤混生モデル ポプラは計画混合造林が良い。各地の条件に基づき、ポプラとコマツナギ、ハリエンジュの混生、オニドロノキとコノテカンワ、小葉楊とサネブトナツメの混生が効果あり。

(4) 育成

①幼林育成 幼林の育成は、芽の摘み取り、剪定、幹の白色コーティング、人畜の被害から守ることを主とする。

芽の摘み取り 幼樹が主幹に成長するのに有利であり、節のない良材となる。造林当年、幼樹の樹幹に芽が生え木炭化しないうちに、樹幹の中央部以下の芽はすべて摘み取る。上部の3つの芽ごとに3つの芽を摘み取り、樹冠の成長を促す。

株切り 造林後栄養を失った苗木には、根もとからの株切りを行う。株切りは、地面ぎりぎりになければいけない。樹柱を残さず、切り口は平に滑らかに、切った後は、土をかぶせ、水分流出防止をする。

白色コーティング 樹幹を白くコーティングし、樹体を保護し、病、虫害を防ぐ。

肥料の施し 造林後毎年5～6月初めの成長速成期には窒素肥料を2回施す。毎年肥料の窒素は3.

5-7 kg/667 m²の割合にする。(尿素7.5~15 kg又は重炭酸ナトリウム25~50 g相当)造林当年は少量、時期も遅くてよいが、幼林うっぺい後は大目に施す。ポプラ大量生産のレベルアップに伴い、今後は窒素、燐、カリウム肥茂配合にも気をつけなければならない。

中耕 分林うっぺい前は年2~3回の除草をする。実行農林と同時に農作の管理も併せて行う。うっぺい後、雑草の成長状況を見て、除草の回数を減らしていく。中耕は、土壤通気状況を改善し、幹根の水分と栄養分の吸収において有利である。農林同作期は林地のために専門に行わない。間作を小停止した後は、毎年少なくとも林地土に1~2回土壤の凝固を防ぐ為に土を耕す。秋末と初冬は落ち葉と一緒に除草を行うか、成長期の除草といっしょにする。

②成林育成

剪定 形の良い、節のない材木の栽培、ポプラの商品価値を高める、大量速成生産の効率をよくする為に、造林2~3年後は合理的な剪定をする。成長期と冬季に行う。落葉後の冬季剪定を主とし、樹幹の中部以下の芽が生えている枝をすべてそぐ。成長期の剪定は傷口の癒着が速く、芽の出ている枝も少ない。剪定後、樹冠の高度は高さの二分の一~三分の一となり、それより下の枝はすべて切り落とす。

間引き ポプラは一定の段階に成長後、密度は高く、各個体の成長空間を保証するために、間引きが必要である。ポプラの人口幼齢木材は4~5年に一度、9~10年に2回目の間引きをする。

六.ナラ類 *Quercus spp*

1. 概略

ナラ類の種類は多く、重要な硬闊葉木材樹林の為が多く、クヌギ、アベマキ、小葉ナラ、モンゴリナラ等の木材は、硬く、木目は美しく、摩擦に強く、建築物、車船、枕木、農具、紡績工業等の良い材料である。枝の燃焼力は強く耐久性に優れ、優良な炭や薪の材料となり、直径が細いものはしいたけや木耳の栽培用となる。種の中身は飼料、澱粉を作る。樹皮からはゴムを取る。クヌギ、モンゴリナラの葉は蚕の飼育、アベマキの樹皮はコルクのような柔木工業の主要原料となる。ナラ類樹皮は耐火性もあり、燃焼しにくく、防火林帯樹種となる。

2. 林学特性

(1) 分布

ナラ類は種類も多く、主要造林の樹種として、クヌギ、アベマキ、ナラガシワ、モンゴリナラ等有る。分布地は南北各地、垂直分布の最高は海拔2200m、最低は800m以下での成長が良い。

(2) 林学特性

ナラ類の適応能力は強く、気候に対する要件は樹種によって異なる。一般には、低温に耐え、モンゴリナラは中国で最も耐寒性の有る樹種で-50℃の低温にも耐える。日光を好むが、幼林の日陰にも耐える。上部の日陰には耐性がないが、側面の日陰での成長は良好である。

ナラ類は弱酸性、弱アルカリ、石灰質土壤でも成長できる。干ばつ瘠せた土地でも耐えるが、湿り、肥えた、排水良好の深さの有る砂質土壤上での成長は最も良い。ナラ類は根が深い樹種でしっかりとおり、発達しているので、干ばつ、風にも強い。発芽力は強く、成長速度は中くらい、最初の5年はゆっくり

りで、その後速度は速まる。

3. 栽培技術

(1) 採種

採種は30～50年もの健康な母樹を選ぶ。10～11月、実が緑から黄褐色に変わったときが収穫の時期である。ナラ類の含水量は高く、落下後、簡単に発芽し、獣類に食われてしまうため、適当な時期に採種しなければならない。

採種したての実には水分が多いため、放っておくと発芽し、熱を持ち、かびが生えるため、陰干しにしなければいけないが、過度な乾燥は、皮と種が分離し、種子の品質に多きな影響を与える。55℃の温水に10分ほど浸し、種子内の象鼻虫を頓死させ、殺虫処理をし、直射日光を避けた乾燥した場所に干し、種を蒔くか貯蔵する。少量の種子は砂を混ぜて湿らせて貯蔵、大量の種子は露天で砂を混ぜて湿らせて貯蔵。有る地区では流水貯蔵をする。

