

第8章 試験造林

8-1 試験造林の位置付け

1. 目的

本件調査は森林造成により、流域の水土保持機能の向上、ひいては生態環境の改善を図るための造林計画の策定事業である。当該流域はここ数十年人口の増加による農地開拓の圧力が強く、森林の復旧はいつこう思うように進まなかった。本件調査対象地にある5つの市・県の土地面積は119.5万haあるのに対し、既存森林面積（立木地・林分）は34.9万haで、内人工造林面積は17.6万haとなっている。山地である当該地域にとって、この数字は明らかに過小であると言えよう。現に、地元の土地利用計画上、森林として利用されるべき土地を林地と云い、その面積を61.2万haとしている。少なくともこの数字が示すように、土地の半分以上は森林に覆われてなければならない。

長年、地元の林業関係者は人工造林に努め、とりわけ航空機による播種造林において、大きい成果を上げている。しかし、河川沿いや集落周辺地帯など人間活動の影響を受けやすい地帯において、乾燥と高温に耐える造林技術の欠如、土壌条件の悪化、住民の土地利用との競合、資金不足等の多くの問題を抱えている。短期間でより確実に成果を得られるために、植樹造林を中心とした技術開発、合理的かつ効率的な維持管理方法、政策上の支援体制等を含めた造林計画の策定、実施が必要である。

上述の問題を解決、改善すべく、中国政府は、プロジェクト方式技術協力「四川省（安寧河流域）森林造成モデル計画」と本件調査「四川省安寧河流域造林計画」の実施を我が国に要請してきた。本件調査の対象地の最南端に位置する米易県は自然条件上、技術的に造林が困難な地域であり、特に乾燥かつ高温の山間地帯（中国では「乾熱河谷」という）は中国でも造林難度がもっとも高い立地に分類されている。米易県では長年この乾熱河谷の造林を行ってきたが、成林した造林地がわずかで、いまだに大面積の要造林地が残されている。なお、種々の原因でこのタイプの土地による水土流出が最も激しく、早急な防止対策が望まれている。しかし、米易県は徳昌県とともにプロジェクト方式技術協力の対象区域に含まれていないため、プロジェクト方式技術協力での造林技術の開発は期待できない。したがって、本件調査の一環として、米易県の従来造林方法の実証、新たな造林技術の探索を目的とした造林試験を行う必要がでてきた。

2. 本件調査における試験造林のねらい

- ①一般的な試験において、試験結果の信頼性や比較の有効性等を考慮し、公認の試験手法を用いて、重複試験や対照試験を行うべきである。しかし、今回の造林試験の狙いは先方（中国側）のこれまでの造林事業成果を十分活用し、不足している技術が完備されるような内容とすることである。そのうえ、実施期間は23ヶ月（実質植栽可能な

- 年数は1年のみ) であることと面積が限られていることから、重複試験や対照試験を行わないこととする。
- ②本試験の期待成果として樹木の生育状況の把握のみならず、森林造成技術の実証と確立が最も重要である。
 - ③設計において、これまで中国で行われた当該地域の造林実績と関連研究を検証し、従来の造林方法問題点の解決、改善策を取り入れた試験設計を策定する。
 - ④当該地域における造林研究事例を収集・検討し、また、造林方法論、育苗、苗木処理技術、土壌改良技術等について日本の技術も参考に、現地にもっとも適した造林方法の取り入れを試みる。

3. 試験地の選定における留意事項

- ①造林が最も困難とされる乾熱河谷地帯の山腹地を優先すること。
- ②乾期に発生する熱風(中国語で「焚風」という)に晒されやすい斜面も対象地になるよう考慮すること。
- ③土壌は米易県及び近隣県の同類地形で最も一般的であること。
- ④試験期間中の観測・調査が容易であること。
- ⑤土地の長期使用が可能であること。

8-2 試験対象地域の制限的自然条件

1. 気候

海洋に遠い内陸省である四川省は北半球亜熱帯に位置し、東南熱帯モンスーン気候と西南青藏高原寒冷気候の交接地帯となっている。気候上、海洋季節風(東南季節風又は西南季節風)と西風環流の影響を大きく受ける。

本件調査の対象地は四川省の南端にあり、米易県はさらに対象地の南部、安寧河の下流に位置する。安寧河の上流に比べ、亜熱帯性が強く、農業形態から見ても、水稻、小麦、トウモロコシの3毛作が可能であり、南亜熱帯といえよう。

米易県山間地帯の気候の最大特徴は、12月より翌年5月までの乾期の降雨量は年間の10%以下、平均して5%であること、この間に「焚風」の発生日が40日に上ることである。地元のことわざではこのような気候を「冬暖春暑夏秋涼、降雨集中乾期長、光熱豊富蒸発大、焚風吹過草木黄」で表現している。このような土地がいわゆる「乾熱河谷」であり、造林難度が最も高い。また、晴れが多く日照が強いうえ、地形上熱気がこもりやすいため、4、5、6月に気温が35℃を越える場合が多く、地表面温度は70℃以上になることもしばしばある。一方、冬季では晴天の日が殆どであり、昼夜の温度差が激しく、夜間に氷点下になることがしばしばである。このような極端な寒暑変化も植林において大きな支障となっている。米易県の気温、降雨量等の気象データは第5節の表8-5-4を参照して頂きたい。

「乾熱河谷」一語が中国の林学分野で正式に定義されたのは1984年に発表された中国科学院青藏高原綜合調査団の調査報告書が初めてであるとされている。文字とおり、乾熱河谷とは乾燥かつ高温な谷間（谷間には河が流れることから中国では河谷という）地帯を指す。中国の乾熱河谷は横断山脈地帯を中心に存在するが、その大半は長江上流の主要な大きい支流である金沙江、雅龍江、岷江等に分布する。

乾熱河谷の形成はその地理的位置と特殊な地形によるものだと考えられるが、そのメカニズムはまた明らかではない。乾熱河谷の特徴として、乾季が長く、雨季と明白に分れていること、気温が熱帯・亜熱帯並に高く、年間の気温差が少ないこと、降雨量より蒸発量のはるかに多いこと等が挙げられる。上記の中国科学院の報告書では乾熱河谷自然状況について、「年間気温が10°C以上の日数は350日以上、最寒月の平均気温は12°C以上、最暖月の平均気温は28~24°C、土壌は乾燥型赤土で、農作物は主に二毛作水稲とサトウキビ」と叙述している。このような気候を成した起因に、一説として大西洋とインド洋からの気流は青藏高原で独自の高原モンスーンを形成し、横断山脈地帯の本来の大気運動を少なくとも攪乱したと横断山脈自身が湿潤気流の侵入を妨げたことにあるとされている。また、乾季に多発する谷間風も大気の高湿乾燥を一層進行させている。とりわけ乾熱河谷地の植生の生育にとって、最も過酷なのが春先から夏にかけて吹き渡る焚風である。

2. 土壌

四川省の森林土壌は大きく3つの区域に分けることができる。

1) 四川盆地

四川盆地の平地と周辺山地からなり、平地の標高は400m前後で、周辺山地は1000~3000mである。気候的には年中温暖湿潤で、森林植生を代表するのは湿潤型よりの常緑広葉樹林と馬尾松林である。この地帯の代表的土壌は黄色土。

2) 西南山地区

瀘定鎮より南、漢源鎮より西のエリアで、涼山自治州と攀枝花市が中心となる。概ね南北に走る山嶺の間に褶曲と断層運動によってできた多数の谷間と山間盆地があり、全体の地勢としては比較的緩やかで、標高は700~4,000m、多くの山地の標高は3,000m前後である。代表的な森林植生は雲南松林と乾燥型よりの常緑広葉樹林。広く分布する典型的な土壌は赤色土。

3) 西部高山高原地区

四川盆地より西、西南山地より北のすべての区域を指す。当地区の地勢は東南から西北へステップ状に上昇し、全般的に大きな傾斜面をなしている。地形が複雑で、標高差も大きいと、気候、植生、土壌の変化は顕著であり、1つの代表的なタイプを挙げることは難しい。植生を見ると、標高の上昇によって、谷間乾燥地草地灌木林、マツ・ナラ林、ヤマナラシ・カバ林、トウヒ林、ツツジ・灌木林、高山ツンドラの順に変わる。土壌も山間乾燥褐色土、山岳褐色土、高山湿草地（原）土のよう変わっていく。

今回の調査対象地である西南地区の米易県一带を見ると、700~1,400mは山岳乾燥赤色土、1,400~2,400mは山岳赤色土、2,400~3,100mは山岳黄褐色土と高山湿草地（原）土になっている。試験地の土壤は乾熱河谷地山岳乾燥赤色土に属する。

乾熱河谷地山岳乾燥赤色土は、大気乾燥度によって、極度乾燥区、乾燥区、弱乾燥区の3つの亜分類区に区分することができ、それぞれの亜分類区の中で土壤層の厚さの違い、斜面の向きにより、さらに細分できる。一般的に乾燥区において、高木林造成の場合、土壤層が60cm以上あることが成林限度条件といえよう。その根拠は下記の理由による表土の極端乾燥層が最大50cmまで達している場合もあることで、蒸散量の多い高木には一定の湿度を保てる土壤層が必要となる。

山岳乾燥赤色土の最大の問題点は乾燥と高温、昼夜の極端温度差によって粒子構造が破壊され（ほどける）、しまりがなくなり、粉塵状になる。このような土壤層（中国では「膨張土」という）が15~25cmまで達する。その結果、侵食が激しく、乾期に表土は50cmの深さまで乾燥する。50cmまでの土壤の平均含水率は北斜面で4.61%、南斜面で0.56%（長江中上流防護林建設論文集——P326）にすぎない。また、6~9月の高温高湿の時期に土壤中の有機物の分解が激しく、補給源がない場合、有機物の含有量は極めて少ない。米易県の乾燥赤色土は珪素の溶脱が進み、粘土の結晶構造が破壊しやすく、アルミニウムイオンが多くなり、置換による土壤の酸度が強くなっている。調査期間中、試験地の土壤を調べた結果、乾季の4月中旬の土壤乾燥層（含水率3%以下）が40cmまで達し、表土は日干しレンガのような硬い盤層を成していた。

3. 植生

乾熱河谷地帯の自然植生分布状況を見ると、500~1,000mの山間地には高木の *Bombax marabaricum*（木綿）、低木の *Phyllanthus emblica*（余柑子） *Dodonaea viscosa*（車桑子）、草本の *Heteropogon contortus*（黄茅）、*Cymbopogon distans*（云香草）、*Eulaliopsis binata*（擬金茅）等が代表的である。1,000~1,500mの山腹地帯には高木の *Pinus yunnanensis*（雲南松）、低木の *Osteomeles schwerinae*（華西小石積）、*Bauhinia brachycarpa*（馬鞍葉羊蹄甲）、*Sophora flavescens*（苦参）、草本の *Heteropogon contortus*（黄茅）、*Themeda triandra var. japonica*（黄背草）、*Schizachyrium delavayi*（旱茅）、*Cymbopogon distans*（云香草）が代表的である。

1,500m以上の山岳赤色土壤地帯はブナ科を主にクスノキ科の樹種も混生する常緑樹林となり、2,600mを越えるとツガ、トウヒ、モミ属の針葉樹林に代わる。

総じて、もっとも乾燥している1,500m以下の山腹には乾燥に強い低木類が多い。

8-3 試験造林設計

ここでは、本試験設計の基本考え方及び主要仕様を記する。

1. 林分タイプと造林樹種の選定

1) 林分タイプ

ここで云う林分タイプは経営的立場から論ずるものではなく、立地条件に合わせ、水土流出抑制等の保全効果が最大限発揮できるための林分タイプを指す。既存の資料や現地調査の結果から、以下の林分タイプが考えられる。

- ① 土壌侵食が激しく、土壌層が40 cm未満で、乾期の雨量が極端に少ない急傾斜地の場合、多年生草本+疎植低木の林分が望ましい。
- ② 土壌層が40~80 cmで、草本が比較的茂っている場合、低木+高木の林分が望ましい。
- ③ 土壌層が100 cm以上で、乾期の深層(60~80 cm)土壌含水率が10%前後を保ち、地表に草本が茂っている場合、高木+少量低木の複層林分が可能であり、一定の経済樹種の取り入れも考えられる。

試験地の立地条件に合わせて、今回の試験では主に3種類の高木と2種類の低木による複層混合林形成を目的とした多樹種混合林タイプを取り入れた。

2) 造林樹種

造林樹種の選定は最も重要である。流域環境保全林としての効果を最優先的に考慮すると、生長量や収穫量よりも植栽後の活着率と保全効果が発揮できる林分に成林するかどうかのポイントとなる。一方、将来的に森林経営における利用や更新を考えると、生産性、特に薪炭材、少量の生活、農作業用材としての生産利用も考慮することが望ましい。今回の試験造林の候補樹(草)種として、以下のものが考えられる。

Bombax marabaricum (キワタノキ、木綿)、*Leucaena leucocephala* (シンギンネム、新銀合歓)、*Ziziphus mauritiana* (日本語名不詳、真刺棗)、*Eucalyptus camaldulensis* (リバーレッドガム、赤安)、*Acacia confusa* (タイワンアカシア、台湾相思)、*Phyllanthus emblica* (アンマロク、余柑子)、*Platyclus orientalis* (コノテガシワ、側柏)、*Jatropha curcas* (ナンヨウアブラギリ、小桐子)、*Tephrosia candida* (日本語名不詳、山毛豆)、*Dodonaea viscosa* (ハウチワノキ車桑子)、*Cajanus cajan* (日本語名不詳、木豆)、*Agave sisalana* (サイザル、劍麻)。

以上の樹種から、現地で試験地と類似する場所で植林に成功した、或いは成功の見込みがある樹種として、また地元で育苗が可能かつ容易であることを前提に、以下の樹(草)種を試験造林の使用樹種とする

- タイワンアカシア (*Acacia confusa*、台湾相思)
- シンギンネム (*Leucaena leucocephala*、新銀合歓)
- キワタノキ (*Bombax marabaricum*、木綿)
- ナンヨウアブラギリ (*Jatropha curcas*、小桐子)
- ハウチワノキ (*Dodonaea viscosa*、車桑子)
- サイザル (*Agave sisalana*、劍麻)
- リバーレッドガム (*Eucalyptus camaldulensis*、赤安)

ロブスタユーカリノキ (*Eucalyptus robusta*、大葉安)

ただし、キワタノキは局部的に凹地や小谷地になっている個所のみ植栽した。また、サイザルは試験地境界線上に生垣として植栽するほか、岩石が露出し土壌層が特に浅い局部にも植栽した。ユーカリは実験的に極少量を試験植栽した。

2. 造林方法

1) 整地 (地拵え)

乾熱河谷地帯の土壌侵食、風食の深刻さを考慮すると、切り盛りの多い大規模整地はかえって土砂流出の元を生み出すため避けるべきである。しかし、保水力、通気性等の土壌改良の面や植栽苗の活着と成長において整地は極めて重要な役割を果たす。従って、試験地の地形、土壌の状況、造林樹種に基づいて、植栽点上のポイント整地 (60 cm×60 cm×40 cmの坪刈り地拵え) を中心に、一定の間隔で水平線上に帯状整地 (幅 80 cmの段切りによる筋地拵え) の整地方法とした。この際、いずれも整地面の外側を内側より若干高くする。勾配比率は 10 : 1 とする。これによって降雨をより効果的に集水すると共に南斜面における日照強度を弱める働きが得られる。整地時期は遅くとも植え付けの 2ヶ月前に行うことが望ましい。

2) 植え穴掘りと堆肥投入

植栽 1ヶ月前に、60 cm×60 cm×40 cmの植え穴を掘り、堆肥を入れておく。使用した肥料は化学肥料を混合した堆肥で、1 植え穴当たり 150 g を施した。

3) 造林密度

乾熱河谷地帯土壌の生産力が低く、特に乾期の土壌水分競争を考えると、高密度の植栽に不向きである。一方、今回の植林は主として保全林造成である故、早期の保全効果を図るため、短期間での樹冠閉鎖が必要となる。このような状況を総合し、植栽当年と翌年の 2回の施肥を前提に、平均植栽密度を 4995 本/ha (1 m×2 m) とした。

4) 樹種の配置

水土流失、風食等の防止を目的とする保全林造成において、立地条件が厳しい今回の対象地では、生育環境の改善、栄養空間の合理的利用、災害リスクの分散、早期の成林を図るため、3種以上の高木と2種以上の低木を用いた混交林が望ましい。そこで、今回の試験では、高木として台湾相思、新銀合欵とキワタを使用し、低木では小桐子と車桑子を使用し交互に植えることを基本に、帯状整地区には高木のみを植えた。また、キワタノキは一部の凹地や小谷地になっている個所 (水分条件が比較的よい) を中心に植えた。外部の無林地環境より試験地内の植栽木への影響を緩和させると共に家畜等の侵入を防ぐため、試験地の境界線上にサイザルを植えた。また、局部のレキが多く、土壌層が薄い箇所にもサイザルを植えた。

5) 植え付け時期

乾期が終わり、土壌が充分湿る降雨があった (約 1ヶ月間の積算雨量が 100 mmに達した

時)後に植栽(直播き)することが望ましい。この頃、米易県では一般的に6月上、中旬になる。植栽面積は10haと大きくないので、4日間ないし1週間以内に植えつけ作業を終わらせる。

6) 苗木と植栽

基本的にポット苗による植樹造林を原則とする。但し、裸苗ないし直播きの効果がポット苗に劣らない場合はそれに準ずる。現地における従来の造林では植栽当年の年始から育成した当年生苗(ポット苗も同様で、100日苗という)を使用する。この場合、苗木の硬化処理が欠如しているため、山だしの際状況に応じてトリミングなどの対策を検討する必要がある。

植栽に際して、乾期の表土乾燥による枯死の危険を緩和することと雨水を蓄えるため、植え穴を窪状にする。苗木も深植えとする。植え穴のサイズはそれぞれ苗木の根の大きさに合わせて掘る。特に裸苗の主根を曲げたり、傷付けたりしないように植え穴を作り、丁寧に土を戻し、しっかり踏み固める。直播の場合、播き付け前にタネを流水に1日漬けておく。

7) 保育と保護

植栽当年から少なくとも2年間は年1回の下草刈りを行う。但し、気候的な原因などによって雑草が異様に繁茂した場合、年2回の下草刈りを行うこともあり得る。

植栽当年の植え付け前と翌年の雨季が始まる直前に施肥を行う。肥料は化学肥料を混合した堆肥(有機複合肥料)を使用する。植栽木1本当たりの施肥量は150gとする。

年間の乾季が長い本件調査対象地域は山火事による森林被害が著しい。外部から発生した火事が試験地内へ蔓延を防ぐため、試験地境界線上に外部との隔離を図る防火帯(fire-trace)を設置する。試験地の周辺に大木が無いことで、防火帯の幅は10mとする。

8) 補植

試験につき、試験期間中は補植を行わない。試験終了後、植栽当年の活着率が85%以下の場合、また、全体の活着率は85%以上であるが、局部的団塊状に枯れた場合、補植を初年度の植栽方法と同様に行うことを進める。この場合、補植した部分と当初の部分は区別できるようにする。

9) 管理

試験期間中、各試験地に常時1名の試験地監視・管理人を置き、家畜の侵入や関係者以外の立ち入りを防ぎ、樹木の生育に異変等が発生した場合、速やかに調査団試験造林担当者に報告する。

3. 種苗生産・調達

米易県内の現有苗畑で、今回使用する造林樹種台湾相思、新銀合歡のポット苗木とキワタ、ナンヨウアブラギリの裸苗が調達できることが確認されたので、同苗畑で育成した苗木を使用することにした。ユーカリ苗とサイザル苗は攀枝花市林業局の苗畑から調達した。

ハウチワノキは直播とするが、種子は米易県林業局が植栽前年に採集したものを使用することにした。

4. 試験地造成及びモニタリング

試験地造成に係る立地条件調査、造林諸作業、管理等は現地再委託方式で行う。

本件調査期間中、3回モニタリングを行う。

第1回目は、植栽1ヶ月後とする(2001年8月)。

第2回目は、植栽同年の10月とする(2001年11月)。

第3回目は、植栽翌年の4月とする(2002年4月)。

本件調査終了後も中国側より2005年まで毎年1回のモニタリングを行うことを薦める。なお、試験地造成状況及びモニタリング結果は別節にて記述する。

8-4 再委託先と試験造林業務実施状況

1. 再委託先

本試験に再委託先は攀枝花市米易県安寧造林部という。本事業体は民間の造林団体である。エンジニア(技師)3名、エンジニア補佐2名、技術員(技手)3と15名の専属作業員を有し、また、2ha自社専用苗畑を持ち、年間360万本の治山造林用ポット苗の生産が可能であり、造林の実力が高い。主な業務内容は、各種の造林緑化工事の実施、多種の苗木の育成販売、造林技術コンサルタント、果樹園の設計と施工等である。当造林部のこれまでの造林実績のうち、今回の再委託業務と関連がある業績として、米易県坪山郷高竜村の80ha高水準の禿山造林、米易県寧華郷廟子溝の27haの禿山造林(高温乾燥地)、米易県工農ダムの13ha岸防護林(高温乾燥地)、米易県勝利郷灘脚村の13ha防護林を挙げられる。これらの造林工事はいずれも成功し、高い評価を得ている。なお、これまでの他の契約工事では、一度もトラブルを起こしたことはない。