(2) 育苗

ナラ類の育苗は冬蒔き又は春蒔きを採用し、春蒔きが比較的多い。ナラ類の種子の大きさはそれぞれ違い、蒔く前には良く粒を選びすぐり、苗木の質を上げるために分別育苗をする。種蒔き量は150～200g/667m²、苗の生産量は1×10⁴～2×10⁴株/667m²。主根を短く栽培する為、側面の根が発達した苗木は幼苗の時に主根を切断し、側根、ひげ根成長を促進させる。

(3) 造林

造林前はしっかりと整地をする。整地方法は全面整地、等高带状整地、ブロック整地、魚鱗整地等があり、その土地にあったものを採用する。造林方法は、植苗造林と種蒔き造林の2種類が有る。

植苗は冬春いずれでも良い。うっぺいを速くするためと横枝の成長をコントロールするため、初植密度は大きくてはいけない。一般に、株間の距離は1m×2m、333株/667m²。具体的には立地条件によって決める。植栽は穴埋めが多い。深さは一般に肥30～40cm、主根は20～25cmを残し其の他余分な部分は切り取る。植えるときには深く確実に、根元は地表の2～3cm位低く植える。また截幹植栽でも良い。

ナラ類の種子の粒は大きく、出土能力は強いので、直播造林できる。華北と西北地方で広く採用されている。造林時期は春秋どちらでも良い。秋蒔きは種子の貯蔵行程を省略できるが、晩霜や、獣害に遭う恐れも有る。山東等は、穴状整地を多く採用している。穴の直径以と深さは30cm、各穴平均5～6粒、かぶせる土の厚さは6～8cm、300～400穴/300～400穴/667m²。

ナラ類の混生に適した樹種はアブラマツ、コノテカシワ、クロマツなど。山東泰山林場では海拔700m地点にマツナラの混生林があり、10年ものクヌギの幹は真っ直ぐ伸び、成長は盛んで、平均樹高は4.5mに達する。混生方式は、行間混生、带状混生が良い。

(4) 幼林育成

ナラ類の初期成長はゆっくりである。土壌と雑草除去の育成管理はしっかりしなければいけない。一般には毎年2～3回手を入れ、うっぺいするまで行う。種蒔き造林の穴の中には、幼苗を程度時期に植えなければならない。立地条件がよければ、幼苗の成長が速く、間引きの時期は早くなり、強度も増し、回数

も少なくすむが、反対になると、間引きの時間は遅く、強度も弱くなる。2～3回の手入れを、3～4年続け、最後には各穴には強い一株を残す。

七. ニセアカシア *Robina pseudoacacia*

1. 略述

ニセアカシアは豆科蝶形花冠属落葉高木であり、東部が原産国で、20世紀初めに中国以に入ってきた。ニセアカシアは速成木材に適し、硬く、木目は順目で圧力に強く、耐水耐腐性に優れショックにも強い。坑木、建築、枕木、車両、工具、造船、海産養殖の木材にもなる。根は非常に大きく、枝葉も生茂り、根元には根瘤がある。水土の保持と土壤改良に良い樹種である。ニセアカシアは上質の蜜源であり、葉は飼料と肥料を作るのに良く、枝は上質の薪や炭の原料となる。

2. 林学特性

(1) 主要品種類型

中国では、2種類を栽培している。ベニバナニセアカシアとニセアカシアである。

(2) 分布

ニセアカシアは東部が原産で、世界の温帯及北亜熱帯に広く分布する樹種の一つである。栽培範囲は広く、栽培面積はニセアカシアの原産地を越えている。とりわけ、華北平原と低山、黄土高原及び河の両岸での栽培が多い。垂直分布は海岸から甘肅、海拔2100mまで及ぶ。山東での最高分布は海拔1100mにもなる。

(3) 生態学特性

ニセアカシアは太陽を好み、年間平均気温8～14℃、年間降水量500～900mmの地域での発育は良好である。干ばつ瘠せた土地にも耐える事ができるが、土の薄いところ、水分条件が悪いところでは成長不良を起こす。風、湿り気を嫌がるが、少々アルカリには耐える。

(4) 生物学特性

ニセアカシアは速成樹種で、縦の成長ピークは2～4年目、速成期は4～8年、幹の直径は4～10年以上である。高さ太さは10年目まで、質量速成期は10年以降である。一般、高さは20m以下で、横枝は発達し、てっぺんは勢いがなく、主枝は常に横枝に妨げられ樹幹は真っ直ぐに伸びない。根は発達し、根瘤があり、窒素を固定することができ、萌芽枝の芽生え力は強い。

3. 栽培技術

(1) 採種

種の形は平たく長い。長い間実に宿り、一般には休眠期に採種をする。

(2) 育苗

育苗方法は、種蒔き、接木、挿し木、接ぎ根、挿茎とが有る。

(3) 造林

①造林地の選択 立地条件はあまり厳しくない。各タイプの山地、各タイプの砂地、弱アルカリ地でも、ニセアカシアは栽培できる。山地でも、水土保持林を計画造林できる。計画造林の際、成長を良好にする

ため、地層は30～40cm以上の土壌を選び、風口、山頂は計画造林には相応しくない。しかし、立地条件の悪い場所でも、薪炭林は発展の余地がある。アルカリ地での造林は塩含有量0.2%～0.3%以下の場所で行える。ニセアカシアはアルカリの効能を改良できる。水没を嫌い、一般雨季に地下水1m以上と積水地は植種に向かない。

②整地方式 適応力は強くても、前期の成長を加速する為に、大規模な整地は必要である。石灰山は水平整地、黄土地区は帯状或いはブロック状整地を用い、深さ30～50cm。砂地は全面整地が一番好ましい。少なくとも帯状整地をしなければいけない。薪炭林、水の保持林はブロック整地を使う。

③造林季節と方法 ニセアカシアは中国では北方山地造林されている。春季或いは秋季を主とする。春季は干ばつ降水の少ない地区、一番いいのは、秋季の凍結1ヶ月前、截幹造林を進めるには、春季は土壤水分の良好な地区が良い。春季の前或いは前年の秋季に行う。砂地造林は2種類の状況がある。砂の移動が多くない時は、春季又は秋季に截幹造林を行い、流動の多いときは春季に截幹造林をする。ニセアカシアの大苗造林を行う時は春期の晩栽が相応しい。

④造林密度 横枝は発達し、幹はまっすぐでない。造林時には、密度を拡大し、配置方法をコントロールする。横枝は、1m×3m、2m×3m、1m×4m等。太めの木材を栽培するときは、4～5年で間引きをする。薪炭林計画造林は密度1m×1.5m或いは1m×2m。

(4) 育成

①幼林育成 造林後はすぐに中耕が必要である。截幹造林後、往々にして、芽生えた苗が2cmくらいの時、2～3本を残し、後は取り除く。苗が30cmくらいの時に1本選び残し、同時に土も育てる。

②成林育成 分枝力は強く、成樹は往々にして背は低く枝の多い「小老木」となる。したがって、整形、剪定等の工作が必要である。

八. コマツナギ *Amorpha fruticosa*

1. 略述

コマツナギは蝶形花冠科落葉群生灌木である。コマツナギは優良な肥料、飼料、燃料、砂防及耕地防護の灌木樹種である。成長は速く、繁殖力も強く、適応能力も強い。アルカリ、水温、干ばつ瘠せた土地にも耐える。根は発達しており、根元に根瘤もあり、土壤改良もできる。枝は、織物材料も作り、花蜜の多い植物である。青枝には窒素1.3%、リン0.3%、カリウム0.79%含まれている。300kg毎の青枝葉は、50kg相当の豆カス肥料の効果がある。肥溜めに糞雑草を浸し発酵させた緑肥を利用したり、野草や緑肥作物を畑にすき込んで肥料にしても良い。

2. 林学特性

コマツナギは北米原産であり、20世紀初めに中国で栽培され始めた。中国の北京北中部から南、華北、西北より長江流域、海拔1000m以下の平原、丘陵山地まで広く栽培されている。広西から雲貴高原で、試験導入栽培をした。

コマツナギは2年もので開花実をつけ、芽吹き力は強く、枝葉も生茂り、根も発達している。一般にブロック内で根幅は2mくらい、深さは30～50cm、根瘤もある。環境適応能力は強く、土壤条件は厳しくなく、干ばつ、水温、寒冷の耐性能力も有る。含塩量0.3%～0.5%のアルカリ土壌の上でも成長

できる。

コマツナギは光の好きな灌木であり、成長は速く、埋めたその年は2 m伸び、20～30本の枝が出る。667 m²毎に栽かれる枝は、1年もので100 kg、2年もので200 kg、3年以後は毎年500 kgも栽かれる。20年は衰えない。

3. 栽培技術

(1) 採種

種子は9～10月に成熟。採種後は広げて日干し、毎日方向を変え、約5～6日間日干しした後、篩いか、風で雑穀を除き、袋に詰めて乾燥貯蔵する。

(2) 育苗

種蒔き前の種子の処理には2通りある。1つは、ローラーで殻を挽き(5 cmの厚さ)、その後直接蒔く。もう一つは、50～70℃の温水に以1～2昼夜浸し、その後、籠の中に空け、湿った布、又は稻草でふたをし、毎日温水江小1～2度かけ、皮の大部分が開いてきたら蒔く事ができる。

苗床帯まきは、幅6～8 cm、行間は15～20 cm、量は3～4 kg/667 m²、苗の生産量は3万株/667 m²くらい。1年ものの苗で造林できる。東北地区は通常大きな2行蒔き法を用いる。苗木の成長は強い。アルカリ土壌の種蒔き育苗の保苗率は低いので、生産性の高い挿し木育苗を採用している。直径1.2～1.5 cmの太さの1年物を挿すと、比較的速く根を形成する。幼苗の成長促進、抗塩能力も強い。挿す前、2～3日間水に浸すと、6～7日で発芽する。

(3) 造林

挿し木造林は春秋どちらでも植苗はできる。種蒔き造林は春季、雨季でも良い。造林前は、穴状または带状整地をする。

植苗造林は活成率を高める為に截幹造林を用いる。植栽は深すぎず、しかししっかり埋めなければならぬ。条件の良いときは、埋めた後、水を一度やる。挿し木造林は低温地区で多く利用されている。30 cmの1年物の健康な枝を挿す。各穴4つ挿す。地面を平行に挿し固めて挿す。秋挿しは春挿しより活成率は高い。直播造林は雨季の前か十分な雨が降った後にするのが良い。水分条件の良い土壌では、春蒔きもできる。傾斜地では穴蒔き、平地では帯蒔きが多い。穴蒔きは各穴4～5粒入れる。造林密度は一般に4500～6000株(穴)/h m²。