本件調査において、米易県安寧造林部は第1年次、第2年次及び第3年次の再委託契約業務を円満に完了させた。

2. 第1年次の業務実施状況

1) 試験地の選定

本調査の第1年次の実施期間は平成12年10月～平成13年9月であった。第1年次現地調査第1フェーズ(平成12年10月～平成13年1月)において、まず試験実施予定地である米易県の自然状況、社会経済状況、過去における造林実績等の基礎調査を行い、試験造林の目的・指針を最大限満たせる2箇所の試験地を選定し、立地条件調査を行った。

(1) 造林試験地1

県庁所在地より10キロ余りの攀蓮鎮典苴村2社(「社」は地元の行政区画分類単位で、

自発的に集まった十数戸の農家からなるブロック)にある劉家坡と言う山地に位置する。このあたりは里山で、これまでの正式な位置付けは「集団(村)所有荒山」であった。この山は1983年に林業用地に指定されたが、今年8月までその一部は村民の(休閒)農耕地として利用されていた。当山において、かつて1978年から1981年にかけて、青岡(ブナ科)とデン(雲南)松の造林を行ったが、日当たり斜面は失敗に終わり、禿山となっている。しかし、同じ山の反対斜面(北東斜面)は成功している。そこで、造林難度が高い西南斜面の5.7haを今回の造林試験地1に決めた。従って、この土地は従来の「集団(村)所有荒山」から県林業局の管轄所有地に変更した。

この試験地1は回漠溝小流域に属し、標高は1150mから1250mにあり、傾斜度が28度前後、土壌は山地乾燥赤土でpHは7~7.1となっている。土壌の粒径構成をみると、0.01mm以下の粒子(粘土性質)が平均約50%であり、土壌層の厚さは60~150cmで、所々岩盤が露出している。アンマロク、ネムノキ、野ザクロ等の木本植物は僅か点在するが、草本類は茂っていた。

(2) 造林試験地2

散蓮郷魔梭村の叫花岩と言う山にあり、ここの土地も村集団所有地であったが、過去2度直播きによる造林がなされていたが、いずれも失敗。今年も一部のところに崑山松の種が播かれ、僅かだが所々発芽したものもみられた。禿げ山は3年間放置されたままの場合、国の土地緑化関連規定により、県政府が回収することになっている。この土地も回収する予定。当山のこれまで利用形態はおおむね放牧であった。

ここで、4.3haの西南向き斜面を造林試験地2に決定した。傾斜度が27~30度前後。安寧河と魔梭溝という支流の合流点に位置する。山の下部は山地乾燥赤土だが、色がやや薄く、試験地1に比べ、砂質土が多く、有機質含有量がやや少ない。しかし、山の上部では砂質土の成分がさらに多くなり、溶脱が進んで、黄色砂質土となっていた。土壌層の厚さは40~100cmで、比較的薄い。試験地2において、幅20~50cm、深さ50cmのガリが多く、浸食の激しさを物語っていた。植生は草本が主で、希にハウチワノキがみられた。

総じて、試験地1の立地条件は試験地2に比べ若干優れていた。

2) 試験地造成

試験造林の構想について、現地林業局との意見交換を行い、調査団が起案した試験造林計画案に対する賛同を得た。また、本件調査の始めに、米易県林業局に試験造林に使用する苗木の育苗を依頼した。

第1年次現地調査第2フェーズ(平成13年2月~同年9月)において、試験造林地造成の現地再委託契約を米易県安寧造林部と締結した。期間中、まず立地条件調査と整地を行い、その後6月15日まで、整地、植え穴掘り、施肥、埋め戻し等の準備作業を仕様書とおり完了させ、6月21日より植栽を開始した。シンギンネム、タイワンアカシア、キワタノキ、ナンヨウアブラギリ、ハウチワノキとサイザルの6種の植付けは6月28日に完了し、植え落としの補植及び実験的に取り入れた2種のユーカリは7月5日までに植え終えた。

試験地造成の諸作業において、厳格に仕様書の設計どおり正確かつ丁寧に行い、人為的な原因による造林成績への影響を最小限に抑えられるよう努めた。

特に付け加えたいことは、山だしに際しての苗木の処置である。植栽当年は平年より雨季が約1ヶ月早まり、降雨量も平年を大きく上回った。このような天候によって、まず育苗に大きな支障をもたらした。特に当年の春先にポットに播き付けたシンギンネムとタイワンアカシアは、5月の連日の雨で苗木の硬化（木質化）が遅れており、シンギンネムの徒長は80cm前後に達していた。タイワンアカシアはシンギンネム以上に木質化が遅れ、苗高も30cm以下であった。植栽前年（2000年）に育成したキワタとナンヨウアブラギリは、2001年に地上部をカットして床換えしたため、新たに生長したシュートも同様に硬化が遅れた。このような現状を踏まえ、徒長が著しいシンギンネムの苗木は地上部の上部半分をカット（トリーミング）して山だした。苗高が高く、葉面積が大きいキワタノキの場合、植栽時に葉を全部落とした。タイワンアカシアとナンヨウアブラギリの苗木は幹がまだ緑色状態にあり、トリーミングによって傷口から枯死の恐れがあるため、特別処置はとれなかった。

その後、前述の多雨天候と施肥により、試験地の雑草が7月上旬から大量に発生し、同月の下旬頃には雑草の背丈が100cm以上に伸びていた。すべての植栽幼樹は雑草に圧迫されていた。特に雑草が繁茂した試験地1では、当年生苗のシンギンネムとタイワンアカシア、直播のハウチワノキの幼樹において、蒸れによる被害が著しかった。従って8月上旬に急きょ臨時下草刈りを行なった。

8月の中旬に植栽後の第1回目のモニタリングを行った。調査結果は次節にまとめて記述した。

なお、整地作業を始めた時点で、両試験地に各一名ずつ常時監視人を配置した。家畜の侵入や関係者以外の立ち入りを防ぎ、樹木の生育に状況を常に監視した。

3. 第2年次業務実施状況

1) 現地再委託業務の概要

前年度に続き、試験造林に係る諸作業は米易県安寧造林部に現地再委託した。契約期間は平成13年12月14日から平成14年2月10日までであり、再委託の内容は造林試験地監視・管理及び防火帯設置であった。

監視・管理は前年度同様、家畜の侵入や関係者以外の立ち入りを防ぎ、樹木の生育に異変等が発生した場合、速やかに調査団試験造林担当者に報告すべく。各試験地に常時1名の試験地監視・管理人を配置した。

米易県の乾熱河谷地帯は里山が多い。乾季に山火事が非常に発生しやすい。現地調査期間中の平成13年の3月から4月の間、殆ど毎日のように山火事があった。これらの山火事は全て人為的な原因によって発生していた。そこで、外部で発生した山火事の試験地内への蔓延を防ぐため、第2年次の追加業務として、防火帯の設置を計画した。作業は以下の

内容であった。

試験地境界線より外側 10 メートル幅の地面の草を刈り取り、試験地外の指定場所まで運び出した。草を刈るとき、刈り取った後の地上部残留草茎の高さを 5 cm 以下に抑えた。また、この防火帯の中に立ち枯れ木及び他の可燃物がある場合、併せて除去した。但し、生立木が生育している場合、地面より 1.5 メートル以内の枝を全部切り落とした。1.5 メートル未満の幼樹においては、頂芽と頂芽よりの 2 本の枝以外、全ての枝葉を切り落とした。

防火帯の造成作業は 1 月 15 日から開始し、同月の 24 日に完了した。試験地 2 においては、雑草を刈り取った防火帯に更に火を入れ、地上部残された可燃物を焼き払った。試験地 1 では防火帯外縁に可燃物が多く、火入れによる山火事を引き起こす危険性があったため、防火帯内の残存可燃物を手拾いで整理した。

2) その他

前年度の再委託業務の内、異常天候による臨時下草刈りを 8 月に行ったため、本来その年度に計画した 9 月の下草刈りを第 2 年次に変更した。この下草刈り作業は 11 月中旬に行った。前回の下草刈り時より、3 ヶ月経った 11 月上旬には雑草がすでに 1.5m 以上の背高に茂っていた。

試験地の監視において、植栽後の 7 月から試験地内の下草の生長が旺盛であったため、特に家畜の侵入に気を配ったが、12 月から 5 月までの乾季の間においては、山火事による被害の防止が最も重要な課題である。従って、監視を一層強化するよう、再委託先に要請し、徹底して監視を行った。

第 2 回目のモニタリング 11 月下旬に行った。

4. 第 3 年次業務実施状況

1) 現地再委託業務の概要

これまでと同様、試験造林の保育・管理は米易県安寧造林部に現地再委託した。契約期間は平成 14 年 4 月 20 日から平成 14 年 7 月 10 日までであり、再委託の内容は以下の内容であった。

- ①雨季が始まる直前に施肥を行う。1 本 (1 植え穴) につき、化学肥料を混合した堆肥 (有機複合肥料) を 150 g 使用する。
- ② 6 月下旬ないし 7 月上旬に下草刈りを行う。刈り取った草を束ねて林内に均等に放置する。
- ③ 生存確認調査、成長量調査を行う。調査対象は前年度に設置したすべての調査ブロック。
- ④ 各試験地に常時 1 名の試験地監視・管理人を置き、家畜の侵入や関係者以外の立ち入りを防ぎ、試験地を管理する。

以上の業務の諸作業と調査は 6 月 30 日まで完了し、試験地の監視は再委託契約終了後も米易県林業局が引き続き行っている。

モニタリングについては次節に記す。

2) その他特記事項

試験造林地は2年目になり、一部成長の早い樹種は200 cm以上の樹高になっていた。しかし、地上部が一度損傷し、根元から再び萌芽した幼樹や種々の原因で成長が遅れている幼樹も少なからず存在していた。試験林がいまの生存率を下げることなく、安定した成長期に入るまで（植栽から5年間）の保育が重要である。特に3年目以後の成長が遅れている一部の造林木に対する下草刈りと、樹木が密集している（植栽木が全部生存している）箇所における樹種間の生育空間バランス調整のための間引きなど手入れが必要であると考えられる。

また、試験地は里山にあることから、成林されるために少なくとも5年間の封山育林が不可欠である。周辺住民の理解と協力を得ることが大切となる。積極的な互助関係を築くため、まず試験地内における計画的な（樹木の生育に差し支えない）牧草の刈取りの利用を提供することを提案したい。

8-5 試験造林モニタリング結果

1. 調査時期

本調査の実施期間は22ヶ月で、試験造林に与えられた正味期間（植栽時から終了時まで）約1年であった。このような短期間でできる限り試験の成果を上げるために、試験造林の調査期間中、活着率調査は植栽約1ヵ月後（第1回目調査）、活着率及び成長量調査は植栽当年の生長期間がほぼ終了時（11月末、第2回目調査）及び植栽翌年の4月中旬（乾季の末期、第3回目調査）に計画した。

2. 調査ブロック設定

試験地立地条件調査の結果、試験地2に比べ、試験地1は過去に農地として利用したことがあり、土壌層が比較的やや深く、有効態養分量が若干多く、土壌の物理性もやや優れていたが、両試験地の立地条件がおおむね類似していた。このような現状を踏まえ、ここでは両試験地で同様に土壌条件の違いによる以下のような立地区分を行った。

A区：土壌層が80cm以上、砂質土の割合が40%以下で、立地条件は比較的良い。

B区：土壌層が40cm～80cm、少量のレキを含有し砂質土の割合が50%前後で、立地条件は比較的中庸。

C区：土壌層が60cm以下、レキを多く含有し砂質土の割合が60%以上で、立地条件は比較的悪い。

従って、試験結果調査において、立地条件の違いによる植栽木の生育状況も含めて把握するため、両試験地のA区にブロックA-1（活着率と成長量調査のためのナンバリング調査区——平均傾斜度15°以下）とブロックA-2（活着率のみ調査区——平均傾斜度

16°以上)を設置し、B区とC区にそれぞれブロックBとブロックC(いずれも活着率のみの調査区)を設置した。

3. 調査方法

活着率は植栽時の植付け本数(注)に対する調査時の生存本数のパーセンテージである。生存判断において、植栽時の苗木の地上部が何らかの原因で枯れたり、折れたりしても調査時に萌芽ないし新たなシュートが認められた場合、生存と判定した。また、一つの植え穴に2本以上生存しても一本として計上した。

(注):ここで言う本数がギンネム、タイワンアカシアとハウチワノキにおいて、正確的には株数である。

現地ポット育苗ではギンネムとタイワンアカシアは一つのポットに数個の種を播き付け、そのうち1本以上苗木が形成された場合、一つのポットを1本の苗木として山出しする。ハウチワノキは植え穴に直播したが、一つの植え穴に3~8粒を撒き、1個以上発芽した植え穴はすべて1本とみる。今回の調査ではこのような現地の在来方式を用いて調査した。

成長量の調査において、ギンネム、ナンヨウアブラギリ及びキワタは地上部の伸長成長量(苗高)と地際肥大成長(地際径)を測定した。タイワンアカシアとハウチワノキは調査時の肥大成長が顕著ではなく、特に直播のハウチワノキはまた木質化が進まなかったため、伸長成長のみ測定した。草本に分類されるサイザルはまた幹を形成していなかったため、今回の調査では成長量の調査を見合わせた。

4. 調査結果及び解析

植栽後の第1回目のモニタリングは活着率のみ調査した。第2回目と第3回目のモニタリングにおいては活着率と成長量を調査した。活着率の調査結果は表8-5-1と表8-5-2にまとめた。成長量の調査結果は表8-5-3に記した。ユーカリは実験的に68本だけ植えたため、モニタリング調査対象外とした。

1) 植栽年度の異常天候の影響

植栽年に当たる2001年の天候は、とりわけ降雨が例年になく異常状況にあった。3、4月の降雨量は0.8mmと殆どなく、5月に入ってからいきなり平年の約2倍の128mm降雨があり、降雨日数は19日に達した。例年の場合、雨季は6月から始まる。その後、9月から11までも平年を大きく上回る降雨量を記録した(表8-5-4)。このような天候によって、まず育苗に大きな支障をもたらした。特に植栽当年の春先にポットに播き付けたシンギンネムとタイワンアカシアは、5月の連日の雨で苗木の硬化(木質化)が全く進まず、シンギンネムはシュート高80cm以上まで徒長するものも多くあった。植栽前年(2000年)に育成したキワタとナンヨウアブラギリは、その2001年に地上部をカットして床換えしたため、新たに生長したシュートも同様に硬化が遅れた。この現状は植栽後の活着と成長を低下させた大きな原因であった。

雨季の早まりと年間雨量の大幅増加と整地後の施肥によって、比較的立地条件のよい

表8-5-1 試験地1の活着状況調査結果(2001年6月23日~25日に植栽)

立地条件異なる 調査ブロック	樹種	調査本数 (株)	第1回目調査 活着本数 (8月15日)	第1回目 活着率(%)	第2回調査 活着本数 (株) (11月23日)	第2回目 活着率(%)	第3回調査 活着本数 (株) (4月24日)	第3回目 活着率(%)
A-1	シンギンネム	120	82	68.3	77	64.2	76	63.3
	タイワンアカシア	60	53	88.3	52	86.7	52	86.7
	ナツメ	104	79	76.0	69	66.3	66	63.5
	ハウチワノキ	52	25	48.1	23	44.2	23	44.2
	小計	336	239	71.1	221	65.8	217	64.6
A-2	シンギンネム	49	24	49.0	22	44.9	20	40.8
	タイワンアカシア	71	57	80.3	32	45.1	33	46.5
	ナツメ	73	65	89.0	34	46.6	37	50.7
	ハウチワノキ	51	4	7.8	4	7.8	8	15.7
	小計	244	150	61.5	92	37.7	98	40.2
B	シンギンネム	153	95	62.1	76	49.7	81	52.9
	タイワンアカシア	122	68	55.7	42	34.4	48	39.3
	ナツメ	179	124	69.3	90	50.3	80	44.7
	ハウチワノキ	56	28	50.0	27	48.2	25	44.6
	小計	510	315	61.8	235	46.1	234	45.9
C	シンギンネム	51	26	51.0	19	37.3	24	47.1
	タイワンアカシア	90	56	62.2	30	33.3	22	24.4
	ナツメ	78	67	85.9	37	47.4	31	39.7
	ハウチワノキ	-	-	-	-	-	-	-
	小計	219	149	68.0	86	39.3	77	35.2
その他	ユーカリ類	68	56	82.4	56	82.4	56	82.4
	キワタノキ	72	66	91.7	65	90.3	63	87.5
	サイザル	54	53	98.1	53	98.1	52	96.3
	小計	194	175	90.2	174	89.7	171	88.1
計		1503	1028	68.4	808	53.8	797	53.0

A-1: 立地条件A区(土壌層が80cm以上、砂質土の割合が40%以下で、立地条件もっとも良い)のナンバリング調査ブロック。平均傾斜度15°以下

A-2: 立地条件A区(土壌層が80cm以上、砂質土の割合が40%以下で、立地条件比較的に良い)の活着率調査ブロック。平均傾斜度16°以上

B: 立地条件B区(土壌層が40~80cm、砂質土の割合が50%前後で、立地条件中庸)の活着率調査ブロック

C: 立地条件B区(土壌層が60cm以下、砂質土の割合が60%以上で、立地条件悪い)の活着率調査ブロック

表8-5-2 試験地2の活着状況調査結果(2001年6月23日～25日に植栽)

立地条件異なる調査ブロック	樹種	調査本数(株)	第1回調査 活着本数 (株) (8月15日)	第1回目 活着率(%)	第2回調査 活着本数 (株) (11月25日)	第2回目 活着率(%)	第3回調査 活着本数 (株) (4月24日)	第3回目 活着率(%)
A-1	シンキンネム	75	67	89.3	65	86.7	65	86.7
	タイワンアカシア	65	56	86.2	55	84.6	53	81.5
	ナヨアブラギリ	50	43	86.0	43	86.0	43	86.0
	ハウチワノキ	57	44	77.2	43	75.4	43	75.4
	小計	247	210	85.0	206	83.4	204	82.6
A-2	シンキンネム	104	74	71.2	77	74.0	81	77.9
	タイワンアカシア	101	72	71.3	74	73.3	65	64.4
	ナヨアブラギリ	78	53	67.9	62	79.5	67	85.9
	ハウチワノキ	80	70	87.5	70	87.5	69	86.3
	小計	363	269	74.1	283	78.0	282	77.7
B	シンキンネム	87	63	72.4	64	73.6	41	47.1
	タイワンアカシア	67	54	80.6	52	77.6	47	70.1
	ナヨアブラギリ	139	129	92.8	122	87.8	118	84.9
	ハウチワノキ	45	39	86.7	37	82.2	42	93.3
	小計	338	285	84.3	275	81.4	248	73.4
C	シンキンネム	71	42	59.2	32	45.1	28	39.4
	タイワンアカシア	80	44	55.0	59	73.8	34	42.5
	ナヨアブラギリ	78	70	89.7	73	93.6	56	71.8
	ハウチワノキ	40	15	37.5	29	72.5	26	65.0
	小計	269	171	63.6	193	71.7	144	53.5
その他	キワタノキ	40	28	70.0	27	67.5	27	67.5
	サイザル	50	49	98.0	49	98.0	48	96.0
	小計	90	77	85.6	76	84.4	75	83.3
計	1307	1012	77.4	1033	79.0	953	72.9	

A-1：立地条件A区(土壌層が80cm以上、砂質土の割合が40%以下で、立地条件もっとも良い)のナンバリング調査ブロック。平均傾斜度15°以下

A-2：立地条件A区(土壌層が80cm以上、砂質土の割合が40%以下で、立地条件比較的が良い)の活着率調査ブロック。平均傾斜度16°以上

B：立地条件B区(土壌層が40～80cm、砂質土の割合が50%前後で、立地条件中庸)の活着率調査ブロック

C：立地条件B区(土壌層が60cm以下、砂質土の割合が60%以上で、立地条件悪い)の活着率調査ブロック

表8-5-3 試験造林主要樹種の成長量調査結果

樹種	苗木サイズ (平均値・cm) 01年6月25日に植栽		01年11月25日調査時の成長量 (平均値・cm)						02年4月25日調査時の成長量 (平均値・cm)					
			試験地1		試験地2		トータル平均		試験地1		試験地2		トータル平均	
	苗木高	地際径	苗木高 (最大高)	地際径 (最大径)	苗木高 (最大高)	地際径 (最大径)	苗木高	地際径	苗木高 (最大高)	地際径 (最大径)	苗木高 (最大高)	地際径 (最大径)	苗木高	地際径
シンギンネム	27.5	0.5	87.4 (215.0)	1.1 (2.4)	123.4 (250.0)	1.2 (2.5)	103.9	1.2	97.5 (282.0)	1.7 (3.4)	132.8 (270.0)	1.7 (3.2)	113.8	1.7
台湾アカシア	28.3	—	42.8 (103.0)	—	42.8 (120.0)	—	42.8	—	66.0 (149.0)	—	54.8 (130.0)	—	60.4	—
ナンヨウアブラギリ	12.6	1.6	34.2 (80.0)	2.8 (4.8)	45.7 (104.0)	3.1 (5.2)	38.7	2.9	36.1 (82.0)	3.1 (5.4)	47.4 (113.0)	3.4 (5.7)	40.48	3.3
ハウチワノキ	直播	—	23.2 (55.5)	—	40.4 (82.5)	—	34.4	—	33.6 (72.0)	—	48.6 (100.0)	—	43.3	—
キワタ	38.1	1.2	72.3 (152.0)	2.4 (4.3)	75.8 (140.0)	2.5 (4.8)	73.9	2.4	87.9 (170.0)	2.5 (4.3)	84.9 (156.0)	2.5 (5.2)	86.5	2.5

注1: 11月の調査時台湾アカシアとハウチワノキは樹幹の木質化がまだ完全でなく、個体間の差異の少ないため、今回調査において地際径の測定を省略した。

注2: 4月の調査時台湾アカシアとハウチワノキの地際肥大成長は平均1cm以下であったため、地際の毎木測定を省略した。

表8-5-4 四川省攀枝花市米易県気象観測ステーションにおける2001年の年間主要気象指標統計資料

月	降雨				日照時間		気温			地温			蒸発量	
	月間降雨	平均降雨	降雨日数	平均日数	月合計	平均	月間平均	平均	最高温度	月間平均	最高温	最低温	月合計	平均
1	0.0	4.9	0.0	2.0	236.6	225.9	12.4	11.6	25.7	15.0	43.5	-2.0	138.8	138.7
2	12.1	4.8	4.0	2.5	217.0	224.5	15.2	15.1	27.6	18.2	52.9	1.2	160.6	203.1
3	0.8	9.1	3.0	3.0	269.0	264.3	19.8	19.6	33.5	23.6	61.0	3.6	275.4	330.1
4	0.0	17.0	0.0	4.9	291.5	249.0	24.5	22.9	35.8	29.8	71.9	8.3	385.4	359.3
5	128.0	66.5	19.0	11.7	157.8	241.8	21.8	25.1	34.9	25.5	69.6	10.9	181.3	332.7
6	296.4	221.9	18.0	18.8	167.2	166.6	23.7	25.1	35.6	25.9	44.8	14.6	157.7	205.1
7	218.0	250.5	15.0	19.7	213.8	158.6	25.3	24.9	34.2	28.9	60.8	18.8	185.1	172.9
8	164.5	205.7	20.0	19.0	136.5	178.4	23.7	24.3	34.6	27.2	64.1	18.4	146.8	170.6
9	338.9	204.4	20.0	17.5	93.8	133.4	22.5	22.0	32.5	24.6	42.3	18.4	97.1	137.0
10	125.9	94.7	14.0	13.4	154.9	167.9	20.2	19.4	32.2	22.7	56.3	12.8	108.2	123.8
11	352.0	24.2	8.0	6.1	146.6	187.2	15.1	15.2	26.5	17.8	44.9	4.5	79.2	111.3
12	0.0	7.2	0.0	2.5	208.1	198.0	11.6	11.5	24.2	14.8	41.8	-2.2	88.0	92.8
合計	1636.6	1110.9	121.0	121.1	2292.8	2395.6							2003.6	2377.4
平均							19.7	19.7		22.8				

- 注： 1. 月間降雨日数の平均は1956年～1981年の平均値
 2. 月間蒸発量の平均は1956年～1990年の平均値
 3. その他の平均は1965年～2000年の平均値

試験地 1 の雑草が異様に繁茂したことで、元々苗木が脆弱であるシンギンネムとタイワンアカシアの活着と成長を大きく妨げた。幼樹の枯死の直接原因は雑草の圧迫による蒸れであると考えられた。また、雑草の繁茂が直播のハウチワノキの発芽にとって、最大の支障となった。この原因で、キワタ以外樹種では総合的な立地条件が比較的優位にあった試験地 1 の活着率は反って試験地 2 を大きく下回っていた (図 8-5-1)。

なお、多雨により日照不足が成長にも多少の影響があったとみられる。

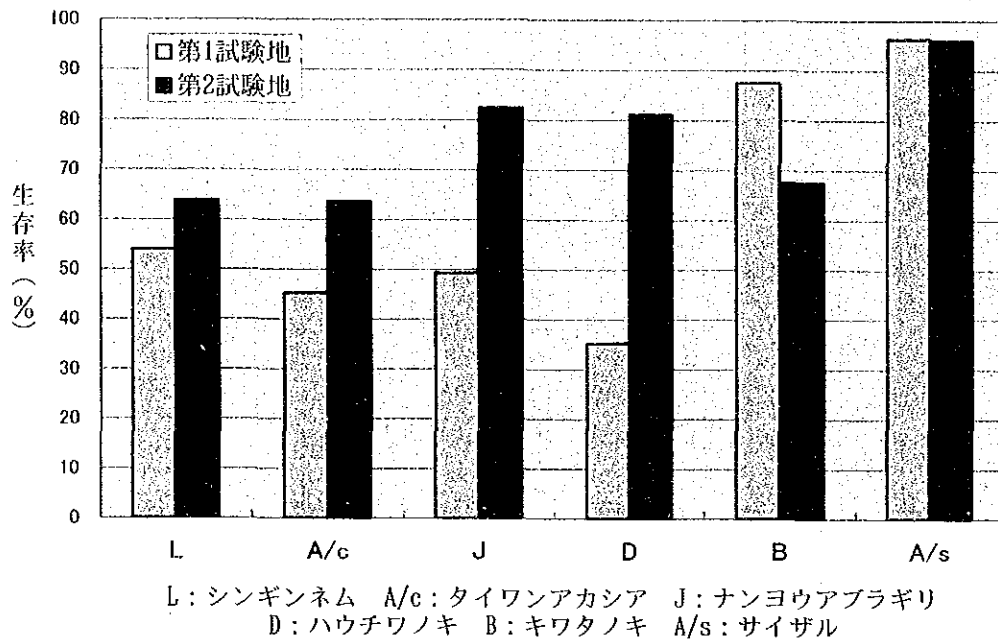


図8-5-1 試験地別の造林各樹種の生存率

2) 整地と施肥効果

乾熱河谷地帯の造林において整地は極めて重要な意味を持つ。乾季の間土壌が地下 40 cm 前後まで乾燥し、硬く盤結することによって保水力や通気性を大きく低下される。従って、植栽する前に中耕 (土ほども) をしない限り、植え付け作業が困難になるだけでなく、植栽後の活着にも大きな支障となる。整地の重要性は地元の関係者も充分認識しているが、その方法については従来から全面的な帯状 (テラス状段きり工) 整地が推奨されていた。単純に植栽難易度や植栽木の生育を見る場合、造林地をすべて帯状整地した方が無論効果的である。しかし、今回のような植栽密度の場合、すべて帯状整地とすると、山の斜面上に 2 m 間隔で 80 cm のテラスを作ることになる。その結果、作業コストが大きく嵩むだけでなく、表土を大量に切り盛りすることで、新たな土壌流出の元を生み出す。

このような現状を踏まえて、今回の試験では帯状整地は 10m 間隔で行い、その以外は植

栽点毎に穴状（ポイント）整地とした。2002年4月25日現在の調査結果、带状整地と穴状整地による植栽木の活着率に差異が認められなかった。一部の带状整地箇所において、シンギンネムとナンヨウアブラギリの成長量が若干優勢を示していたが、整地方式による差異であるか否かは現段階において確認できなかった。また、造林木の根の成長を調べた結果、植栽から約1年経過した時点で生存した樹種の大部分の根系が地下50cm以上に達していた。整地の効果が充分見られた。

近年他の研究者らの研究で、穴状整地でも、60cm×60cm×50cm以上である場合、整地効果は带状整地と同様であった結果が発表されている（長江中上流防護林建設論文集——P269）。結論として、安寧河流域の乾熱河谷地帯において、60cm×60cm×40cmの穴状整地は効果的かつ効率的であると考えられる。

森林地帯の一般的な造林では、成林において施肥は大きな意義を持たず、不要である。しかし、土壤条件が著しく劣っている場合（砂漠化土地、侵食が激しい荒廃地など）、養分不足が幼樹の生育障害となり、造林は失敗に終るケースが多い。試験地も長年の荒廃状況の下、表土の侵食が激しく、土壤の理化性がかなり悪化していた。現地での従来の同類立地における造林がしばしば失敗した一因がここにあると思料される。そこで、今回の試験では植栽時の施肥と植栽後2年目の追肥を計画した。使用した肥料は化学肥料を混合した堆肥で、1ha当たり造林本数4995本の場合の費用約1.3万円で、一般造林の場合、今回の試験で肥料の使用量を半減しても効果が充分あると考えられた。

地元の従来造林と比較可能なシンギンネム、タイワンアカシア、ハウチワノキを見た場合、造林樹種の1年目の生存及び成長成績は従来比べいずれも大きく上回っていた（次節の詳細分析参照）。これは単に施肥の効果であるとは言えないが、複合的な要因の中で、成長量の促進においてその好影響が大きいであると考えられる。しかし、特殊な事情ではあるが、今回の試験期間中、造林当年の2001年は例年になく多雨天候であったことで、施肥のマイナス影響も出た。即ち、同じく多雨に起因する苗木の脆弱に加え、造林地に雑草が異常に繁茂し、草蒸れによる幼樹の枯れが活着率低下の大きな原因となった。但し、それにしても施肥のプラス効果がマイナス影響を上回っていた。乾熱河谷地帯において、施肥は有効な措置であり、経済的にも実用可能である。

3) 立地条件と生育状況

試験地1と試験地2はともに乾熱河谷の荒廃裸地であったが、土壤調査の結果、理化性において大きな違いはなかった。試験地1は過去に農地として利用したことがあり、土壤層が比較的深く、有効態養分量が若干多かった。即ち、地力的に試験地1が試験地2を若干上回っていた。しかし、両試験地の最も大きな違いは、試験地2では砂質土（砂土）が所々点在していた。その結果、試験地2の方が水分浸透性と通気性が試験地1に比べ優れていた。

まず、同一試験地内でも土壤層厚薄、レキや砂質土の多少によって局部的に立地条件が幾分違っていた。しかし、現段階の造林木の生育状況をみると、同一試験地内の異なる立

地条件による違いは顕著ではなかった。但し、試験地1のA区A-2ブロックの平均活着率が最も低かったことについて調べた結果、整地の際、小規模な地滑りのような現象があり、表土が流されていた。そのため、斜面にレキが多く露出していた。このことが主な原因であると推測された。

2つの試験地を対照した場合、試験地2の成績が明らかに優れていた(図8-5-1参照)。その原因として、うえに述べた異常天候の影響が大きい。まず、地力が良い試験地1が試験地2に比べ、雑草が繁茂したことで、あえて活着率が低下した。また、平年の約1.5倍の降雨によって、粘土質の多い試験地1において水はきが悪くなり、特にポット苗の根腐れが多くみられたことで、活着率がさらに低下したと考えられる。対照的に、試験地2は砂質土である故、施肥の効果も加え、植栽当年の多雨の天候において、反って造林成績が向上した。これまでの他の研究で、ギンネム、タイワンアカシア、ナンヨウアブラギリは通気性のよい砂質土を好む傾向があることと指摘されていたが、今回の試験結果もこの傾向を示唆した。

4) 樹種別の活着率・成長量と評価

試験造林に使用した樹種は、混合複層林造成を目標としたことから、高木のシンギンネム、タイワンアカシア、キワタノキと低木のナンヨウアブラギリ、ハウチワノキ及び草本類のサイザルであった。2002年4月24日現在、試験地別の各樹種活着率の変化は図8-5-2に示した。3回調査の内、第2回目調査時の活着率が第1回目を、第3回目調査時の活着率が第2回目を上回る現象が一部の樹種で見られた。その原因として、調査直前に下草刈りを行った際に誤って切られた植栽木が後で再び萌芽したことが上げられる。

(1) シンギンネムとタイワンアカシア

シンギンネムとタイワンアカシアは約20年前から、本件調査対象地域の涼山州南部や攀枝花市に導入された。両樹種は特に米易県の標高1,500m以下の温暖地に造林したものが比較的良い成績を示した。米易県過去の造林において、ギンネムは裸苗ないし直播造林、タイワンアカシアはポット苗造林が主流であった。しかし、いずれも、植栽当年の活着率が40%以下、数年後の残存率は20%以下のものが殆どであった。現在、米易県内では唯一タイワンアカシア造林地が数年の補植をもって成林した1例が確認された。

今回の試験では植栽翌年4月まで、シンギンネムの両試験地平均活着率は58.9%で、約10ヶ月間の樹高成長量は113.8cmに達していた。タイワンアカシアの場合、その活着率は54.4%で、樹高成長量は60.4cmであった。植栽当年の降雨異常による育苗障害や雑草被害、雨季の土壤水分過剰による根成長への影響があったにも関わらず、いずれ従来に比べ高い成績が得られた。今後、両樹種の生存率を左右するのは、2年目の雨季における雑草との競争と乾季における土壤乾燥による枯死であると考えられる。雑草被害は第2年目も下草刈りを計画しているから、大きな問題にはならない。乾季の土壤乾状況を見ると、試験対象地域の乾季の土壤乾燥層(含水率3%以下)が最大地下40cmまで達する。従って、乾季到

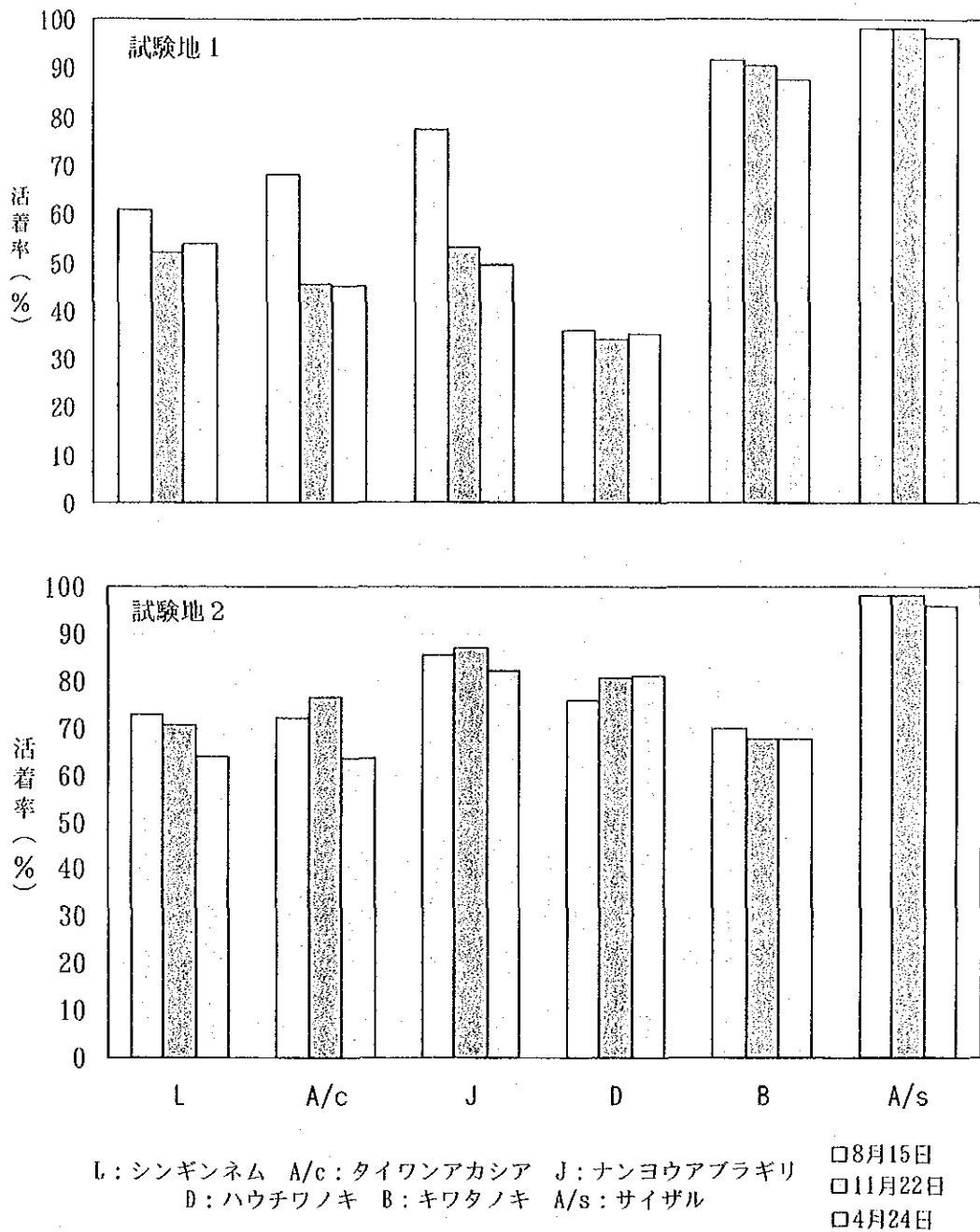


図 8-5-2 試験地 1 と試験地 2 における各樹種の活着率の変化

来まで植栽木が地下 60 cm まで根を張らせれば、土壤乾燥による枯死は避けられると考えられる。2002 年 4 月末の調査時点で、生存した幼樹の根系成長を調べた結果、両樹種とも樹高 30 cm 以上に達した場合、その根系の地下へ垂直成長が 40 cm 以上であった。また、この

時点で樹高 30 cm以下の幼樹の割合は、シンギンネムが 6.4%、タイワンアカシアが 16.1%であった。植栽後の第 1 年目の乾季を乗り越えた時点で、植栽 2 年目の成長期間が平年的な天候であれば、2 年目の乾季が始まるまでに殆ど造林木の根系成長は 60 cm以上に達すると推測できる。よって、異常天候や他の不測災害がない限り、今後生存率がさらに低下するとは考えられない。

また、今回シンギンネムとタイワンアカシアはポット苗を使用した。ポット用土の粘土成分が多すぎたことで、一部の苗木は植栽してから 10 ヶ月経った時点で、ポットの土がそのまま根部について固まっていた。根系の成長を妨げ、枯死の一因となった（図 8-5-3）。今後ポット用土の改良が一つの課題である。

結論として、シンギンネムとタイワンアカシアは、米易県及び徳昌県南部の標高の低い山地造林樹種、とりわけ保全林造成の主力樹種として推薦できる。



図 8-5-3 枯死したタイワンアカシア（ポット内の土がそのまま盤結していた）

（2）ナンヨウアブラギリとハウチワノキ

低木のナンヨウアブラギリとハウチワノキはともに地元の在来樹種である。特にハウチワノキは伐採跡地や荒廃裸地の先駆樹種であり、林縁地や道路沿いなどに随時見られる。ナンヨウアブラギリは比較的、水分条件のよい谷間、河沿い丘によく自生するが、本調査対象地域において生育が制限される要因は水分条件よりも冬季の低温である。これまで、現地ではハウチワノキの播種造林を行った経験はあるが、ナンヨウアブラギリの本格造林の例はない。今回の試験で両樹種を導入した理由は、適地適木観点からのみならず、林分

構成主要高木は外来種であることで、在来樹種の混生により病虫害軽減等の林分安定を図ることにもあった。

2年生裸苗を植えたナンヨウアブラギリは、試験地1において異常に繁茂した雑草に覆われ、蒸れによる枯死したものが多く、調査期間中の最終活着率は49.3%、樹高成長が36.1cmに止まった。枯死の直接原因に根腐れが多くみられた。根腐れの要因は植栽当年の土壤水分過剰にあると考えられる。しかし、試験地2では82.3%の活着率を示し、樹高平均成長も植栽時12.6cmから10ヶ月後の47.4cmまで達した。ナンヨウアブラギリは深根性低木で、通気性の良い立地（砂質土）を好む傾向がある。植栽から約1年間の成長過程を見ると、幹の伸長成長（樹高）よりも肥大成長（地際径）が優先している。また、根元よりの枝分れが多い。乾季に落葉するが、地上部が被害を受けても残幹ないし根元から萌芽する特徴を備えている。とりわけ、根系が発達していた（図8-5-4）。



図8-5-4 ナンヨウアブラギリの根（植栽から10ヶ月経過時）

本来は乾熱河谷に最も適しているハウチワノキだが、他の樹種の植栽に合わせるため雨季が始まった約1ヶ月後に直播したことで、特に雑草が大量に発生した試験地1では、最終的に発芽し生存したものは35.4%に過ぎなかった。しかし、雑草の被害が比較的軽度であった試験地2では、第1回目の下草刈り後に発芽ないし萌芽したものもあって、81.1%の生存率を保っていた。樹高成長量においても、試験地1の33.6cmに対し、試験地2では48.6cmと明らかな違いを見せた。いったん活着したハウチワノキはその後の生存及び生育において殆ど問題はない。