(4) 幼林育成

コマツナギの育成管理要件は厳しくない。一般、造林後、毎年1～2回雑草除去をする。成林後は、毎年枝葉を2～3回落とす。採種が必要なときは、隔年1回落とす。秋マツには株をきっても、翌春には芽吹き、草むらになる。一般2～3年に一度株を切る。その後は土を盛つけ根元を拡大し、たくさんの枝が出てくる。其の他、山東の「一本に一つの肥料」という方法がある。収益は高い。一年に2回枝を落とし、麦の借り入れ前に一度緑肥を断つ、織物用の枝は秋末に一度断つ。

九. アオムレスズメ *Caragana spp*

1. 略述

アオムレスズメは蝶形花冠科錦鶏属多年生灌木である。適応能力は強く、優良な砂防林、水土保持林、飼料、薪炭及び畑草地の耕地防風林樹種である。

1. 林学特性

(1) 主要品種類型

中国には20種類ほどあり、人工栽培が主流。小葉錦鶏、樟条錦鶏、中間錦鶏、毛条等。

(2) 分布

中国の北方寒冷、干ばつ、塩類土及び自然気候の悪劣な環境下に分布。

(3) 生態学特性

日光を好み、日照りに耐え、耐寒、高温や気温の変化に耐え、瘠せた土地、風蝕砂地、逆境に強く、黄土丘陵、流動砂地、丘地、固定砂地等でも正常に成長する。主根は発達。初期の成長はゆっくりだが、寿命は長く萌芽力は強い。

3. 栽培技術

(1) 採種

種子は7～8月に成熟。熟してから実が開くまでの期間は短く、熟した時に採種する。採種後黄褐色になるように調整。乾燥した風通しの良いところに保管し、かびを防ぐ。

(2) 育苗

育苗方法は種蒔き育苗。

(4) 造林

①造林地の選択 一般には、積水のない砂丘低地、干ばつ渇水地区を選ぶ。

②整地方式 砂上地では、一般に整地せずそのまま蒔く。緩やかな丘陵地は带状に耕す。黄土丘陵地区は小穴整地、穴蒔き方式。

③造林季節と方法 主要は直播造林。春夏秋いずれでも良い。穴蒔き、筋まき、ばら撒き等。

④造林密度 密度は地形と利用方法によって異なる。平地の密度の高い所は急勾配より計画しやすく、薪炭林の密度は防護林より相応しい。水分欠損

現象は比較的重く、密度が濃すぎても成長不良を引き起こす。造林密度は4500～5000 h m²にコントロールしなければならない。

4. 育成

幼苗は常にネズミ害に遭うので、毒餌で、駆除作業を行う。出苗後、苗を保つため、2～3年は周りを囲んで十分に成長させる。

十. クルミ *Juglans regia*

1. 略述

クルミ科クルミ属落葉高木。高さは20～25mに達する。クルミの木材は、枝葉は工業に用いられる。実にはたくさんの栄養素が含まれ、薬や食用価値もある。街路樹、観葉樹ともされる。

2. 林学特性

(1) 主要品種類型

長年にわたる研究の結果、中国では多数の優良品種を出している。早成りクルミ、晩成りクルミ、鉄クルミである。その中でも早成りクルミの品種は香玲、魯光、豊輝、遼寧1号、遼寧3号、遼寧4号m、中林1号、中林3号、中林5号、中林6号、緑波、温185、新早豊、扎343号、薄豊、西扶1号、西林2号、陝核1号、新紙皮、普香と魯香。晩成りクルミの品種は礼品1号、礼品2号、普龍1号、普龍2号、普薄1号、普薄、西洛1号、西洛2号、豫786、紙皮1号、秦核1号、北京746。鉄クルミの品種は黔1号、黔2号、黔3号、雲新シリーズ。海外優良品質クルミは、清香、チャトレ、ボデロ、ウィーン、トハマ、シャール。

(2) 分布

栽培分布は遼寧、天津、北京、河北、山東、山西、陝西。寧夏を含む範囲。(南部)、青海(東部)甘肅、新疆、河南、安徽、江蘇、湖南、広西、四川等。新疆伊犁(イリ)伊犁の小面積野生クルミを除いては、其の他地区はすべて多世代の植種と優良品種引き抜き栽培である。クルミ分布の北地方は大体、年間平均気温8℃等の所にある。

(3) 生物学、生態学特性

クルミは日光を好み、結実期に入ったら、もっと十分な日光が必要である。年間日照時間は2000時間以上。成長期には、日照時間の長さは成長、発芽、開花、結実に大きな影響を与える。

クルミは温帯樹種で、温暖、涼しい気候を好み、湿度暑さに弱い。適正成長温度の範囲は年間平均気温9~16℃、最低気温-25~-2℃、最高気温38℃以下、霜の降りない時期が215日以上。幼樹は-20℃で冷害にあう。成木は-30℃まで耐えるが、-28℃~-26℃より低い時、枝、雄花と芽、葉芽が冷害に遭いやすい。夏季は38℃~40℃の時、果実は日照りにあい、中味が育たない。干ばつには耐えるが、土壌の水分には敏感で、乾燥しすぎ、湿りすぎでは、成長、結実に不利である。一般、年間降水量500~700mm。平均した分布が成長と発育要件を満足させ、さもなければ灌漑条件があるはずである。

クルミは肥えた土地を好み、土壌に対する要件度は非常に高い。干ばつ瘠せた土地には耐えられない。地層の深さは1m以上にすべきで、ボクボクした土地、通気性の良い砂土壌、粘土状土壌では発育不良になる。カルシウムを含んだ弱アルカリ土壌が良い。土壌のpH値6.2~8.2、最も理想なのはpH値6.5~7.5、土壌の含塩量0.25%以下。水に弱く、地下水水位は2m以下でなければいけない。何日か水没すると死亡率は80%に達する。成長力も衰える。