結果として、ナンヨウアブラギリは水はきの悪い場所を避け、植え付け時に根が傷付かないように注意し、植栽後2年間下草刈りを行えば、造林の成功率は非常に高い。ハウチワノキも播き付け時期と発芽後の除草管理を適時に行えば、成功は確実である。いずれ、乾熱河谷地帯における保全林造成の林分構成樹種として有望であり、積極的に取り入れることを薦める。

(3) キワタノキとユーカリ

キワタノキは地元の在来樹種であるが、水分条件の良い肥沃な土地を好み、一般的に河川岸や日当たりのよい谷間に散在している。しかし、やや瘠せた乾燥地でも耐えられる特性も持ち、林分構成樹種として、林分の早期安定に積極的な役割を果たせる。今回試験において、谷間と地形的に集水可能な場所に約1,250本2年生裸苗を植えた。植え付け時の苗木の苗高が約40cmであったことと植栽直後の成長が早かったことで、雑草の被害は他の樹種に比べ軽微であった。従って、立地条件が比較的よい試験地1の活着率は87.5%で、試験地2の活着率は約67.5%であった。また、植栽後約10ヶ月間の成長をみると、伸長成長(樹高)は38.1から86.5cm、肥大成長(地際径)は1.2cmから2.5cmに成長した。これまで、地元の保全林造成事業において、キワタを導入した例がなく、比較できる資料はなかったが、同地域内の他の類似する立地に成木が点在していることが確認された。今回試験の結果においてみると、植栽箇所を慎重に選定すれば、米易県乾熱河谷地帯の保全林造成の林分一構成樹種として期待できる。

ユーカリは68本だけ実験的に植えたため、モニタリング調査対象外とした。目測では植栽1年で90%以上の生存率を示し、平均樹高は2m以上に達していた。現地における聞きこみ調査では、乾熱河谷地帯に造林した場合、第2年目以降から枯れるケースが多かったと言う。その原因は定かではないが、水分要求が高い早成樹であるため、高密度の一斉林を造成した場合、乾季を乗り越えられないと思料される。現段階で結論を出すのは尚早であるが、乾熱河谷地帯においても、他の樹種との混合林の1樹種として利用すること不可のではないと考えられる。

(4) サイザル

サイザルは乾燥地や瘠せた土地でもよく生育する多年生の大型常緑草本植物であり、今回試験では主に境界線上に生垣として約5,000本の裸苗を植栽した。また、特にと所々岩石が露出し、土壌層が浅い箇所にも植栽した。いずれも96%以上の活着率を保っていた。試験地周辺で従来のサイザル造成地を調査した結果、サイザルは植えてから3年後に成長が早くなり、立地条件がよければ5年後には1m前後まで成長する。1m前後まで成長したサイザル群生区は水土保持効果を最大限発揮する。しかし、施肥を施せば、3年間でも50~60cmまで成長でき、保全効果を大きく発揮できる。

サイザルは乾燥に非常に強いが、家畜など動物被害も殆ど受けない。そのうえ、強度の高い繊維の生産ができることから、特に乾熱河谷地帯の里山に植えると効果的である。

5) 植付け時の苗木の臨時処理

一般的苗木のサイズの揃え、根きり、枝落としなどの通常処理は必要に応じて苗畑で事前に行う。しかし、今回の試験では異常天候によって、計画した作業スケジュールが大きく狂わされたため、植付け時の苗木の生育状況と天候状況に合わせて、シンギンネムとキワタノキの苗木臨時処理を行った。

シンギンネムの苗木は山だし直前にトリーミング（苗木の地上部の上部半分をカット）処理を行った。ポット苗であるシンギンネムは植栽時に地上部分が80 cm以上まで徒長が進んでいた。直径5 cm、深さ10 cmの円形ポット内の根系に対して、特に地上部分の葉面積が大きくなっていったため、葉面による過剰な蒸散を防ぐ目的でトリーミングを行った。結果として、植栽1ヶ月後の活着率は平均65%以上に達した一要素となった。また、約1年後の生存率も約59%となっている。このトリーミングは活着後の成長には影響がなく、試験樹種の中では年間樹高平均成長量110 cm以上と最も高い値を示した。

キワタノキは2年生の裸苗であったが、植栽当年に形成した新たな幹の部分30 cmは前後まで成長していたが、他の苗木と同様に硬化が進んでいなかった。キワタノキの苗木は葉の枚数は少ないが、個々の葉が大きく、長い葉柄を持っている。幹が硬化していない裸苗をそのまま植えたところ、葉も幹も一時の水分供給が間に合わず、萎んでしまい、幹が地面に触れるまで倒れていた。そこで、応急措置としてキワタノキの苗の全ての葉を落とした。その結果、植栽1ヶ月後の活着率は平均80%以上で、約1年後の生存率も約75%を保っていた。年間樹高成長量は約80 cmと期待以上の成績を見せた。

これらの臨時応變的な処理はいずれも効果的であると考えられるが、対照区を設置していないので、統計的な分析はできなかった。

8-6 総括

乾熱河谷地帯の造林の最大難問は約半年に亘る乾季である。その期間中土壌は地下40 cmのところまで全く湿気がないと言えるほど乾く。よって、植栽木は乾季に入るまで50 cm以上の深さまで根を張らせることが造林成敗のポイントとなる。

そのため、まず40 cm以上の中耕整地は不可欠である。また、幼樹の初期の成長を促進させるため、施肥も有効な手段である。

今回の試験期間中はとりわけ異例の天候により、苗木の育成は不十分であったが、天候の影響をなくしても改善余地は多いにあった。特にポット苗のポットサイズの過小、ポット用土の成分配合と軽量化、トリーミング等処理による硬化促進などの点において改善の必要がある。

それから、植栽から2年間は下草刈りが不可欠である。植栽初年度は年2回の下草刈りが必要である。特に今回のような高密度で造林した場合、少なくとも乾季の始まる1ヶ月までに一度草を刈り取り、雑草による土壌水分の過剰利用を防ぐことが重要である。

本件調査における試験造林は植栽してから約1年で終了した。乾熱河谷地帯における造林方法の実証についてはその目的を達成した。一部の探索的な試験内容や結果において、もっと信頼性の高い結論を導くため、少なくとも植栽後数年の経過が必要である。しかし、それらの課題の方向性、可能性又は改善策は把握できた。総じて、今回の試験造林は四川省や地元の関係者から高い評価を得た。図8-6-1は2001年11月に撮影した試験地2の一部である。



図8-6-1 試験造林地の一部

第9章 造林計画策定ガイドライン

9-1 造林計画策定ガイドライン作成方針の骨子

造林計画策定ガイドライン作成方針の基本的な骨子は、本件調査のフローチャートに類似するものとなる。但し、乾熱河谷における試験造林については、既に実施済みであり、また、西昌市、喜徳県及び昭覚県では四川省造林モデルの造林が行われているので、ガイドラインに組み込む必要はない。土壌調査及び社会経済調査については、検討を要する。土壌図は小縮尺のものが存在するが、本件調査の重点調査区域で見るとおり、土壌の分布は複雑であるので、流域全体の1:50,000程度の縮尺の土壌図を作成することが望まれる。社会経済調査は、郷鎮レベルでの各種統計が利用できるが、本件調査の社会経済調査の結果を準用して一部補完調査を実施することと対応できる。

本件調査では、地形図をはじめ、各種の図面が全て数値化されているが、この数値化により、各種のデータをコンピューター上で重ねて処理することにより、種々の作業が簡単にできるようになっている。また、条件を組み合わせることで、種々の計画を検討することも可能である。このガイドラインは、これら本件調査の方式に従ったものであるので、使用に当たっては現地に最も適した調査方法とすることが必要であるが、安寧河流域において造林計画の策定を行う場合には十分参考になるものである。

9-2 造林計画策定調査の流れ

造林計画策定には、航空写真撮影、地形図作成、土地利用植生調査土壌調査、社会経済調査等の基礎調査、造林計画、治山計画、関係行政機関との協議、事業評価等が必要である。従って、造林計画策定ガイドラインは次の図の通りとなる(図9-2-1)。但し、事業評価は、安寧河流域の造林計画が、環境保全林の造成が主であり、用材生産或いは経済林の造成は小面積であることから、森林の公益的機能の評価が主体となる。

また、一般の造林計画に治山計画が組み込まれることは稀であり、本件調査の場合も、大規模な治山工事は含まれておらず、水土保持のための造林に必要な範囲での簡易な治山工事をモデル化して計画している。

造林計画策定調査のそれぞれの調査事項は、航空写真撮影にはじまり、造林計画の完成までに多くの調査項目がある。

9-3 基礎調査

9-3-1 航空写真撮影及び地形図作成

9-3-1-1 航空写真撮影

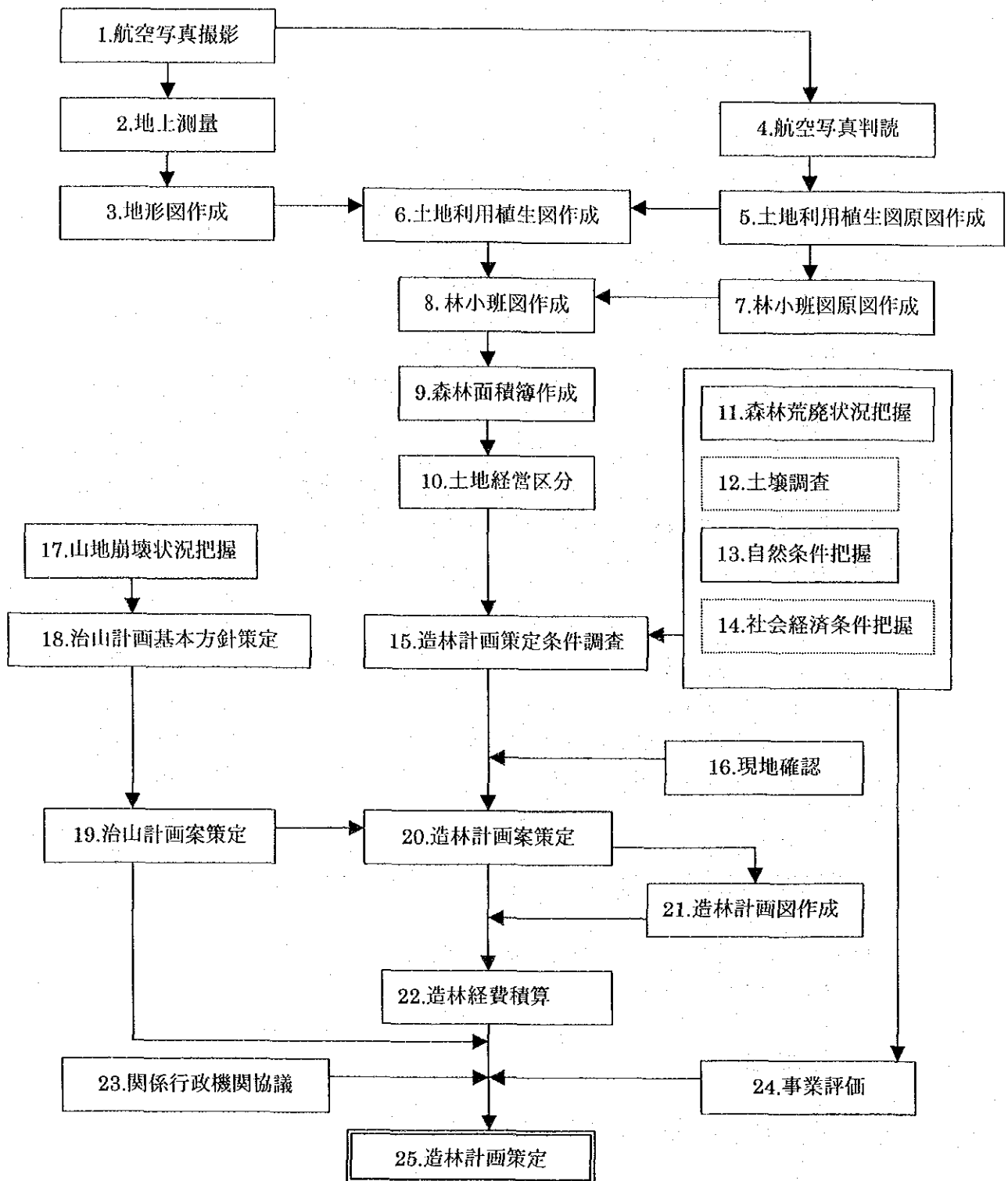


図 9-2-1 造林計画策定ガイドラインフローチャート

1 撮影飛行計画

1) 測量の目的と用途

国の機関が計画している多目的な一般用の地形図の作成を初めとし、または建設等の設計ならびに諸調査の為に、国及び地方、さらに公共等の各企業体が行ういろいろな測量、その他の目的を知らなければならない。なお、以下についての用途も決めておかなければならない。

2) 測量の地域と撮影時期

原則として、前述の諸目的からその測量の地域の範囲と面積、特にその地域における地形はどんな様相をしているか、また気象状況を勘案して撮影時期を決定する。

3) 測量用の飛行機、カメラ及びフィルム

前述の(1)と(2)からどのような性能を持った飛行機が適性であるか、またそれらに適切な測量用のカメラはどれが良いか、さらにそれに適合するどのような撮影用フィルムを選択すべきかを調査する。

4) 写真測量機器等への考慮

後続の作業に使用される図化機・調査機器等も調査しておく必要がある。

5) 撮影方法

撮影高度、撮影縮尺、撮影の重複度、撮影方向と傾きの制限、撮影枚数、撮影コース等の決定、さらに現地の地形図等の関連資料、情報を収集し、撮影方法を立案する。また、現存する基準点の配置状況等も考慮しなければならない。大きく分けて撮影には下記の3種類がある。

(1) コース撮影

道路、鉄道及び河川等に狭長な線状地物に付いての調査、設計等の図面作成の場合が多く、またそれらの区域に基準点がほぼ等密度に存在する場合にこの方法で計画される場合が多い。

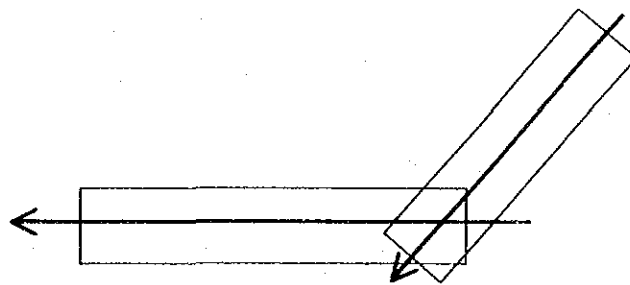


図 9-3-1 コース撮影

(2) 撮影

撮影地域が広い面であり、また同地域に基準点がほぼ等密度に存在する場合で、地籍測量、森林計画、地形測量等の為の図面作成の場合にこの方法が採用される。こ

の場合直線コースはできるだけ東西に取るようにする。

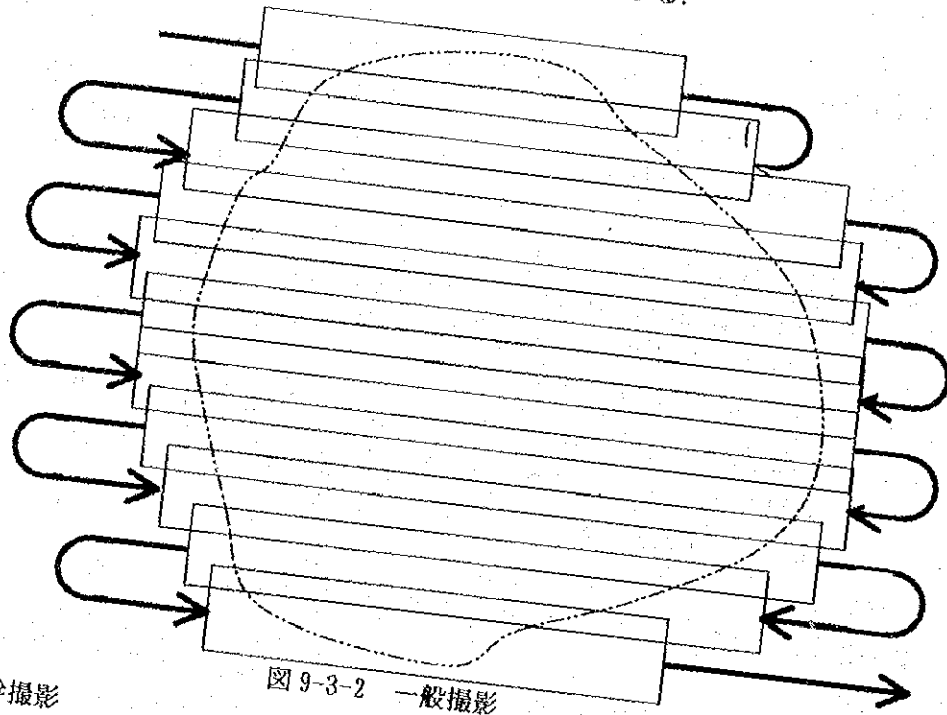


図 9-3-2 一般撮影

(3) 幹撮影

撮影地域内の基準点の分布が一律でなく、従って基準点の入らないようなコースが多く合うような場合は、コース間を縦方向ないし対角線方向につなぐように撮影する。

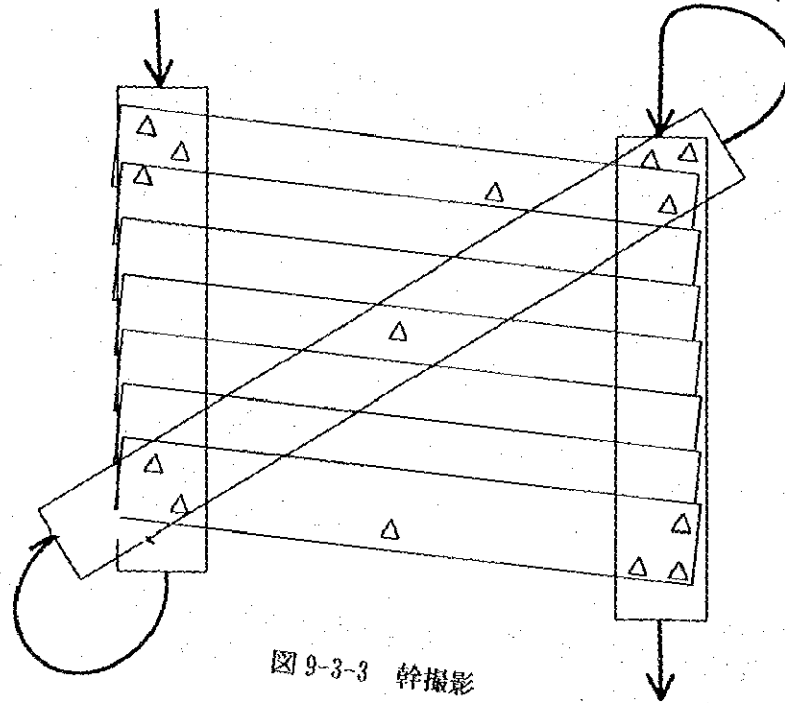


図 9-3-3 幹撮影

2. 撮影上の諸注意

撮影計画に基づき、撮影地域の地形状況、特に標高差を考慮しつつ地形の比高差による写真の欠損が生じないように、下記のように撮影の諸条件を決定する。それぞれの条件を満たすように撮影コース毎の平均飛行高度を計算する。下記に本件調査の例をあげる。

- ・撮影面積 : 50,000ha
- ・写真縮尺 : 1:25,000
- ・対地高度 : $150\text{ mm} \times 25,000 = 3,750\text{ m}$
- ・コース間隔 : $230\text{ mm} \times 25,000 \times 0.7 = 4,025\text{ m}$ (30%サイドラップ)
- ・写真間隔 : $230\text{ mm} \times 25,000 \times 0.4 = 2,300\text{ m}$ (60%オーバーラップ)
- ・撮影航空機 : 雲12型飛行機 (中国製)
- ・撮影カメラ : RC10A型 (スイス・ライカ社製)

撮影高度計算例:

撮影予定縮尺: 1 / 25,000

$$\frac{\text{最小標高値 (1,200m)} + \text{最大標高値 (5,200m)}}{2} = 3,200\text{m}$$

撮影カメラ焦点距離: 約 150mm

$25,000 \times 0.15\text{ m} = 3,750\text{ m}$ (対地高度)

$3,750\text{ m} + 3,200\text{ m} = 6,950\text{ m}$ (飛行高度) 約 7,000m

3. 写真処理

1) フィルム現像

撮影済みフィルムは所定の現像所に送付し現像する。当該プロジェクトの場合は特に軍の検閲及び検査のために白黒写真を作成する。

2) 写真検査

撮影諸元の検査はオーバーラップ、サイドラップ、雲の有無、その他の諸要素について実施し、撮影仕様内容を満足しない (特にオーバーラップ・サイドラップ) 写真については再撮影を実施する。

3) 密着写真・ダイヤポジ作成

写真検査が終了し、承認されたネガフィルムを用いて密着写真、ダイヤポジ、2倍伸ばし写真等、後続作業の目的に応じた必要な資料を作成する。

4. 撮影標定図の作成

密着写真の作成後、極力その写真縮尺に適應する縮尺の地形図上に撮影状況等を確認する

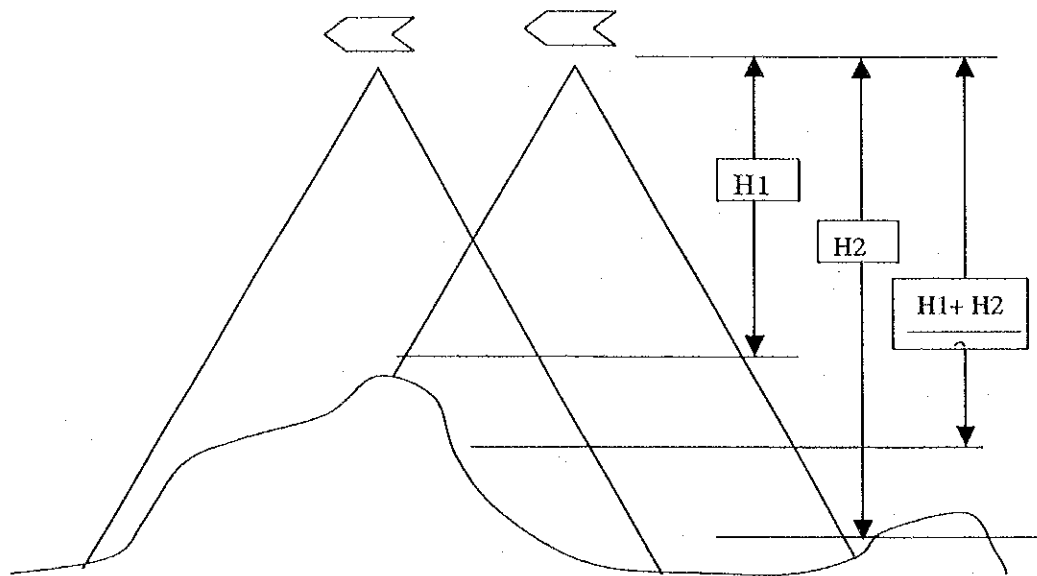


図 9-3-4 平均撮影高度

ために写真の主点をその地形図上にプロットし標定図を作成する。この標定図作成の目的は撮影状況の把握、基準点の配置状況、各写真の重複度及び主点基線の方向等を管理することである。

9-3-1-2 現地測量

撮影された空中写真を基に地形図を作成する。それぞれの空中写真は単独で用いられることは少なく、これから述べる現地における空中写真標定用測量結果を利用し、撮影ブロック毎にその要素を求める。また、写真上の情報を現地において確認する現地調査作業も地形図作成には欠かせない作業である。

1. 標定点測量

撮影されたステレオ写真で構成される空間モデルを標定（位置・高さの決定）するために現地において写真上で明瞭な地物を選び、その位置と高さを決定する。現在では衛星を利用した GPS (Global Positioning System) 基準点測量が一般的であり、その精度、作業効率は日を追う毎に進歩し、作業方法の改善に大きな貢献をしている。GPS 測量方式には大きく分類して、スタティック測位 (Static Positioning) とキネマティック測位 (Kinematic Positioning) の 2 つの方式がある。詳しい説明は省略するが、前者はもともと基本的な干渉測位の方法であり、測点同志で同時に最低 4 個の同一衛星のグループを 1 時間以上数時間に亘って受信測定を行う GPS 測量である。当該プロジェクトの基準

点測量にはこの方法が用いられている。これに対し、後者は干渉測位において、基準地点に一台の受信機を固定し、もう一台の受信機は多数の未知点を1点当たり数秒から数分の測定で順次測量する方法であり工事用測量等に用いられる。

2. 簡易水準測量

標定点測量だけによる標高標定だけでなく、より厳密な高さの調整の為に簡易水準測量を実施し、多数の標高調整点を求める。水準測量成果は2倍伸ばし写真上の現地で明瞭に確認出来る箇所を刺針、調整計算後の標高を記入し後続の空中三角測量におけるブロック調整、図化作業におけるそれぞれの空間モデルの絶対標定に使用する。(精度に関しては仕様書参照)

3. 現地調査作業

現地で写真上の地物を確認し、その結果を写真上に表示する。また、行政名、行政界等写真判読だけでは入手し得ない情報の収集も行う。また、判読キーの要素も兼ねているため、図化時、オペレータが容易に写真判読出来るよう、現地作業結果は要領よくまとめる。

9-3-1-3 地形図作成

1. 空中三角測量

後続の図化作業、また写真図作成等に使用する標高・位置の基準点の不足を補うために空中三角測量を実施する。

撮影されたネガフィルムから作成されたポジフィルムを、または直接ネガフィルムをスキャンしてラスターデータ化する。そのデータを用い、標定点測量及び簡易水準測量結果を利用して連続空間モデル(ブロック毎に)を作成する。また、実際の数値図化時にはその要素だけの空間モデル標定は非常に困難であるため2次点として各モデルに最低6点の標定補備点(パスポイント・タイポイント)を決定し、それらの点の座標・標高を求める。

空中三角測量に使用される機器としては、現在ではDPW(Digital Photogrammetric Workstation)、またはソケットセットと呼ばれるコンピュータの機能を駆使したものが多く用いられ、精度、能率面の双方に大きく貢献している。

- (1) パスポイント:空間モデルを撮影コースに沿って計算上で結合する目的で選点する。後続の図化作業におけるそれぞれの独立した空間モデルの標定に用いられる。
- (2) タイポイント:撮影コース同士を結合するために使用される点で、パスポイントで兼ねることも出来る。(下図参照)

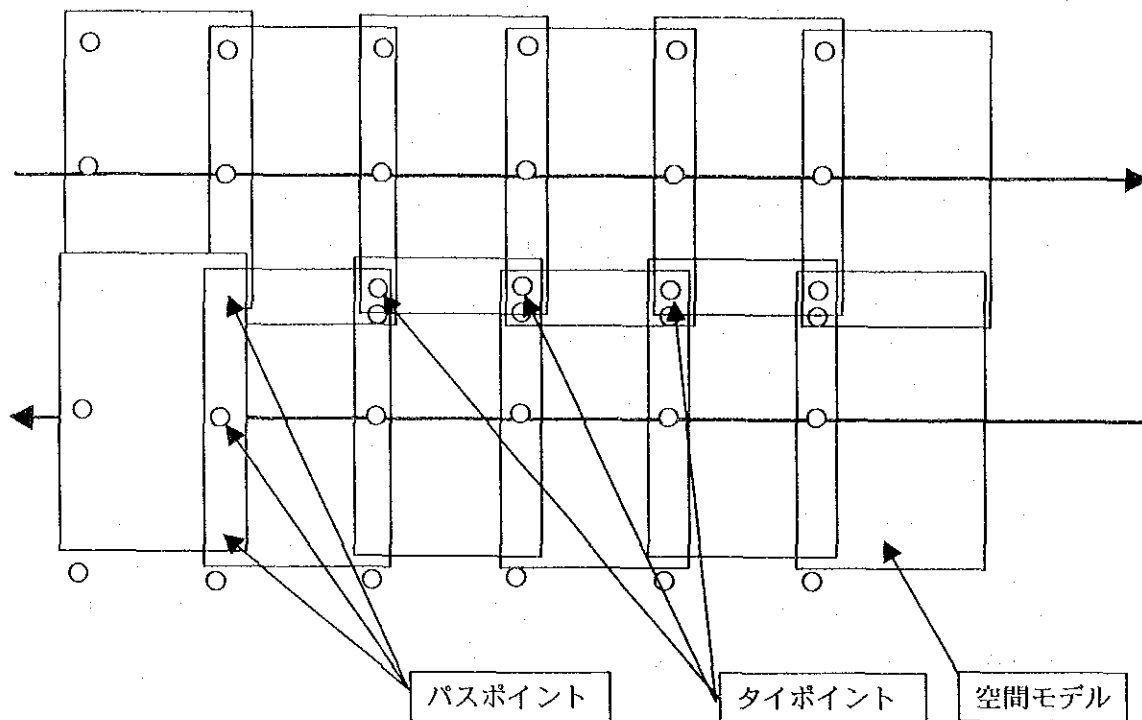


図 9-3-5 パスポイントとタイポイント

測定されたそれぞれの点（基準点・パスポイント・タイポイント・簡易水準点等）の測定終了後、その結果（写真座標値）を基にして、実際の測地座標を計算する。その際に計算結果の調整を実施する。調整法には大きく分けて「バンドル法」と「独立モデル法」がある。

2. 数値図化

1) 定義

定義としては、約 60%の重複度で撮影された連続する 2 枚の航空写真の撮影時における空間的位置関係を数値図化機を用いて再現（標定）し、空間モデルを作成してそれをデジタル形式で測定、記録することが数値図化である。つまり、この作業は 3 次元空間モデルを 2 次元データに変換する作業である。現在では従来のアナログ式の精算方法から数値化作業でデータ取得を実施する方法に変わってきている。従ってほとんどの作業がコンピュータに依存することになるが、最終的な写真判読作業、点検作業等はやはり人間が実施して確認しなければならない。また、この数値化されたデータは従来の地形図原図だけでなく数値地形図の構築によりコンピュータを用いた地理情報システムの基礎データとして利用可能である。その特徴として下記の事項があげられる。

- ① 航空写真測量等による地図情報が、測量時の精度を保持したままデジタル形式で処理されることにより、高精度な成果が得られる。
- ② 数値地形図は、地理情報システム、施設管理システム等のコンピュータによる地理情報の管理・利用のための基礎データとして利用可能である。
- ③ 利用目的に応じて2次元及び3次元の数値地形図の構築が可能である。
- ④ デジタルデータは、修正を繰り返しても、修正しない部分の精度が低下しない。
- ⑤ 定項目だけを抜き出した主題図が容易に作成できる。

2) 数値図化機

数値図化に使用される機器は、座標読取装置付図化機であり、一般に数値図化機という。数値図化機は航空写真を立体視して3次元の座標及びその属性をデジタルデータとして取得するもので、通常の図化機としての機能の他に：

- ① データ項目等のデータコードの入力が可能
- ② X, Y, Zの3次元座標値が記録可能
- ③ 線状対象物の連続測定及び連続記録が所定の時間間隔または距離間隔で可能等の条件が基本的に備わっていないとてはならない。

3) 細部数値化

細部数値図化を実施する場合は特に下記の事に留意する。

- (1) 現地調査結果を整理した空中写真及びその他資料により必要なデータ項目を漏れなく取得する。
- (2) 対象物については、標高の測定誤差のため平面位置にずれが生じないようにする。

4) 分類コード

分類コードとは、取得した地形、地物等のデジタルデータが、何であるかを個々に区分し、記録するためにコードである。この分類コードによって取得されたデータはそれぞれのレイヤーに分類される。

5) 地形データの取得

地表の起伏の状況は、従来地形図作成では等高線によって表現されており、同一の高さを連続して測定、描画して行っている。デジタルマッピングでは、データ取得の方法として等高線を直接測定して行う方法の他に、地形表現データの利用の拡大、作成経費の軽減等を考慮して、数値地形モデル法、マップデジタルイズ法及びこれらの併用法を目的によって選択できる。

9-3-1-4 数値編集

1. 定義

数値図化データに必要な現地調査等のデータを追加し、編集装置のグラフィックディスプレイで図形、属性データ等の形状を修正したり、不要なデータの削除、不備データの追加及び図形座標の整合性を計るための編集作業である。

2. 数値図化データ及び現地調査データ等の入力

現地調査等の注記、行政界等の情報を一括処理及び対話処理等で編集装置に取り込む作業である。

3. 編集データの点検

編集データを目視により点検するために、プロッタ等を用いて出力する。ここでは正しく編集が行われているか否かのための点検が目的であり、図形の有無が確認出来れば十分であるため、自動製図器等の高精度のプロッタは用いなくても良い。

4. デジタルモデル (MD) データファイルの作成

1) 定義

DM データファイルの作成とは、編集済みデータを仕様に従って電子記憶媒体に記録する作業である。この際、ファイル内容、記録順序等について確認し、誤りの無いように行わなければならない。また、独自の取得分類コード、フォーマット等により作業を行っている場合は、データを変換、DM データファイルを作成する。

DM データファイルには、同データファイルの維持・管理を目的として、必要な項目について整理し、記憶媒体に記録したデータ仕様等について、データファイル説明書を作成する。

2) DM データファイルの点検

DM データファイルの点検は、点検プログラム、グラフィックディスプレイへの表示等により効率的に行う。特に点検プログラムは十分な検証を行っておく必要がある。

9-3-2 土地利用植生調査

1. 航空写真判読

1) 航空写真予備判読作業

航空写真予備判読作業として、調査区域内の図面資料や調査資料の収集を行い、航空写真による反射式実体視鏡を用いての予備判読を行う。判読手順としては以下の方法に

て行う。

- ① 水系の判読に際しては、既存の地形図を参照し、位置と流れる方向の確認
- ② 水系の方向によって、分水嶺の位置を確認し、地形の特徴の把握
- ③ 大きな水田や、住宅地等判読しやすいものの判読の先行
- ④ 水系の分布に従って住宅地で判断して、それらの主要な道路の確定
- ⑤ 小班の境界等、細かい地物の判読
- ⑥ 林地の判読に際しては、樹種の特性に従い、写真上での樹幹の様子、高低、色調、地域での樹種の分布データ等の使用

以上の方法により、予備判読した結果を航空写真上に記入する。

2) 野外調査

予備判読した際の不明な箇所や疑問点を現地にて確認する。また代表的な林地の判読類型について、その緯経度、傾斜角度、斜面方法、土地利用類型、優勢種、樹冠密度、下層植生等を調査する。

3) 判読基準カードの作成

判読基準カードとは、類型化された林型で特に代表的な実際の林分をもとに、その立体写真像とともに現地のデータ（樹種、混交歩合、材積等）及び写真上の測定値（樹高、樹冠直径等）を1枚のカードにしたものである。このカードには実際の写真像が載せられているので、これを立体観察し同時に記載されている現地のデータを見ることによって写真像と林分構成因子との関連を感覚的に把握することができる。

上記のような内容を踏まえ、現地調査結果を元に調査内容にあわせ、林地の判読基準カードを作成する。本件調査の土地利用植生図作成に関する判読基準については表 9-3-1 の通りである。

4) 航空写真正判読作業

作成した判読基準カードに沿って、予備判読した結果を追加、修正し、航空写真上に判読結果を移写する。

2. 土地利用植生図原図作成

重点調査区域を区分単位として、航空写真の判読結果を既存の地形図を基礎にして区域の土地利用植生図を作成する。

3. 土地利用植生図作成

土地利用植生図を数値化するために次の作業を行なう。

- ① 密着写真上の土地利用及び植生データを航空写真で構成される空間モデル（3次元モデル）上において数値化データを取得する。
- ② 全てのデータを、各レイヤーに分類する。
- ③ データの構造他コード番号等は中国側の標準仕様によるものとする。

表 9-3-1 航空写真判読区分基準

土地利用・植生区分		判 読 基 準
森林	雲南松	色調は深緑色か淡緑色で、面上に固まって見える箇所。山地の中下部に分布。
	その他針葉樹	色調は深緑色か淡緑色で、やや小さな面上に固まって見える箇所。山地の中下部に分布。
	広葉樹	色調は灰緑色か淡緑色で、小さな塊となって見えて、山地の中下部に分布。
	松林	色調は暗緑色か淡緑色で面上に固まって見える箇所。山地の上中部に分布。
	常緑広葉樹	色調は暗緑色で、樹冠が大きく塊となり、点在して見える箇所。山地の上中部に分布。
	落葉広葉樹	色調は緑色か淡緑色で、樹冠が細かく塊として、点在して見える箇所。山地の上中部に分布。
	混交林	色調は緑色で、樹冠形状が不均一な塊として、点在して見える箇所。山地の上中部に分布。
非森林	市街地	灰白色か白色で、集落・住宅地のまとまり方で区分。
	水田	灰白色か白色で、区画が明瞭である。山地下部に分布。
	畑及び果樹園	灰白色か緑色で、農作物を植えた箇所は緑色。傾斜地でテラスを設けている。山地の中下部に分布。
	崩壊地	白色で、ガリーが明らかで、植生が貧弱な箇所。
	荒廃裸地	泥色で、植生がほとんど皆無で、集落地の近くに分布。
	水域	濁った水色か水色で、河川は筋上或いは線上に見え、溜め池等は方形。
	その他	河川の砂地では、白色か灰白色で、河川上に分布し、岩石地では、灰色か灰黒色で、水土流出の激しい谷間に分布している。

9-3-3 林小班図等作成

1. 林小班図原図作成

重点調査区域を区分単位として、航空写真の判読結果を既存の地形図を基礎にして区域の林小班図原図を作成する。

林小班図原図作成に際しては次の事項に配慮して作成する。

林班の設定は、地形図上に峰及び沢等の不動な地物を利用して設定し、原則として長期間変更は行わないものとする。小班は林分等の状況により、同一の林相等の部分の同一の小班として区分するが、荒廃裸地等で傾斜度、崩壊地の有無等により近い将来、そ

の取り扱いが異なることが予想される場合は、予め区分しておくことが望まれる。

2. 林小班図

林小班図は、行政区画を正確に示すとともに林小班区画を描くが、同時に次の事項をも表示する。

① 林班番号

調査区境界線及び郷鎮界と林場界に基づいて、地形（尾根、河川、溪谷等）で区分し、番号を付記する際は、北から南へ、西から東へと番号を記載する。

② 小班番号

区分された林班界の中に土地利用類型、森林の種類、林相、山地災害の状況等に従って小班を区分する。小班の最小判読単位は4mm×4mmで、実際の面積では1haである。番号は林班同様の方法にて記載する。

③ 土地利用類型

市街地、水田、傾斜角度6度以上及び以下の畑地または果樹園、崩壊地、荒廃裸地、水域、人工林地、天然林地、その他と判読により区分した内容を記載する。

④ 森林類型

人工林については針葉樹及び広葉樹、天然林については針葉樹、広葉樹、混交林と区分する。

⑤ 森林効能

人工林及び天然林に対し、天然林に対しては全ての地域を防護林とし、人工林のうち、傾斜角度が36度以上ならば防護林とし、36度以下であれば用材林とする。

⑥ 林相

人工林では、雲南松、その他の針葉樹、広葉樹と区分し、天然林では松林、常緑広葉樹、落葉広葉樹、混交林と区分し、その結果を記載する。

⑦ 樹齢

人工林等で樹齢が判明しているものには可能な限り樹齢を入れる。

⑧ 樹冠疎密度

樹冠疎密度は疎、中、密と区分し、区分基準は密度が0.2～0.39を疎、0.4～0.69を中、0.7～1.0を密とする。

3. 森林面積簿

森林面積簿には、林小班図及び地形図から、県、郷鎮（林場）、林小班番号、面積、土地利用類型、森林機能、林況として森林類型、林相、樹齢、林分疎密度、地況として傾斜度、最高・最低高度傾斜方位、傾斜角度等を記載する。

なお、森林面積簿への記載に当たっては次の事項に従って記入する。

① 面積

各小班別のポリゴンデータを用いて記入する。

② 最低及び最高海拔高度

地形図を用いて、小班内の最低及び最高海拔高度を 10m 単位で算出する。

③ 傾斜角度

小班内の平均傾斜角度は Digital Elevation Model (DEM) データによる分析測定にて、0.1 度単位で算出する。

④ 傾斜方向

8 方位により、小班内の主要な傾斜方向を測定する。

参考までに本件調査の森林面積簿の様式を次に示す。

表 9-3-2 森 林 面 積 簿 (例)

県(市)	郷(林場)	林班号	小班号	面積	土地利用 類型	森林機能	林況			地況				備考
							森林類型	林相	樹冠疎密 度	最低高 度	最高高 度	傾斜角 度	傾斜 方向	
昭覚県	尼地郷	昭-01	3	48.3	林地-天然林	防護林	広葉樹	常緑広葉樹	密	2800	3240	33.3	東南	

9-3-4 土 壌 調 査

造林計画策定に当たっては造林樹種の決定には土壌を考慮する必要がある。このため土壌がどのように分布になっているかを知ることは重要であるが、既存の土壌図では詳細な土壌分布を把握することは困難であるので、土壌調査が必要である。既に本件調査において土壌調査が実施されているので、本件調査の結果を参考にすることが可能である。