気候条件も成長に大きな影響を与える。長期の晴天、乾燥気候、十分な日光、昼夜の温度差が大きければ、開花結実と品質向上に有利である。

3. 栽培技術

(1) 採種

立地条件の良い壮齢健康な母樹を選び、種子が熟したときに、採種。てっぺんから中ほどの種子が良い。皮むき処理後、日にさらす。水は与えてはいけない。8~10日たった頃、クルミの皮は乳白色から薄い黄色に変わり、中身は脆くなり、割ったとき、袋に詰めるかゴザの中に貯蔵する。

(2) 育苗

①種子処理 春季秋季どちらでも蒔ける。秋季は青皮クルミを適当に蒔く。種の量は500kg/667㎡。翌春発芽は早く、苗は高く、成長も良い。春季に蒔く種子の処理は次の通り。砂貯蔵、浸水、日さらし、熱湯冷却等。

②種蒔き育苗 種蒔きの前は、苗床を細かく整地し、肥料を施し、灌水し、土の表面が少し湿ってきたら種を蒔く。注意点は、地面に垂直に蒔き、種の先端を同じ方向にする。蒔く量は約100～150kg/667㎡、生産苗量は6000～8000株/667㎡。春蒔き後20日くらい経つと、発芽し、40日くらいで苗が出てくる。苗が出た後は、草を覆い、適当な時期に灌水する。6～7月に2回追加肥料を施し、併せて、除草作業、害虫駆除作業も行う。次の年、接木するのに用いる。

③接木繁殖

接穂栽培 クルミの接穂要件は非常に高い。接穂は非常に難しい為、利用率は低い。枝は粗く、組織はすかすかで、水分を失いやすいので、鮮度保持に注意が必要。高品質の穂畝を作り、直接優良品種又は系列を接木するのが良い。台木を切ったあとに接いでも良い。幼木の物を成木に挿しても可。

接穂採集 春芽生え前に採集するのが望ましい。長さ約1m、太さ1～1.5cmの健康な枝を選ぶ。しっかりした結実をする親枝或いは主幹2年もの親枝でも良い。しかし、活成率は低い。台木の質の要件も、接穂質量に影響を与える因子である。試験の結果によると髓が直径の半分を超えたとき接穂はできない。髓が22.4%の時が活成率は最高である。その他、失水率12%を越えた時、或いは枝の水分が38.5%より低いとき、癒着組織は育たない。接木前には穂を切ったあとと蠟で口をふさぎ、それは接木をする15日以内に行わなければいけない。室内接木は穂の長さが13cm、1～2個の実った芽、屋外接穂は長さ16cm、2～3個の実った芽を抱く。接穂頭部は必ず実った芽が必要で、切り口から1cmくらいの距離。

作芽接穂を行った年の新しい梢は、とても良い木質の発育枝として用いるのに適する。接穂で、下を切った後すぐに、葉も切り落とし左右の2cmの葉を残す。20～30枝を一束にし、品名を表記し、薄い膜あ、湿った布を用いて、少し湿った涼しい場所に置く。但し5日間を越えてはいけない。

接木：

◆ 枝接ぎ 屋内外の2種類がある。

屋内枝接 この方法は接木活成によく影響を与える「傷が付き樹液が流れる」ということを回避する効果がある。そして、接いでいる時間が長いと効果もあがり、休眠時期すべてにおいても執行できる。しかし、3～4月が良い。台木は秋季落葉後に畝に出し、背中が日陰に成るよう穴を掘り、台木を苗ごとに、湿った土又は湿った砂に埋め、つなぐときに取り出す。実を摘み取ったあと、落葉の前に切り取った物を使い、低温(0～5℃)の混合砂に埋める。つなぐ前は切り取った穂を蠟でふさぐ。つなぐ際には、細さ太さにあった台木を選び、きちんとつけるために、苗床を暖かくして癒着した後、畝に移す。

屋外枝接ぎ 台木が発芽から葉期にうつる時が良い。つなぎ、完全につくまで35～40日かかる。皮下挿は活成率が高い。

◆ 芽接ぎ 6～8月に実施。7月の活成率、保存率は高く、一般T字形芽接ぎの活成率が高い。ブロック形、リング状、工字形等芽接ぎ法もある。

(3) 造林

① 造林地の選択 風のあたらない陽に向かった山丘の緩やかな傾斜地、平地及び排水が良好な溝地。傾斜度は15度～20度が良い。

深い地層が適し、通気性が良い土壌或いは砂土壌で、p h値は7.0～7.5。平原、河岸地の地下水は2m以下。早成りクルミの大量生産園は土地乾燥又は湿らすこと、排水、入水ができる。山麓地帯はくぼ地はさけられず、山地及び水流の有る地方は丸く建てる。

②整地 ゆるい傾斜(傾斜度10度以下)に植栽する。もし、土地が未整地であれば、まず等高線堀樹又は魚鱗坑を作り、その後段々畑を整える。植樹の時、畑の厚さは1.0m以上。大量生産農園の樹穴は0.8～1.0m、穴を掘るときに肥料を入れる。

③品種配置 クルミは雄株と雌株があり、風を媒体として受粉。受粉距離の短さと実がつく率の差が大きいのが特徴。2～3個のお互いに受粉できるような主栽品種を選ぶ。専門に受粉をするとき、4～5つの主栽品種につき、一つの受粉品種を配置し、二者の比率は8：1を下回ってはいけない。雌主導と雄主導の組み合わせに注意。