1. 土壌断面調査

1) 調査準備

土壌調査を実施する個所数や与えられた日数にもよるが、調査箇所数が多かったり、日数に制限がある場合には幾つかの調査チームを編成する必要がある。その際には土壌調査の目的、範囲、方法等を土壌調査チーム内で検討し、予め調査に関する見解を統一させておく必要がある。

また、調査対象地の地形図、植生図、過去に調査した土壌分布図、地質図及び土壌調査資料を収集し、予め検討を加えておく。

土壌調査に用いられる調査機器については、GPS 測量器、デジタルカメラ、検土杖、土壌硬度計、土色帖、移植ゴテ、pH 計、記録シート、サンプリング缶、試料袋等を用意し、

現地に行ってから支障がないよう、事前に機器の状態をチェックしておく。また必要に応じてその他の調査機材の導入も検討する。

2) 試孔点の設定

土壌調査を開始するにあたって、まず最初の基本的に重要な作業は試孔点の選定である。土壌調査に対して十分な時間が与えられている場合は、調査対象地に任意のメッシュをかけ、その交点毎に土壌調査のための試坑点を設定するという方法がある。その場合メッシュの大きさは、調査対象地の大きさによるが通常は一辺が1～2 km の長さのメッシュが妥当であろう。

土壌調査に多くの時間を割けない場合には、対象地の地形・植生類型区分の組み合わせ毎に試坑点を設定するという簡便法も採用される。この場合、調査対象地に赴く前に既存の地形図を利用し対象地の地形類型区分を行う。また既存の林相図もしくは航空写真がある場合は、これを用いて大まかな植生区分も同時に行う。その上で地形区分と植生区分を組み合わせた幾つかのパターン毎に試坑点を選定するというものである。この場合も、必要以上に類型区分を細分化することは避けるべきである。

いずれの方法を採用するにしても事前の試坑点選定に関する室内作業が終了し本格調査に入る前に、一度調査対象地全域を概況踏査し、決定した試坑点の場所や数に問題がないかどうか確認をする作業を実施する。

3) 断面の作り方

土壌調査箇所が決定したら、本格的に土壌調査を開始する。まず最初に土壌断面を観察するための試坑点を作る。地表の低木やササなどを刈り払い、観察用の土壌断面を作る予定線を斜面の方向と直角になるように設定し、その線から1m ぐらい下から掘り始める。素掘りが終わったら、断面の表面を上から下に向かってきれいに整える。また、礫はできるだけ断面内に残し、根も断面から0.5cm くらい残して切るようにする。断面全体をやや手前に傾斜させて仕上げると断面が明るくなり、観察や写真撮影などに便利である。

4) 土壌断面調査法

土壌断面を地表面に対しほぼ平行で、それぞれ特徴や性質の似かよった幾つかの層位に区分し、次に各層位ごとにそれぞれ以下に述べる各項目について順次調査を進める。それらの特徴や性質をそれぞれ一定の基準や方法により区分すると共に、記号などを用いて項目別に野帳に記載して土壌の種類や性格を判断する。

(1) 層位の種類と区分

鉍質土層は、一般にA₀層の直下にある腐植に富む暗色のA層と、その下位にある腐植に乏しく明るい色調のB層、そして最下位の母材層であるC層に区分される。

A層は動植物遺体の分解により生成された腐植が集積し、暗褐色を呈するに至った最

表層の土層で、腐植の集積具合、構造の種類や発達程度および堅密度の違いなどが見られる場合には、上層から順にA₁層、A₂層、A₃層……などに細分される。

B層は母材の風化により生成された鉄化合物により、赤褐～褐～黄褐色を呈するに至った腐植に乏しい土層で、色、構造の種類および発達程度、堅密度などの違いによってさらに区分される場合は上層から順にB₁層、B₂層、……などに細分する。

C層は土壌の母材層で、基層ともいわれ、土壌化がほとんど進行していないため、土色は一般に彩度が低く、構成物質も比較的粗粒で、石礫の含有も高いなどの特徴がある。風化の進行程度や堅密度などの違いにより、さらに区分される場合は上層から順にC₁層、C₂層……などに細分する。

以下、土壌断面において次に列記するような項目について詳細に観察し、これを記録シートに記載する。

- (2) 層位の深さと厚さ
- (3) 層界の状態
- (4) 土色
- (5) 土壌構造
- (6) 腐植
- (7) 堅密度
- (8) 孔隙
- (9) 土性
- (10) 石礫
- (11) 溶脱・集積
- (12) 水湿状態
- (13) 根系及び菌糸
- (14) 土壌堆積様式と母材
- (15) 周囲の環境要因（地形、植生、人為的影響等）

2. 土壌分析資料採取

土壌断面観察が一通り終了したら、土壌分析のために、土壌断面の上・中・下部の3層から土壌試料を採取する。土壌試料の採取方法は分析目的によって、攪乱試料採取もしくは未攪乱試料採取に分かれる。攪乱試料ならば、試料袋に必要量を他の土層からの試料が混入しないように採取する。（通常、土壌試料採取重量は1袋につき500g以上）。これとは別に三相分布分析に必要な試料として未攪乱試料を採取する。未攪乱試料採取には通常容積100mlの採土円筒を用いるが、目的によっては400ml、もしくはそれ以上の容積のサンプリング缶を用いることもある。採取後はビニールテープ等で密封し、採取した土壌試料の三相構造が変化しないように留意する。

3. 補完的土壌調査の実施

土壌断面調査の他に土壌タイプの分布をより正確に把握するために、これを補完するために各重点調査区域内において、検土杖を用いて土壌タイプの確認を行う。調査箇所は土壌タイプ分布の境界線を決定しやすいような場所を任意に抽出し、調査を行う。

4. 土壌分析

林木にとって良好な土壌の条件としては、林木が必要とする養分や水分を十分に保持できること、根の呼吸に必要な空気の流通が良好なこと、土壌硬度が適当で根系の発達を妨げないこと等が挙げられるが、これらをより詳しく見るためには、土壌の理化学性・化学性の分析が必要である。また土壌分析結果は、土壌タイプを決定する際の重要なデータとなる。

1) 物理性分析

土壌の物理性分析は、以下の項目を実施する。また目的によってはこの他の分析項目も適宜加えることとする。

- ① 三相分析
- ② 自然含水量
- ③ 粒度分析

2) 化学性分析

土壌の化学性分析は、以下の項目を実施する。また目的によってはこの他の分析項目も適宜加えることとする。

- ① pH 値
- ② 可給態窒素含有量
- ③ 可給態リン含有量
- ④ 可給態カリ含有量
- ⑤ 有機質含有量
- ⑥ 交換性塩基総量

5. 取りまとめ

1) 土壌図作成の注意

現地での土壌断面観察が終了し、土壌分析結果が得られたら、この結果を基に土壌調査箇所の土壌タイプを決定する。土壌タイプ分類法には、世界的にはアメリカの包括的土壌分類体系 (Soil Taxonomy, 1975) と、FAO/UNESCO 方式の2つがあり、また日本にも独自の森林土壌分類が存在する。土壌タイプを表現する場合には、事前にどの分類体系を用いるのかを検討していく必要があるが、通常はその国で一般的に使用されている土壌分類体系を用いることが適当である。

次に土壌図を作成するが、まず試坑点の位置を図面に落とす。そして試坑点毎に得られた土壌タイプのうち同じものを抽出してそのエリアを線で結び、別な土壌タイプとの土壌分布境界線を決定する。山地の地形は複雑で土壌の分布もそれに対応しているので、分布線の決定には地形や植生の変化と土壌分布の関連を見つけだして、この法則に応じて分布境界線を決定することになる。そのためには地形・植生等の状態と土壌分布の関係を早く把握して、そこから土壌分布の妥当な類推が出来るよう習熟する必要がある。

区分された土壌図は通常彩色され、凡例が付けられるが、土壌タイプを表現する色使いや凡例は、従来の決まり事を遵守するようにして、土壌図として使いやすいものを目指すようにする。

縮尺についても目的に応じて適宜決めていく必要があるが、同時期に作成された地形図等の基本図、植生図、地質図等の主題図があれば、それらと縮尺を合わせておいた方が実用的で使いやすい。

2) 報告書作成

土壌図作成に関して使用したデータは報告書を作成し、これに記載するようにする。また土壌断面調査の結果や土壌分析の結果のうち、土壌図に表現できないような部分も出てくるが、これに関しては報告書にまとめるようにする。

9-3-5 自然条件調査

造林計画の策定の前に、造林計画策定対象区域の自然環境の概況を把握しておくことが、生態環境保全、森林の保全及び合理的経営を目指す造林計画の策定上必要である。調査対象となるべき項目は次の通りである。

1. 当該調査対象区域の位置・地形

造林計画の対象となる区域の確定が必要であり、区域が確定されてはじめてその区域の自然条件を明らかにすることができる。なお、区域は分水嶺、河川等の自然の地勢により区分することが望ましい。

あわせて、調査対象区域の地形及び地質的な特徴を調査する。

2. 水系の状況

主要な支流等の水系の調査あわせて、それぞれの水系の状況をも調査し、最近の水害の発生状況、河川の荒廃状況、水質、土砂の堆積状況等を調査する。

3. 気象

気温、降雨量、可能なら蒸発量等気象資料を収集する。西昌市の資料は入手可能であるが、他の県の資料も可能なら入手することが望ましい。特に高海拔地の気象データは

入手したいものである。

4. 土壌

土壌調査を実施するならばその結果を利用できるが、土壌調査が実施できないとすると、既存の資料の収集と、現地の確認により対象地区の土壌分布状況を把握し、土壌型に応じた造林樹種、造林方法が行われるよう配慮する必要がある。

5. 野生動植物

1) 植物

安寧川の流域の現存植物は、かなり退化が進んでいるので現存植物が必ずしも潜在極相を構成する種であるとはいえないが、木本類の生育状況は造林する樹種の造林成績を推定するのに役立つので、植生の概況を知ることが必要である。また、林床の草本の状況は造林方法の決定に影響を及ぼすのでその調査も必要である。

2) 動物

安寧川流域には特に保護を必要とする貴重な動物は生息していないようであるが、造林木を加害する動物の生息の有無は調査しておくことが望まれる。

9-3-6 社会経済条件調査

造林計画策定対象区域の住民、農林牧畜業の基盤は山地であるが、山地は長い歴史の過程で過度な利用により荒廃してしまっている。しかし、住民は山地の資源を活用して生計を維持している。従って、区域住民の実態を把握し、森林環境の荒廃の現状を勘案して、可能な限り住民に受け入れ可能で、円滑に造林計画の実行が可能な計画を策定するために社会経済調査を実施する必要がある。既に本件調査により、社会経済調査を実施しているので、本件調査の結果を参考にすることが可能である。

1. 調査標本及び調査法

1) 標本の選定

造林計画策定区域を代表するよう調査対象となる村を選定し、その村の中からランダムに調査対象戸を選定する。本件調査の結果を参考にできるが、1村当たりの標本戸は50戸以上とすることが望ましい。

2) 調査法

聞き取り調査とし、調査票は本件調査に使用したものを修正して使用可能である。

聞き取りの結果の確認が必要であり、必ず調査票の確認作業を実施すること。

調査のとりまとめは、調査対象村の状況によりほぼ一定の社会経済条件となる可能性が高いので、例えば海拔高別、あるいは村のおかれている状況別等に区分して、とりま

とめられるよう標本村を選定する必要がある。

2. 現地調査

1) 土地利用状況

土地の現況把握のため、土地保有状況、利用状況、人口密度等の基礎的な調査を実施する。その際村全体及び標本戸の双方についての調査とする。

2) 生業形態

(1) 業種別現金収入

標本戸の収入を業種別に調査する。

(2) 農業

標本戸別の栽培作物、生産物別の生産量及び消費量、栽培法（価額肥料の使用の有無等）、収入を調査する。

(3) 牧畜

標本戸別の飼育家畜種類及び収入、飼料の種類及び飼育方式、放牧に利用可能な主要な樹種の調査をする。

(3) 林業

標本戸別に林業による収入を調査する。

3) 生活水準

(1) 食糧事情

主要食品、自家生産での過不足、食事の回数等を調査する。

(2) 薪柴利用

標本戸別に薪柴の採取量、回数、採取範囲、燃料の種類、燃料の用途、薪柴として利用する主要樹種等の調査をする。

4) 社会基盤における地域格差

山地は一般に社会基盤に恵まれて無く、住民は不便な生活を行っている。特に安寧川流域は標高差が大きく、社会基盤の及ぼす影響が大きいと予想される。

(1) 水利用

標本戸別に用水の不足の有無、生活用水の水源、農業用水の水源、畜産用水の水源等を調査する。

(2) 交通・運輸手段

標本戸別に交通手段、輸送手段を調査する。

(3) 給電及び家電製品の保有

標本戸別に給電の有無、給電年次、家電製品の保有状況を調査する。

5) 傾斜地対策の経験と知識

標本戸別に傾斜農地における土壌の流出対策の実施状況を調査する。

6) 造林経験

標本戸別に植樹及び育苗経験の有無の調査を行う。

7) 男女差による農業・生活作業分担

標本戸別に家族の平均教育年数、農業及び作業生活作業分担を調査する。

8) 放牧に対する認識

標本戸別に農林畜産関係等参加、造林関係の基本的事項についての調査を行う。

9) その他

その他造林計画策定に関連する事項の調査をおこなう。

3. とりまとめ

前項の調査の結果を、各村単位に社会経済状況をとりまとめるとともに、社会経済条件の類似する調査対象村別に集計しとりまとめる。

4. 提言

山地住民の社会経済条件は平地の住民に比較すると不利な状況にあるが、造林計画対象区域における造林の実施を通じて、その改善を図ることの可能な事項の提言を行う。また、造林計画の策定に際し、住民の生計を維持して行くために必要な方策の提言も必要である。

9-4 造林計画策定

1. 造林計画策定の要件

安寧河流域の水土保持を目的とする造林計画を策定するに当たって基本となる事項は、①造林目的が用材生産を指すものではなく保全林造成であること、②地域の本来の生態系回復を図るような造林システムの導入を検討すること、③造林対象地の一部はこれまで地元住民によって何らか土地利用が行われており、造林行為が彼らの生業や生活習慣に対して不利益をもたらす可能性もある点に配慮する必要があることである。これらの課題を十分認識し、現地確認調査を繰り返しながら地域の現状を踏まえた上で実行可能な造林計画を策定することが求められる。

2. 造林計画策定手順

造林計画策定に係る一連の作業の流れは以下に示すとおりである。以下の作業が行われる前に、造林計画対象地域全体の地形図作成、土地利用植生図作成、林小班図作成、森林面積簿作成の各作業が完了し、個々の成果品が既に出来ている必要がある。また、自然条件調査、社会経済条件調査、森林・土壌調査等の各基礎調査も完了した段階であることが前提である。

3. 土地経営区分

造林計画対象地域の全体について、土地利用及び植生の現状を水土保持の観点にたつて下表の土地経営区分を行う。各経営区分では個別の水土保持対策が提案されているので、地域全体の包括的な水土保持対策を検討する上での基本的な指針を示すものである(表 9-3-5 参照)。

4. 造林計画策定条件調査

1) 造林対象地現地検証

造林対象地は荒廃裸地である。しかし、森林面積簿の土地利用類型の欄に荒廃裸地として区分された林小班でも、前述経営区分の農地 II または農地 III に組替える必要がある場合も発生する。これは航空写真撮影が実施される季節によって生じる避けがたい写真判読上の問題があることによる。判読で荒廃裸地として認識された土地でも、現状では耕作地又は林耕地として時系列的に使用している土地がある。この誤差を修正するために、特に高海拔地区における「荒廃裸地」の存在については、現地調査を実施することによって確認する必要がある。

表 9-4-1 経営区分と水土保持対策

経営区分	水土保持対策基準
農地 I	現状維持
農地 II	生態農業
農地 III	退耕還林
高山植生	現植生維持
荒廃裸地	生態保全林、生態型経済林、生態型薪炭林、生態型用材林、世帯型放牧林
疎林	封山育林(ウナンマツ)、補植、改植
中密度林	保育管理
高密度林(ウナンマツ人工林等)	密度管理、病虫害管理、森林火災警防
高密度林(その他の密林)	病虫害管理、森林火災警防

この現地調査の中で造林可能な土地の位置確認を地図上で行い、その面積を正確に把握する。この作業の過程で、森林面積簿の土地利用類型での区分が適正を欠いていると判断される場合や 1 小班内の土地利用の実態が単一ではなく小班を細分化して新たな土地利用類型を行う必要があると判断された場合、実情に即した細区分を行い、造林事業の実施に当たって混乱が生じないようにする。

2) 対策適地地の選定

選定基準に則り造林対象地を以下の対策別に振り分ける。

(1) 生態保全林

国有林の荒廃裸地は優先的に生態保全林造成を進める。対象地域の標高差がおおきいことから地帯区分を行って適地適木を検討する。

(2) 生態型経済林

経済林造成の導入には制限条件（樹種別気温条件、標高条件、土壌条件、市場へのアクセス条件、住民の保育管理条件等）があるのでこれを満たす地区においてのみ適地可能とする。一般的に高山帯への導入は困難と判断される。

(3) 生態型薪炭林

集落周辺で且つ森林資源に乏しい地区が導入対象となる。薪炭林造成は地元住民の要請に基づいて導入し、適地地についても住民との協議によって選定する。

(4) 生態型用材林

地域内での需要を賄うことを目指すものでありマーケットへの販売を意図するものではない。自然条件によってかなり限定的となるが、亜高山帯で河川敷き周辺の荒廃裸地へポプラ類が導入される具体例がある。

(5) 生態型放牧林

土地利用の現状に即し、標高の高い地区で導入を検討するが、水土保持の見地から問題とならない場所選定をする。即ちなるべく緩傾斜の地形で1小班内に存在する崩壊地形が5%未満とする。また代表集落の中心から半径2km以内の同心円内の場所で選定するが、具体的には住民との協議で選定する。

3) 地帯区分

造林の大原則は適地適木である。個々の造林地の自然条件に適地可能な造林樹種を検討し、これらの中からさらに造林目的に適った樹種の選定を行う。安寧側流域の造林の対象地域は標高1,200m前後の低海拔地帯から標高3,400m前後の高海拔地帯まで大きな標高差があるので、海拔高度を基準とする地帯区分及び低海拔地域での斜面の方位（北斜面、南斜面）による再区分（乾燥強度の問題に対応）する。また下流域の低地一帯は乾熱河谷地帯であり、これも斜面方位によって区分する必要がある。

標高3,400m以上の地域については高海拔草地として分類し、経営区分上は高山植生であり、水土保持上の対策は原植生の維持を図ることとして取り扱うことから、造林の対象地としない。以上のことから安寧側流域の地帯区分は表9-4-2の通りとなる。

表 9-4-2 地帯区分

地帯区分	標高及び斜面方位
高山帯	標高 2,600m 以上
亜高山帯	標高 2,000m~2,600m
低山帯 I	標高 1,600m~2,000m 北斜面
低山帯 II	標高 1,600m~2,000m 南斜面
乾熱河谷地帯 I	標高 1,600m 以下 北斜面
乾熱河谷地帯 II	標高 1,600m 以下 南斜面

4) 導入樹種選定

(1) 生態保全林

対策別造林目的では保全林造成が最も広い面積を占め標高差も大きいことから、以下の地帯区分に適應する樹種を選定し、生態系の回復を図るためにできる限り郷土樹種の導入を図る。

a. 高山帯

最も標高の高い地区：ハイマツ (*Pinus yunnanensis* var. *pygmaea*) 直播き造林
 コウザンナラの1種 (*Quercus monimotricha*) ポット苗造林
 斜面一帯： チュウゴクトウヒ (*Picea complanata*) 5年生裸苗造林
 シセンモミ (*Abies fabri*) 5年生裸苗造林、直播
 強風の少ない場所： カザンマツ (*Pinus armandii*) ポット苗造林
 ニホンカラマツ (*Larix kaempferi*) ポット苗造林
 谷間の平坦部位： ポプラ類の1種 (*Populus davidiana*) 挿し木苗造林
 沢筋斜面： トウシラカンバ (*Betula albo-sinensis*) ポット苗造林
 ツツジ類の1種 (*Rhododendron pulescens*) ポット苗造林

b. 亜高山帯

標高の高い部位： カザンマツ (*Pinus armandii*) ポット苗造林
 ニホンカラマツ (*Larix kaempferi*) ポット苗造林
 標高の中位の部位： ウンナンマツ (*Pinus yunnanensis*) ポット苗造林
 ドクウツギ (*Coriaria sinica*) 直播き造林
 酸性紫土壌： シキミ類の1種 (*Illicium simonsii*) ポット苗造林

c. 低山帯 I

全域： ウンナンマツ (*Pinus yunnanensis*) ポット苗造林
 シナハンノキ (*Alnus cremastogyne*) ポット苗造林

シダレイトスギ (*Cupressus funebris*) ポット苗造林
クヌギ類の1種 (*Quercus acutissima*) ポット苗造林
アベマキ (*Quercus variabilis*) ポット苗造林
ナラガシワ (*Quercus aliena*) ポット苗造林

d. 低山帯 II

全域:

ニセアカシア (*Robinia pseudoacacia*) ポット苗造林
トキハサンザシ (*Pyracantha fortuneana*) ポット苗造林
ウンナンマツ (*Pinus yunnanensis*) ポット苗造林
ドクウツギ (*Coriaria sinica*) 直播き造林
ハウチワノキ (*Dodonaea visosa*) 直播き造林
シダレイトスギ (*Cupressus funebris*) ポット苗造林
トクシヨウスギ (*Cunninghamia lanceolata* var. *coritica*)
ポット苗造林
ウンナンアブラスギ (*Keteleeria evelyniana*) ポット苗造林

e. 乾熱河谷地帯 I

全域:

低山帯 I の導入樹種に順ずる

f. 乾熱河谷地帯 II

全域:

タイワンアカシア (*Acacia confusa*) ポット苗造林
ギンネム (*Leucaena leucocephala*) ポット苗造林
ナンヨウアブラギリ (*Jatropha carcus*) ポット苗造林

沢筋:

キワタノキ (*Bombax malabaricum*) スタンプ苗

先駆樹種として:

ハウチワノキ (*Dodonaea visosa*) ポット苗造林

(2) 生態型経済林

亜高山帯:

サンショウ類の1種 (*Flatspine pricklyash*)
クルミ類1種 (*Juglans regia*)

低山帯:

クリ類1種 (*Castanea mollissima*)
オウトウ類の1種 (*Prunus pseudocerasus*)
メイデンユーカリ (*Eucalyptus maidenii*)

乾熱河谷地帯:

マンゴー (*Mangifera indica*)
ビワ (*Eriobotrya japonica*)
リュウガン (*Euphoria longana*)

(3) 生態型薪炭林

高山帯： ハイマツ (*Pinus yunnanensis* var. *pygmaea*)
コウザンナラの1種 (*Quercus monimotricha*)
シャクナゲ類 (*Rhododendron* spp.)
トウシラカンバ (*Betula albo-sinensis*)

亜高山帯： ウンナンマツ (*P. yunnanensis*)
カンバ類 (*Betula* spp.)
カシ類の1種 (*Cyclobalanopsis glaucoides*)
シナハンノキ (*Alnus cremastogyne*)
マテバシイ類の1種 (*Lithocarpus variolosus*)

(4) 生態型用材林

高山帯/亜高山帯： ポプラの1種 (*Populus davidiana*)

(5) 生態型放牧林

低木類を等高線沿いに植栽して放牧地の水土保持効果を高め、飼料用としての郷土樹種と忌避となる郷土樹種を選んでこれを混植してヘッジローとしての維持を図る。急傾斜面には高木類を導入して斜面の表土安定を図るとともに、枝条が家畜飼料としても利用可能な郷土樹種の導入を行う。牧草には栄養価が高く現地適応可能な種類をマメ科及び匍匐性のあるイネ科から選び混植する。以下に地帯区分別導入樹種を示す。

高山帯： バラ科の1種 (*Coloneaster dielsianus*) 家畜の飼料木兼低木のヘッジローとして導入
ツツジの1種 (*Rhododendron pulescens*) 低木のヘッジロー兼水土保持林 (家畜の忌避植物) として導入
コウザンナラの1種 (*Quercus aquifolioides*) 急傾斜地への水土保持林兼家畜の飼料木として導入
シキミの1種 (*Ilicium simonsii*) 急傾斜地への水土保持林 (家畜の忌避植物) として導入
ペレニアルライグラス (*Lolium perenne*) イネ科の牧草で匍匐性による表土安定期待
アルファルファ (*Medicago sativa*) マメ科の牧草

亜高山帯： オトギリソウ科の1種 (*Hypericum patulum*) 家畜の飼料木兼低木のヘッジローとして導入

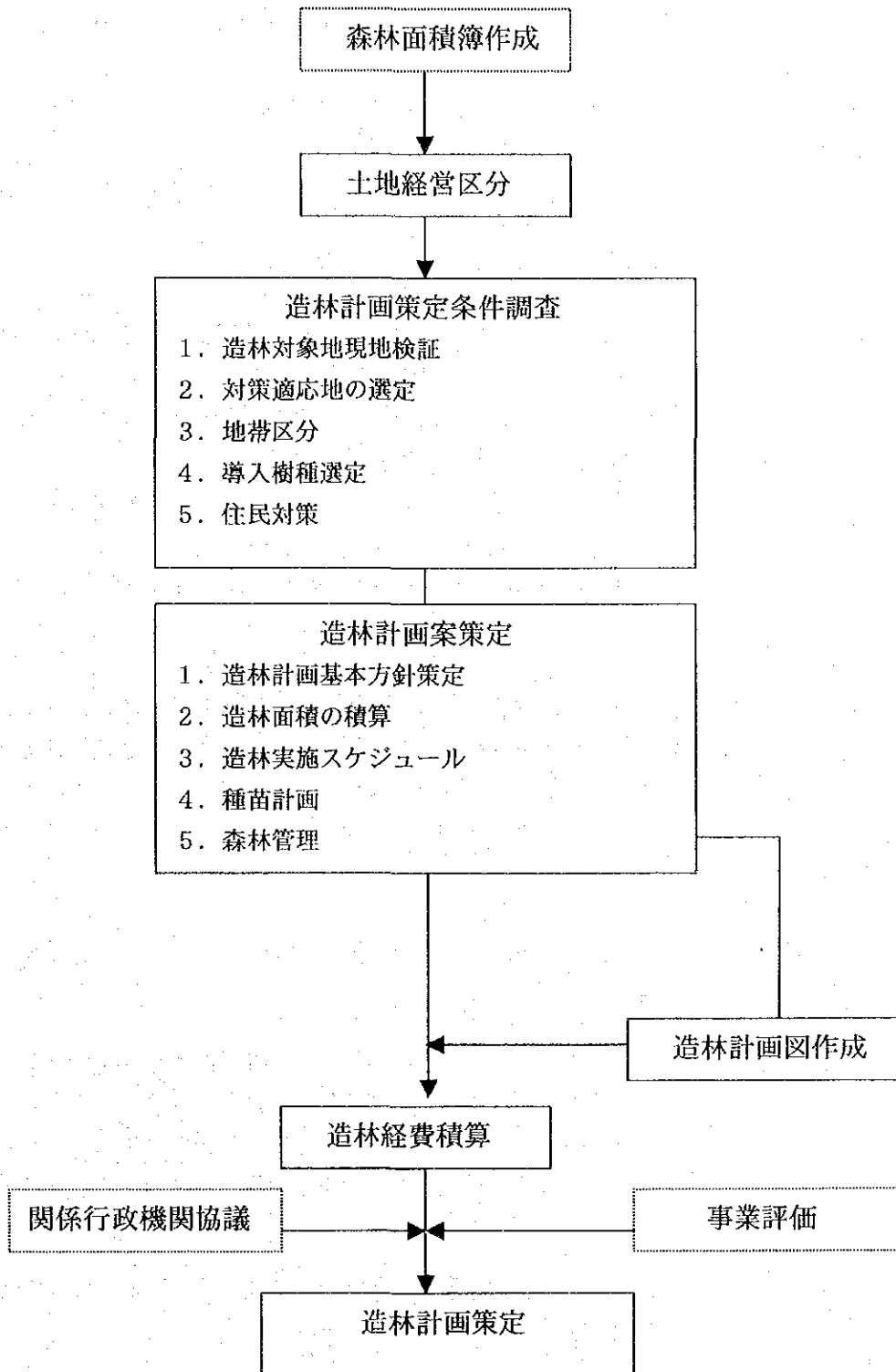


図 9-4-1 造林計画策定にかかる作業のフローチャート

ハウチワノキ (*Dodonaea visosa*) 低木のヘッジロー兼水土保持林 (家畜の忌避植物) として導入

ドクウツギ (*C. sinica*) 急傾斜地への水土保持林 (家畜の忌避植物) として導入

ペレニアルライグラス (*Lolium perenne*) イネ科の牧草で匍匐性による表土安定期待

アルファルファ (*M. sativa*) マメ科の牧草

低山帯 :

マメ科ノ1種 (*Bauhinia brachycarpa*) 家畜の飼料木兼低木のヘッジローとして導入

ドクウツギ (*Coriaria sinica*) 急傾斜地への水土保持林 (家畜の忌避植物) として導入

パンゴグラス (*Digitaria decumbens*) イネ科の牧草で匍匐性による表土安定期待

シロクローバー (*Trifolium repens*) マメ科の牧草

5) 住民対策

造林事業が実際に実行に移される場合、労働力の提供者は計画対象地域の住民であることから造林計画の内容に対して地域住民の理解と支持を受けることは必須条件である。社会経済条件調査の結果を分析しながら造林計画策定に反映させる。特に以下の点について留意すべきであり、造林計画の内容及び実施スケジュールが地域住民の生活基盤に支障を来たすことのないよう、実行計画を組み立てる。

1) 土地利用システム : 輪耕地の利用形態を調査し、短周期 (2~3年) の輪耕地は造林対象地から外す。

2) 生業内容と現金の収入源 : 牧畜に比重が高い場合、生態型放牧林の造成を図る。
放牧林の造成はなるべく複数年次に亘って実施することとする。
一気に造林を実施した場合、5年間の封山育林によってその土地への侵入が不可能となり、生計の維持に困難を来たす危険性がある。

3) 燃材の消費構造と調達方法 : 薪炭材採集が困難な地域では、集落周辺に近い荒廃裸地に生態型薪炭林の造成を図る。

造林計画担当者はこれらの詳細情報を直接住民から入手するために、山村での泊り込み調査を含めた現場情報の収集にできる限り多くの時間を費し、住民との相互理解を深める。

5. 造林計画案策定

1) 造林計画基本方針策定

造林の目的を満度に達成するための方法論を検討し、これを具体化させるために必要で適応可能な造林技術を計画に組み入れる。また実現性の高い造林計画を策定するための戦略を検討する。安寧河流域の水土保持を目的とする造林計画では、以下に示す内容が基本方針となろう。

- ① 生態保全林造成を計画の主体とする。
- ② 植栽後は封山育林のシステムを導入することによって造林木を保護する。
- ③ 地域の生態系の維持回復を図る。
- ④ そのために出来る限り郷土樹種から適木を選定する。
- ⑤ 造林用の苗木は地元及び周辺地域から調達することとし、地域住民の育苗技術の向上を図ると共に現金収入の途を与える。
- ⑥ 新しい造林技術を取り入れてより成功率の高い造林計画とする。
- ⑦ そのためにプロ技の技術成果を計画に取り入れる。
- ⑧ 地域住民の造林計画に対する理解と協力を得るため、現地調査に基づく住民の生活情報入手に努め、情報の分析結果を計画策定に反映させる。
- ⑨ そのために保全林造成以外に生態型薪炭林造成、生態型放牧林造成、生態型用材林造成、生態型経済林造成の実施も必要に応じて計画に組み入れる。
- ⑩ 造林の事業量が特定年度に集中することなく出来る限り平準化させることで、各年次に亘ってより均等な種苗生産と雇用量の確保が可能となるように計画する。

2) 造林面積の積算

造林面積の積算は森林面積簿のデータベースを基にして行い、プロセスは以下のとおり。

- ① 全ての林小班について経営区分別に記号を与え区分する。
- ② 荒廃裸地（調整後）を地帯区分に従って区分する。
- ③ 地帯区分別の荒廃裸地（調整後）を対策別に振り分ける。振り分ける基準は前述「対策適応地の選定」に従い、土地利用植生図、林小班図をベースに現地調査記録を参照しながら対策適応地を決定し、個々の小班に対策別記号を与えて区分する。
- ④ 対策別造林面積は③のプロセスを踏んだ後に個別集計して求める。
- ⑤ 全体の造林面積は各対策別造林面積の和となる。

3) 造林実施スケジュール

造林事業量を年次ごとに平準化するように造林面積を分割し、数年時に亘って実行するように計画する。造林計画第1年次は準備段階として位置付け、全ての造林予定地の

測量を実施する。造林木は植栽当年を含め5年間封山育林して保護管理を行うことから、1団地毎に5年間の事業が当てられる。造林の実施は各団地を1年づつ遅らせながらスタートすることとし、スタレ式の実施スケジュールとなる。

第2年次から第1団地において植栽が始まることとする。各対策別造林の中で生態保全林造成は緊急性が高いことから、この造林を優先させて実施計画を立てる。また生態型放牧林の造成は造林面積が大きくなっても造林後封山育林することから一気に造林を実施することは地元住民に不利益を与えかねない。従って、造林面積を分割させて年次をずらせながら実施することとする。薪炭林造成についてもこれに準じる。経済林造成、用材林造成は緊急性が低いことから実施年次を後半に遅らせることが可能である。次ページに実施スケジュールの模式図を示す。

4) 種苗計画

樹種別に年次別造林面積を求め、植栽密度から必要苗木本数を算出する。これをもとに苗木の調達計画をたてる。造林地に最も近い場所からの苗木調達が理想であるが、十分な調達量を確保するためには政府系苗畑だけでなく近隣農家の苗畑からの調達も検討する。種子の直播き造林を行う場合は種子の発芽率から単位面積あたりの必要播種量を求め、造林面積に従った種子量を算出してこれを調達量とする。

造林樹種の中で高山帯への導入が計画される暗色針葉樹の苗木は5年生苗を用いて造林することから苗木の調達には育苗期間の問題がある。従って暗色針葉樹を導入しない標高の低い地区から造林を始め、次第に高山に向けて造林を実施することで対応する。

表 9-4-3 年次別造林実施スケジュール例

	第1年次	第2年次	第3年次	第4年次	第5年次	第6年次	第7年次	第8年次	
生態保全林	測量	—————							
同上	測量		—————						
同上	測量			—————					
生態型薪炭林	測量		—————						
同上	測量				—————				→
生態型放牧林	測量		—————						
同上	測量				—————				→
生態型経済林	測量						—————		→
生態型用材林	測量							—————	→

5) 森林管理

森林管理の実施主体は地域住民である。森林管理上予測される問題点は、乾季における森林火災である。この防止策は以下のとおり。

- ① 防火帯の設置
- ② 林地監視員の雇用
- ③ 火災防止のための人員体制の確立
- ④ 火災防止施設の整備
- ⑤ 森林火災防止のための啓蒙活動

地域住民の意識の向上を図り理解と協力を求めるためには、討伐監視を含めた森林管理の任務の一端を住民が担うシステムを地域単位で推進することが重要である。

6. 造林計画図作成

造林計画対象地全域について、経営区分図及び対策別造林地の分布図を作成する。図化工程は数値化されたデータがベースとなることから、各経営区分及び個別造林対策には予め記号を与える。データ数値化は以下のステップとなる。

- ① 森林面積簿のデータ（数値化）を造林計画図作成のデータソースとする。
- ② 各林小班を該当する経営区分（記号）に割り当てる。
- ③ 造林地を抽出する。
- ④ 抽出された造林地を対策別（記号）に選別する。
- ⑤ データを CD-ROM に格納する。

図化は専門機関に委託して行うこととする。

図化されたものが造林計画の個別データを正しく反映しているか図化工程における製品検査を実施する必要がある。さらに地域の関係機関によって計画図のドラフト版における地図情報の精度及び計画内容の確認を行い、問題個所の有無を明らかにする。この結果を図化機関にフィードバックさせて図化を完成させ、これを検収する。

7. 造林経費積算

造林経費を積算するためのプロセスは以下の手順に従う。本造林計画では苗木は地元及び周辺地域から調達するとの前提に立っていることから、苗畑造成費は計上しない。また、間接経費はここでは計算していないので造林に係る直接費のみの積算とする。

- ① 種毎の種苗単価の市場調査
- ② 播種造林を行う樹種の種子発芽率を調査し、ha 当り種子散布量計算
- ③ 地域別、作業種別労務単価（日当）調査
- ④ 輸送費調査（トラック/km）
- ⑤ 造林の工程別作業種の決定
- ⑥ 対策別造林費の計算

以下のステップを踏む。

i) 地帯区分別樹種構成単位別の ha 当り造林費を求める

例：生態保全林高山帯でのトウシラカンバとツツジ類の群状混植造林の ha 当り造林費
植栽密度をトウシラカンバ×ツツジ： N_1 本× N_2 本とし、ポット苗造林とする
林地測量費＋林地整理費＋植付け穴作業費＋苗木代＋輸送費＋植付け費＋保育費
＋補植費＋管理費＝ha 当り造林費

ii) 地帯区分別平均造林単価を求める

i) で求められた樹種構成別 ha 当りの造林費を総計し、この平均値を求める。

iii) ii) で求めた平均造林単価と地帯区分別造林面積値の積を求める。

iv) 各地帯区分別造林面積の合計値を求める。

⑦ 造林費

⑥ で求めた対策別造林費の合計値を求める。

8. 造林計画策定

造林計画案について事業評価が行われる。事業評価の詳細については後述する。この評価の結果、造林計画案に基づいた事業実施によって発生する便益等に対して経済的観点から、また環境影響の観点から問題がないと判断された場合、この事業は実施することが妥当であると評価される。

また計画案の内容は関係行政機関によって吟味される。この結果について協議を行い、特に問題がないと判断された場合、計画案は正式に成立する。

9. 作業の流れ

次ページの図 9-4-1 に造林計画策定に係る作業の流れを示す。

9-5 治山計画策定

1. 治山計画作成

安寧川流域の荒廃裸地を対象に、造林計画を策定しその実施のためには、造林実施上及び森林の保全上、簡易治山が必要であり、簡易治山計画の策定には次のフローチャートによる調査を必要とする。既に本件調査により、治山計画調査を実施しているので、その結果を参考にすることが可能である。なお、本格的な治山計画では、大規模な崩壊地、地滑り性崩壊、地滑り等の治山工事を含め、工法も山腹工のみでなく、溪間工を含めた計画とする必要がある。

2. 崩壊状況調査

1) 調査する崩壊地の区分と調査方法

計画策定区域の現地踏査を実施し、計画対象区域の崩壊状況と造林のために必要な治山工事の概況を把握する。

山地の崩壊は工法が明らかに異なる表層崩壊とガリー浸食溝の二種類とした。崩壊地

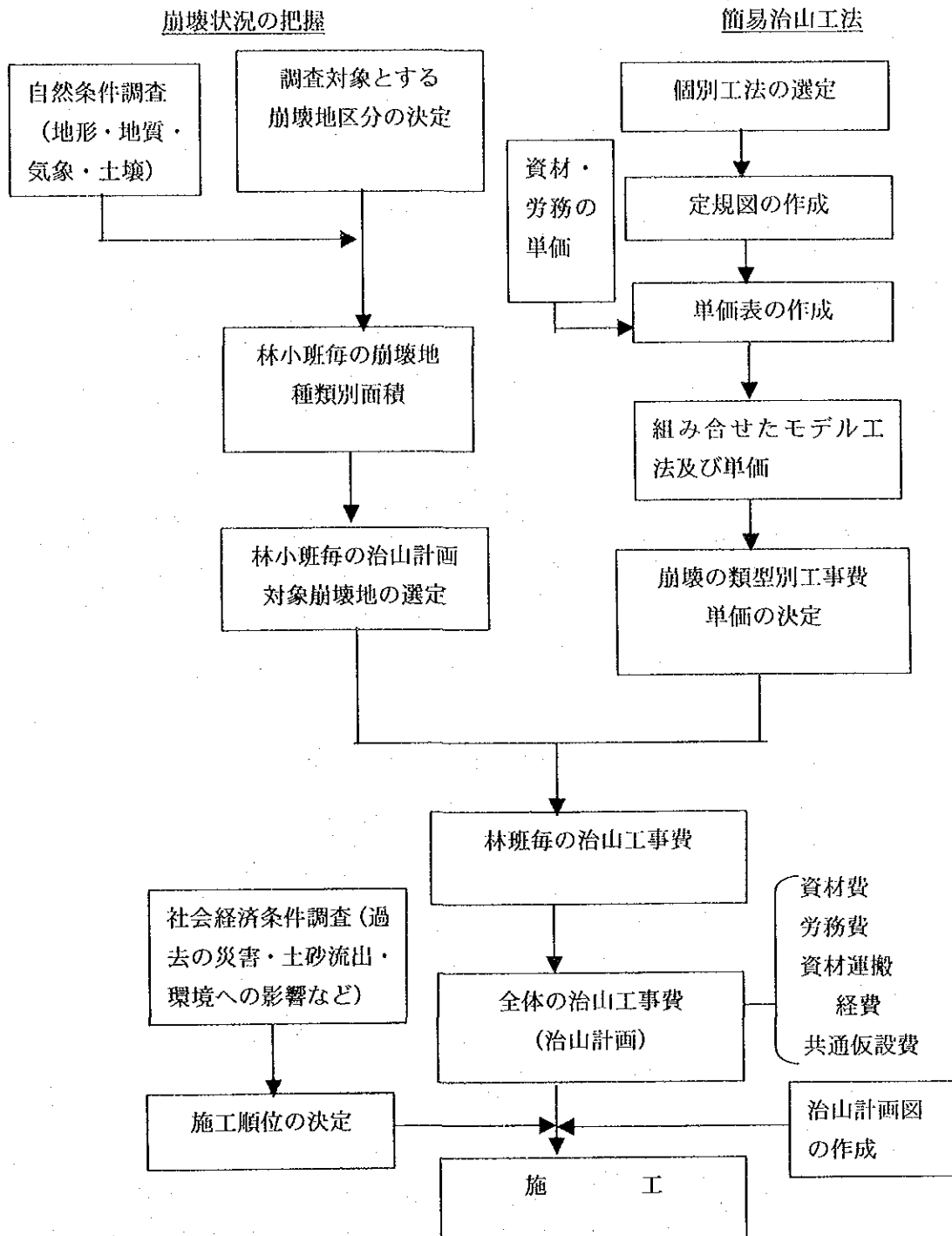


図 9-5-1 治山計画に必要な調査取りまとめ項目とフローチャート

の調査は現地踏査と航空写真の判読により行う。

2) 小班毎の崩壊地の種類別面積

荒廃裸地内の崩壊地を林小班毎に拾い上げ、崩壊種類別に整理する。

3) 山計画対象崩壊地の選定

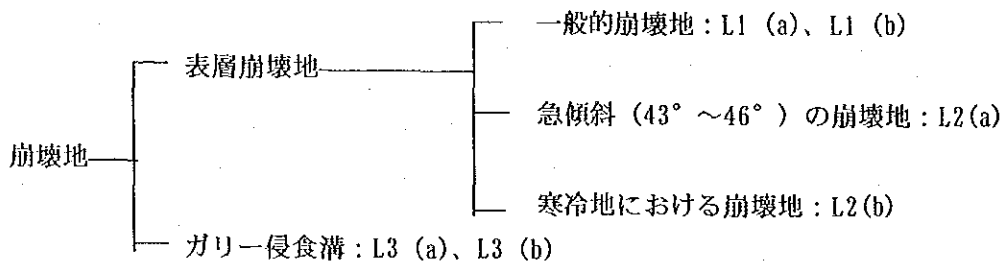
荒廃地内の崩壊地から治山計画の対象とする崩壊地を選定し、整理する。治山計画（工事施工対象）の対象とする崩壊地のおおよその選別基準は次の通りとする。