④密度 立地条件、栽培品種と管理により決まる。理想は7m×8m、8m×9m。避けなければいけないのは5m×6m、6m×7m。平地では、6m×12m、7m×14m以上。

(4) 育成

①育成管理 行間はボクボクした土壌を保ち、雑草がなく、常に中耕が必要。林間耕作あるいは桃、葡萄、サンザシと耕作するのが良い。結実する木には十分な肥料を施す。山地クルミは土をかため緑肥を与える。

有る条件では、毎年2～3回灌水をする。早春の芽生え前、開花後(5～6月)、花芽分化期(7～8月)は土壌水分をしっかり補充する。10月末～11月頭は基本肥料と灌冬水を合わせる。

植栽後2～3年以内は防寒措置を取る。一般、土に埋め冬を越すか、ホワイトコーティングで防寒しても良い。

②整形剪定

整形 クルミは以下のとおりの樹形を用いる。各層まばら形は耐乾性の強い品種と地層の厚い立地を用いる。主枝を主軸とし、主枝は2～3層で、樹冠は自然な半円形。晩成りの品種は1.5m～2.0mに剪定、成長期は2.0m、果材兼用は3.0mに剪定。初期の高密度植の高さは0.3m～1.0m；自然開心形は、地層が薄く、耐乾性の弱い品種に向いている。中心の主枝はつきりせず、1m以下に切る。開いた後、2～4本の主枝を残す。樹冠は低く、成形は早い。

剪定 クルミの芽は異質性なので、形成期の発芽力発枝力は弱い。てっぺんにつく実は特性で、主枝の前部を剪定しないと、後部は禿げ上がり、主枝を争う現象を引き起こす。剪定は以下の点に注意する必要がある。晩成りクルミの一番頭の芽及びそこから1～3つ下の芽が実を結ぶ。故に、あまりたくさん剪定してもいけない。早成り以クルミは側面の花芽の比率が高く、短く切る。クルミは後方の枝が成長を抑制する特徴がある。調整の時注意が必要である。落葉後、発芽前に傷をつけると、傷口がなかなかふさがらないので、剪定は収穫してから落葉する前に実施しなければならない。

③低生産樹改造 低生産の樹は以下のような措置をとって改造を実行。立地条件の改造、土壌水の強化、

肥料の管理、病気害虫予防。合理的な剪定、樹木の構造の改善、良いものを残し悪いところは切り取る、いいものとペアリング、人口受粉と雄樹の間引き、適当な時期に採取。

十一. シナグリ *Casyanea mollissima*

1. 略述

シナグリは穀斗科栗属の高木樹種で、寿命は長く、適応能力も強い。1年もので、高収益をあげられる「確実な農作物」と誉れている。とりわけ、中国のシナグリの品質は良く、抵抗力も強く、世界の何種かの栗は足元に及ばず、国内外から高く評価されている。近年主要経済林木に発展すると提唱もされている。

シナグリは中国特産の乾燥果で、それ自体が宝である。栄養豊富で60%~70%の澱粉、5%~10%のたんぱく質、2%~7%の脂肪その他多種のビタミンが含まれている。生食以外に炒め物に使用、粉にしておかず、おやつ、缶詰にもされる。胃腸の健康、腎臓等の薬物価値もある。木材は堅く、木目はまっすぐ、耐腐、耐湿性に優れ、軍工、車船、家具製造の材料に利用される。枝葉、樹皮にはタンニンが含まれ、ゴムも採取される。葉は養蚕に使い、花はとても良い蜜源である。

2. 林学特性

(1) 分布

シナグリは中国で広く栽培されており、北は吉林省、南は海南、東は黄海の浜辺、西は雲貴高原にいたる。寒温暖亜熱帯地帯をまたぎ、垂直分布は海拔50~2800m。主要産地は黄河流域の華北、西北と長江流域各省(自治区)であり、丘陵山地の谷、ゆるい傾斜地、川原で栽培されている。

(2) 優良品種

完全な統計ではないが、全国には300以上の種類があり、栽培地区は4つに分けられる。最も適した栽培地区、適した栽培地区、比較的適した栽培地区、丹東栽培区である。

①最も適した栽培地区 河北、山東、山西、北京、天津を含む地域、安徽北部、江蘇北部、河南南部、陝西北部(秦嶺より北)。北京主栽品種は燕紅、燕昌、銀豊、C8及びC3等。天津主栽品種は燕魁、早豊、燕紅及び蕃山1号等。河北主栽品種は、燕魁、早豊、短豊、北峪2号、西溝7号、河東1号等。山東主栽品種は紅光、金串、上豊、泰山紅、石豊、宋家早、郟城207等。陝西北部(秦嶺より北)主栽品種は寸栗、大板栗、大社栗等。河南主栽品種は豫羅紅、確紅栗、洛蜂968、谷堆栗、紅油栗、大板栗、黄栗蒲、蜜蜂球、二新早等。安徽北部主栽品種は黄栗蒲、蜜蜂球、二新早、紅花栗、大紅袍、遲栗子、紫光栗等。江蘇北部主栽品種は尖頂油栗、薄殼、宋家早、郟城207等。山西主栽品種は燕魁、早豊、短豊、燕紅、燕昌、大板紅等。

②適した栽培地区 湖北、湖南、浙江、江西、貴州、雲南、四川、重慶等地区及び江蘇南部、安徽南部、陝西南部(秦嶺より南)甘肅南部等。湖北主栽品種は浅刺大板栗、大烏殼栗、早棗紅1号、桂花香、六月暴、大果中遲栗、大紅袍、九月寒、紅毛早、青毛早等。湖南主栽品種は侗栗、接板栗、双季栗、深刺大板栗等。浙江主栽品種は魁栗、油毛栗、毛板虹、上光栗、大藤青、短刺板虹、吟口大栗等。江西主栽品種は短毛焦扎、青扎、毛板紅、大紅袍、薄皮大油栗、処暑紅、長興5号、九家種等。貴州種栽品種は平頂大紅栗、尖頂大紅栗、浅刺板栗、薄皮殼板栗等。江蘇南部主栽品種は九家種、焦扎、処暑紅、大青底、重陽蒲、

鉄粒頭、查湾種、早庄、薄殻等。安徽南部主栽品種は大紅袍、処暑紅、大油栗、遲栗子、新杭遲栗、烏早、葉里藏、軟新早、二新早等。陝西南部主栽品種は寸栗、大板栗、大社栗、燕魁、早豊等。甘肅南部主栽品種は大板紅、寸栗、燕魁、早豊等。

③比較的適した栽培地区 広西、福建北部及び広東北部。広西主栽品種は中果紅皮油栗、早熟油栗、紅皮油栗、大烏皮栗等。広東北部主栽品種は韶関18号、川原1号、川原2号、川原3号、農大1号等。福建北部主栽品種は嶺口大栗、短刺板紅、大藤青、常興5号、薄皮大油栗等。

④丹東栗栽培区 遼寧と吉林南部集安地区。主栽品種は遼丹61号、遼丹58号、遼丹15号等。

(3) 生態学特性

シナグリは日光を好み、日陰を嫌う。日光不足は開花結実に影響を与える。よって、栗樹は日当たりの良い傾斜、半日向、広い地帯が良い。気候要件は厳しくなく、年間平均気温8～22℃、最も高くて35～39℃、最も低くて-25℃、年間平均降水量500～1500mmの気候条件下で成長できる。しかし、年平均気温10～15℃、成長期(4～10月)は16～20℃、年平均降水量600～1400mmの地方が最も理想である。雨量が多すぎても受粉の妨げになり結実率は低下し、殻が裂け、実が露出しカビが生える。果実発育時期の過度な乾燥も発育不良を起こし「空実」を生産する。

土壌条件の要件は弱酸性(pH値5.5～6.8)、地層は深く(80cm以上)、ボクボクした土地、湿り気があり肥えており、排水も良好、有機質含有量も高く(1%以上)の土壌、砂土壌或いは砥石質砂壤もよい。生存実践でわかっているのが、pH値7.5以上、含塩量0.25以上、或いは地下水の水位が地面からの距離より1.5m不足していると、成長育成のコントロールを受ける。粘土状土壌でも、成長と結実不良を起こす。

(4) 生物学特性

シナグリの苗は通常6～8年以上で開花結実をする。15年以上で最盛期に入る。接木をした翌年から開花結実、3年もので一定量の生産をし、10～11年で結果最盛期に入る。6月初旬雄花が咲き、上中旬に雌花が開花。雄花の最盛期の時にまさに、雌花開放期が重なり、雄花は下から上に向かって順に開花し、長い開花期には受粉は有利である。雌花の受粉期は長く、1ヶ月位維持する。自家受粉の結実率は通常高くない。しかし、品種によって異なり、1%～90%と等しくなく、植栽の時は受樹の配置に気をつけなければならない。実がつく確率は高く、90%くらいである。受粉不良、栄養不良、病気害虫が原因で落果を容易に引き起こす。「空洞」現象もよく見られ、品種本体及び受粉不良以外に、樹本体の栄養不足、特に微量の硼素不足も関係ある。よって、前期には肥料、水管理、人工受粉補助、病気害虫予防の措置を強化しなければならない。実のつく確率を増加し空洞の率を減少させることは重要である。

根は深く、側根は細く発達し、根の水平分布は枝の3～5倍にもなり、樹冠周りが最も密度が高い。根が損傷すると、癒合能力も悪い。よって、畝から土壌栽培に移すとき傷つけないようにしなければならない。クリ類の幼根と菌根は共生している。近年、中国林業科学研究院の開発したPt菌根剤を使って、栗樹の菌根形成を誘発している。

シナグリは雄雌同株異花樹種である。風を媒体として受粉する。シナグリの芽は性質によって分けられる。花芽、葉芽、休眠芽の3種類。花芽は最も大きく、葉芽がその次、休眠芽が一番小さい。花芽は混合芽とも呼ばれ、枝の先端につき大きく膨らむ。葉芽は比較的瘠せて弱く、間引きをする。休眠芽は極めて

小さく一般発芽はせず、ずっと休眠状態である。当年に出た枝は習慣上、結果枝、雄花枝、発育枝の3種類に分けられる。

3. 栽培技術

(1) 採種

健康なものを選び、最盛期にはいった優良な単株を親木とする。9～10月栗の殻は黄褐色になり、20%くらいがはじけてきたら採集してよい。実が充分熟すのを待ち、はじけ、自然に落下してきたものを拾っても良い。収穫後は風通しのよい所に並べ、乾燥で粒がとれるのを防ぐ。水につけて粒を取る方法も用いる。粒を選った後、露天に埋めるか、室内であれば湿った砂に貯蔵をする。水分を失い乾燥を防ぐ為であり、発芽能力にも影響が出る。

(2) 育苗

①実生苗の栽培 平坦な土地、地層の厚い土壌を選び、与える腐熟有機肥料は1000kg/667㎡以上。深く耕す。この土地は大粒の種子を選び、発芽促進後、均等に蒔き、その後土をかぶせて保湿する。ネズミ害と地中の害虫の危害に気をつける。出苗後は除草、肥料の追加、水遣りをする。1年ものの実生苗は直径0.8cm以上、主根の長さは20cm以上、苗の高さは40～60cm、植える量は8000～10000株/667㎡。2年ものは1m以上で、即造林ができる。

②接木苗栽培 台木樹はシナグリ、ケイリンコウ、チガヤの3種。接木適期は発芽から発芽後20日である。接木の規格は直径1cm、高さ80cm以上、主根の長さ20cm、癒合は良好で病気害虫、機械による損傷もないもの。

(3) 造林

造林地は土壌が厚く、肥えて湿り気があり、日向の緩やかな丘陵である。平地では、全面整地が採用され、30cm以上の深堀にし、傾斜地では段々畑を作り、地層は1mくらい、傾斜のけわしい山地は水平带状整地をする。帯の太さは4～5m、中間に土の帯を1～3m残し、魚鱗坑整地をしい、土を換え、肥料を施す。長江より南各地の整地措置は夏に山を掘り、秋に土をいれ、冬に穴を掘る。地形は風が当たらず、日射条件良好、傾斜度25度以下の丘陵地或いは川原。

植栽密度 乾果林の株埋めの距離は一般5m×5m～6m×6m、56～110株/667㎡。樹冠の被覆率80%以上の時、距離を縮め、間引きをする。材木林は2m×2m～3m×3m。植苗は冬季春季でもよい。根が完全に整った2～3年の大苗は植える前、1m×1.5m×1.5mの大穴を掘り、土を入れ肥料を施す。植栽は深すぎず、根元が地面から少し出るくらいで植えた後は灌水する。シナグリは異花受粉の為、植栽時、受粉樹の配置に注意をする。同じ林の中には、開花期が近い物を混ぜて植え、受粉力の強い2～3種を配置。一般には、主栽品種4～8行、1行の受粉樹を配置する。

種蒔き造林は春秋雨季いずれでも良い。霜の多い地区、獣害の多い地区は春が良い。整地の終わった造林地上に、種付けの穴を開け3～4粒ずつ入れる。種子の間隔は10～15cm。覆う土の厚さは5～6cm。蒔いた後、獣害とネズミ害に特別注意しなければならない。幼苗が出た後、1株健康なものを残し、培養し、他の者はよそに移す。

接木繁殖は成長も速く、実がつくのはやく、優良品の特性を維持するなどの長所がある。中国の北方

は2～3年ものの台木を使い、南はケイリンコウを多く使う。接穂は優良な単株、発芽前に剪定した健康な枝、又は太い結果する親枝を使うのが良い。2年ものの枝でも良い。接穂採集後、いつでもつなげられる。湿った砂に貯蔵又は2～5℃の冷蔵庫に冷蔵しても良い。接木時期は、春季樹液が流れ出したときから、又は葉が開き始めたときが良い。

接木方法 通常は割接、切接ぎ、挿皮接、腹接ぎ等。

(4) 育成管理

①林間農作 栗林の樹冠被覆率が60%より低い期間は、間に落花生、甘薯、豆類等の作物或いは緑肥を植え、土壌の構造の改良、肥料力アップ、糧食や油料の増加、林木の成長と栗量産量アップを促進する。一般に植えるのは豆科作物と緑肥植物である。

②土壌管理 栗林は秋末或いは初冬に掘り返す。深さは15～20cm。早春、花期、果実が育ってきているとき中耕除草をする。生草栽培の林は開花果実の育つ時期に草刈をする。併せて、肥料を施す。夏も手入れをしなければいけなく、樹下の土、草をきれいにし、根が栄養を吸いやすい環境を整える。

③水肥料管理 通常1年に3回肥料を施す。それぞれ、2～3月、6～7月、11月に実施、有機肥料を中心とする。樹冠のまわりに施し、一般冬季には、広さ15～20cm、深さ25cmリング状の穴を掘り有機肥料をやる。春夏用肥料も追加し、深さ15cmくらいの穴を掘る。施す量は樹体の100kg毎、N3.2kg、P₂O₅0.76kg、K₂O1.28kgである。予想生産量に応じて措置、その土地の土壌と樹体の栄養状態を計算して施す肥料の量を決める。その際、水をやると、更に効果が発揮される。樹冠のしたの草地地膜等保水措置も施し補水栽培も行う。開花期、結果期に干ばつに遭わないよう灌水をする。

④成形剪定 シナグリは日光を好み、整形と剪定を繰り返し枝分布の状況を調整する。枝の増加、別れ枝の数、日射条件の改善、豊作、基礎を作る。生産上多く採用されているのは、自然開心形と先端をすく形の2種類。主幹をすく形の特徴は樹冠が分散され、光と風の通りがよくなり、成長と結実に有利である。地層は薄い。乾燥に弱い品種は主幹を中心とした栽培は難しいため、自然開心形を採用する。

整形の原則は、夏に摘み取り、冬に整え、結合コントロールと抑制を促し、主枝を伸ばし、別れ枝の分量を増やし、整った低い樹形を作ることである。

剪定方法は成長期に行い、夏季4～5月にその年に出た40cm以上の枝を剪定。休眠期は剪定が必要。

12月から翌年2月、先に密度の濃いところを剪定し、弱い結果親枝、最後に樹形に基づき、濃いところをすき、薄いところを残し、弱いものを切り、強いものを残す。