表 9-5-1 調査対象崩壊地と治山計画対象崩壊地の区分

崩壊区分	表層崩壊	ガリー浸食溝
調査対象	・0.01ha(10mX10m)以上の崩壊地	・造林予定地内のガリー浸食溝
治山計画の対象	・0.01ha(10mX10m)以上の崩壊地を対象	・長さ200m程度までが施工が容易
	・0.10ha(50mX20m)程度までの崩壊地が施工が容易	
治山計画の対象外	・崩壊の状態や周辺の状況により判断し、必ずしも上記の数値にこだわらない。	
	・地滑り性崩壊やガリーの集中により小班全域にわたるような大規模なものは除く。	
	・崩壊の傾斜角が極端に急なもの(47度以上)。 ・大規模なガリー浸食溝(常水が多いもの等)	

なお、治山計画の対象とする崩壊地は適切な記号を付し整理する。

<治山計画の対象とする崩壊地の整理>



4) 崩壊に関する自然条件調査

崩壊の発生と関係する自然条件を調査する。崩壊発生の原因を調べる必要があるが素因(地形、地質、土壌)と誘因(気象(とくに豪雨)、土地利用状況、人為的原因)に分けて調べ整理する。

5) 社会経済的条件調査

当該流域に関係する社会経済的条件を調査するが、とくに留意する必要がある事項は次の通りである。

- ① 過去の災害：土石流、山崩れ、水害による被害状況及び災害時の降雨の状況
- ② 山地からの土砂流出の程度：下流の集落、道路などの施設への影響及び天井川の形成状況等
- ③ 地域の環境への影響：溪流・河川の濁水の増加等

3. 治山計画基本方針

1) 個別工法の選定

造林と併せて行う簡易治山工法の場合、編柵工など山腹緑化工を主体として植生の生育条件の改善と確保を図る工法が主体となる。現地の崩壊地の規模や特性に応じた個別工法を組み合わせることで次により選定する。

(1) 表層崩壊に対する工法

編柵工を主体にし、筋工を組み合わせる。急傾斜の崩壊（ $43^{\circ} \sim 46^{\circ}$ ）や凍上の恐れのある寒冷地にはむしろ伏工を主体に採用する。実施の結果によりより適切な工法を改良開発する。

(2) ガリー浸食溝に対する工法

どこの積工を横断工として用い、どこの袋を水路工に用いる。また、常水のある箇所には可能な限り鉄線かご工を用いる。実施の結果によりより適切な工法を改良開発する。

(3) 山腹工法に必要な木本・草本

山腹治山工法の最終の目的は緑化、すなわち森林植生を育てることによって山腹斜面からの土砂流出の減少を図ることである。荒廃した裸地や崩壊した山腹斜面の場合、表土層が不安定の上、土壌の養分が欠乏しているため、人工的な工作物で表土層の安定を図り、植生が生育しやすい環境を作るとともに木本の植栽や草本等の播種によって森林植生の回復を図るのが緑化工である。

個別山腹工法と木本・草本使用の関連をまとめると次の通りである。

a. 山腹工法に用いる木本

編柵工や竹筋工の埋土部分には必ず木本を植栽することとする。崩壊地における植栽本数は、土壌条件の良好な箇所では3,000～5,000本/ha、土壌条件の悪い箇所では8,000～12,000本/haであるが、植栽は編柵工、竹筋工の水平方向に1m間隔とする。山腹工に用いる木本の条件としては、一般的に痩悪土壌でも旺盛に繁茂し、土壌の緊縛度が大きく、各種の被害に抵抗性があり、土壌改良効果があり、入手の容易なもの等の条件をできる限り満たしているものを用いる。

一種類の樹種でこれらの条件を全て満たすことは難しいが、①浅根性のものと深根性のもの、②肥料木（マメ科）と他の樹種、③針葉樹と広葉樹、④高木性のものと低木性のもの等性質の異なるものを混植すると良い。

表 9-5-2 山腹工法と木本・草本との組み合わせ

個別山腹工法	用いる木本・草本の区分
・編柵工①、②	植栽木＋牧草種子（草本株）＋挿木
・竹筋工①	植栽木＋牧草種子（草本株）＋挿木
・竹筋工②	牧草種子（草本株）＋挿木
・むしろ伏工	木本種子、草本種子（牧草）の混播
・土のう水路工	草本種子（牧草）

注 1：草本は広範囲の条件に適応する牧草種子の播付を主体とするが、在来の草本種子も可能な場合混播することが望ましい。また、草本種子の播付に替えて、周辺から草本株が得られる場合はこれを用いる。

2：むしろ伏工の場合、木本種子を直播するので、直播に適する樹種を選定する必要がある。

挿木については、崩壊地の周辺で得られる挿木に適した林木の枝条を編柵工、筋工などの施工後、挿しておき、発根・生育を図ることとする。

b. 山腹工法に用いる草本

荒廃山地や崩壊地の緑化の場合、木本とともに必ず草本を導入し植生の生育に適する土壌環境などをできるだけ早期に整える。用いる草本は厳しい自然条件にも比較的良く耐え得る牧草が良く、可能な場合には在来の草本も混ぜて使用するのが良い。なお、実播工に用いる草本類は痩悪土壌でも旺盛に繁茂し、生育初期が旺盛であり、生育後の地表被覆効果が大きく、土壌の緊縛度の大きく、生育の永続性が期待でき、各種の被害に抵抗性があり、土壌改良効果があり、入手の容易なもの等の条件をできる限り満たしているものを用いる。

牧草は自然条件の厳しい箇所でも比較的良く発芽・生育する。牧草には「寒地型」と「暖地型」があり、この区別を知った上で現地の条件にあった種類を選ぶ。イネ科（禾本科）、マメ科に属するものがあり、異なる種類を混播するのが良い。

c. むしろ伏工における播種量について

むしろ伏工の場合、斜面を整地し草本・木本種子を肥料とともに混播し、肥土で種子を被覆した後、むしろで覆う工法であるが、草本・木本の種類の選定や異なる種類のを混ぜる必要があることについてはすでに述べたところである。播種量は発生期待本数を決めた上算出する。

2) 定規図の作成

選定した個別工法について単価を算出する必要があり、先ず定規図を作成し必要な資材の数量を求める。

3) 単価表の作成

個別の工種の経費を単位数量当りで算出するため単価表を作成する。計算の要素は次の事項からなっている。

- a 定規図から決定した単位数量の工種を築設するために必要とする資材の数量 ($a_1, a_2, a_3 \dots$)
- b 各々の資材の単価 ($b_1, b_2, b_3 \dots$)
- c 細分した作業種別 (例: 杭打ち、編み上げ仕上げ、床堀) ごとの歩掛* ($c_1, c_2, c_3 \dots$)

注: 歩掛とは1人1日の仕事量を意味し、 $\times \times$ 人/単位作業量/日で表し、積算の重要な要素である。

- d 労務単価 (d)

以上から

$$\text{材料費: } A_i = a_i \times b_i$$

$$\text{労務費: } B_i = c_i \times d$$

$$\text{工種別単価: 単価} = \Sigma (A_i + B_i) / \text{工種別単位数量}$$

4) 組み合わせたモデル工法及び単価

治山工事対象地の崩壊地は規模、特性に応じすでに選定した個別の工法を組み合わせで施工計画をする必要がある。決定した個別工法の単価を用い組み合わせた場合の工事費を求める。この場合の個別工法組み合わせの基本的考え方は次の通りである。

(1) 表層崩壊地の場合

a. 編柵工①、②

斜面距離 5m 間隔に施工し、土砂の移動を防ぎ斜面を安定させるための主要な工種とする。規模の小さい崩壊地の場合は、編柵工に替えて竹筋工①を用いる。

b. 竹筋工①、②

5m 間隔に施工する編柵工の間に、更に2列の筋工を施工し、植生 (木本、草本) を生育させる場所を作る。竹筋工②は斜面を切り取ることが不適当な箇所を用いる。

c. むしろ伏工

表層崩壊地への主要な工種は編柵工と筋工とするが、一つの崩壊地内で、急傾斜で斜面を切り取ることができない部分がある場合は、むしろ伏工を採用する。

(2) 急傾斜 ($43^\circ \sim 46^\circ$) の崩壊地及び寒冷地の崩壊地の場合

安寧河流域には $43^\circ \sim 46^\circ$ の急傾斜の崩壊地が多数見られる。このような急斜面では柵工や筋工を施工するために斜面を切り取ると、大量の切り取り土砂が発生し、かえって斜面が不安定になる。また、3,000m程度以上の高海拔地では、凍結融解の恐れが

ある。

これらの場合には、編柵工を斜面距離 5m 間隔で施工し、その間に筋工を一行施工したうえ、表土の裸出部分に木本・草本の種子を肥料とともに播きつけた後、むしろで覆い止串で押える工法とする。

(3) ガリー侵食溝の場合

a. 土のう積工

土のうを高さ 0.75m 程度に、ガリーを横断するよう積み上げ、縦横浸食の防止、土砂の流出防止を図り、さらに、水路工の支えとするもので、斜距離 10m 間隔に設ける。

b. 土のう水路工

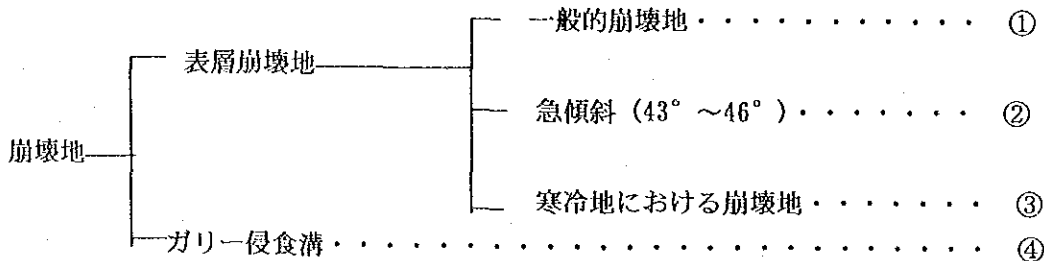
幅 40cm 長さ 60cm の土のうに草本種子、肥料、腐食土を詰めたものをガリーの底面に幅 1m 程度の水路を形作るように張り付け、止め杭で固定する。草本種子の発芽・生育により流水の分散、浸食防止、土砂流出防止に役立つ。更に草本の生育、繁殖により周辺の土壌裸出部分の浸食防止及び安定化に役立つ。

c. 鉄線かご工

ガリー侵食溝の場合、湧水や常時の流水がある場合が多いが、この様な部分には鉄線かご工が適している。

5) 崩壊の類型別工事費単価の決定

崩壊を表層崩壊、ガリー侵食溝の 2 大区分とした。工事費の算出は、個別工法の組み合わせにより行うことになる。前記 4) のモデル工法による規模別に 5 事例程度の工事費を算出し、これらの事例を用いて崩壊の大きさと工事費単価の関係をグラフ上にプロットする等により、面積の大きさに応じた工事費単価の違いの傾向を把握して全体の工事費を求めるために最も適切な平均単価を決める。



言い換えれば、上記①、②、③、④のいずれの場合も工事対象として集計した崩壊地の規模やその頻度を考慮した上、全体の工事費を求める平均単価をきめるのであるが、各々の場合において平均単価を一種類のみとした場合、単価の差が大きすぎる場合には各々をさらに細分する必要がある。

4 全体の治山工事費の算出

1) 材料費、労務費の算出

前記 3. の 5) で算出した崩壊類型別平均工事単価を 2. の 3) で整理集計した林班毎の類型別崩壊地面積に乗じて工事費を算出する。同様に崩壊地のある全林班について計算の上合計し全体の工事費とする。この場合、算出した工事費は直接工事費である。

2) 資材運搬費の算出

治山計画対象地はかなり遠隔地にあるため工事用資材の運搬に要する経費の算出が必要であり、次のようにして求める。

- ① 車両及び人力による運搬とに分け崩壊地 1ha 当りの平均的工事資材重量を求める。
- ② ①の平均的工事資材重量を各林班の崩壊地面積に乗じて運搬必要量を求める。
- ③ 一方、林班毎に必要なとする車両による運搬距離、人力による運搬距離を求めておき、 $\langle \text{資材重量} \times \text{運搬距離} \times \text{運搬単価} \rangle$ により車両による運搬経費、人力による運搬経費を算出して加え、集計する。さらに、全林班の分について集計する。

3) その他の諸経費の算出

前記の 1) ~ 2) はいずれも直接工事費であるが、必要に応じ次の経費も積算する。

- ① 共通仮設費：技術管理費、安全費、営繕費、事業の実施に伴う濁水防止施設の設置などの経費で率又は積み上げで積算
- ② 現場管理費：現場事務所を中心として事業実行のための業務処理に必要な経費で率により積算
- ③ 一般管理費：本社や支店において当該事業を実施するために必要な業務処理に要する経費で率により積算
- ④ その他管理費：発注者が当該事業を実施するために必要な業務処理に要する経費
- ⑤ 予備費：予測し難い事案の発生に備えて予め見込んでおく経費

5. 治山計画図の作成

崩壊の現況や治山対策工法の状況がわかる小班単位での治山計画図を作成する。その基本方針は崩壊の次の通りである。

- ① 治山計画図はすでに作成済みの林小班図をベースとする。
- ② 崩壊の状況がわかること。
- ③ 崩壊地についての対策工法がわかること。

治山計画図は調査した現状の崩壊地や対策工法を分類して記号を付し、図上では記号で表示することや色分けをするなどの方法で作成する。

6. 施工計画

治山工事を施工する場合、次の理由に配慮した施工計画が必要となる。また、施工順

位は、当該地域の造林計画の緊急性や荒廃裸地からの土砂流出が下流に及ぼす影響などを考慮して決める。

- ① 当地域は5～10月が雨期であり、山地道路の車両通行が容易でなく、かつ土工作業が困難
- ② 寒冷地では、冬期間、工事施工後土壌が凍上する恐れがあり、その結果工作物に被害を与える等についての配慮が必要
- ③ 山腹工事には、植物を扱う作業があり、適期に作業の完了が必要
- ④ 工事用資材を一度に大量に必要

9-6 関係行政機関との協議

広範囲の地区を対象としての造林計画では、造林計画策定し、実施する林業関係機関のみならず他の行政機関との間に調整が必要となる。このため、造林計画の策定の段階で相互の協力・調整のための協議を必要とする。造林計画策定機関は次の機関と協議を必要とする。

- 省及び州政府
- 省及び州計画委員会
- 省及び州政府財政担当機関
- 省及び州農業担当機関
- 省及び州水利担当機関
- 省及び州林業関係機関
- その他関係機関

9-7 評価

1. 評価の必要性

事業評価は、計画される造林及び治山事業が事業計画区域の現社会経済情勢及び環境の状況に照らし合わせて適切か否かを判断し、事業によっていかなる効果・便益が見込まれるかを予測、算定し、事業の妥当性を検討することである。

1. 評価の材料

1) 基礎資料の収集

評価に先立ち、事業計画区域を含む行政区内の公的な社会経済関係公表データを収集、加工し小売物価、人口などの趨勢を把握する。つぎに、事業計画区域に係る林業・環境関係のデータを収集し環境変化の趨勢、とくに森林面積、荒地荒山面積、耕地面積などの変遷を把握する。さらに、事業計画区域を流域とする河川の堆砂状況、水害発生状況、

農地の崩壊・堆砂埋没被害発生状況、復旧及び堆砂除去経費などを聞き取り調査によって把握する。

2) 雨水及び土砂の流出量の計測

航空写真の判読、図化した地図の数値化データの利用によって環境の現状データを作成する。事業計画区域からの雨水の流出、土砂の流亡については現地において 2,000～2,500 ha に 1 点の密度で実測する。乾期においては既知流域の降雨後における溪流流量及び懸濁質濃度を測定し、ライシメータの設置による表面流出・土砂流亡量の実測をおこなう。乾期においては人工降雨試験及び土壌浸透能測定によって畑・荒廃裸地、人工林、天然林など代表的地目における適用雨量に対する流出率、土砂流亡量を測定する。

3) 現況の流出率及び流亡土砂量の推算

これら代表地点の実測データから事業計画区域全体の年間雨水流出・表土流亡値を求めるには USLE 法 (30 分、1 時間雨量データが必要)、SLEMSA 法 (南アフリカ侵食予測方式) を利用し、実測した傾斜度、傾斜の長さ、植生被覆度、土壌、年雨量に係る数値を関連算式に代入して係数を定め、小林班ごとにこの係数とこれらの変数の値を森林面積簿から転写して関連算式に代入し、現況の流出率と流亡土量を推算する。

2. 評価の手順と手法

評価では事業を実施せず現状の趨勢が継続して荒廃化が進行して行く場合と、計画した事業が実施され環境が次第に改善されて行く過程とを比較対照し両者の差を求める。

1) 事業費

事業費については、実勢価格による工事費、造林費 (再植林が必要な場合この費用も含む) 及び雑費、維持管理費を計上する。業者発注、工事監督など間接経費は国内の財の国庫から関係職員への単なる移転に過ぎないので計算から除外し、真に付加価値を生み出す費用のみに絞って事業実施に係る費用とする。

2) 便益

事業評価の期間については環境便益が十分創出される事業着手年度から起算して 50 年間とする。工事・造林に必要な機材、材料はすべて国内調達が可能のため仮想価格への変換による評価計算は必要なく、すべて現勢財務価格により評価を行う。インフレ率、賃金上昇率は時差があるものの、結局発生する便益価値に上昇が反映されるので評価計算では考慮しない。

3) 便益の計測

予測される可測便益効果は次のものが挙げられる。

- ① 現況洪水、堆砂被害の復旧工事費が節減できる予防的便益
- ② 水資源の利用可能量の増加及び植物養分の流亡抑制から発生する便益
- ③ 地球環境保護に係る便益

④ 林業生産に伴う便益を可測便益

上の各項の具体的な計測は次の通りである。

①は下流市街地の数十年に1度生起する洪水被害復旧費、経常的河川堆砂除去費用、本川にある既存堰堤などの機能低下復旧費用を節減する代替費用の形で計上する。

②は森林の雨水貯留増加効果を地元の灌漑面積の拡大による作物収益増加、市街地の上水供給増加を水の価格に換算して算定する。

③は工業活動で発生する炭酸ガスの除去に係る代替費用を計上する。

④は用材、薪炭、家畜飼料、果実生産の現勢価格による価値で算定する。

便益の発生拡大率は工事の年次計画、植林樹種の成長速度に応じて決定する。前節で求めた現況の荒廃裸地からの流出・流亡量は計画した造林・治山によって人工林からの流出・流亡量が減少するので、これを事業非実施の場合の現況より拡大した荒廃地からの推定流出・流亡量と比較して前記1)及び2)の事業効果を算定する。

3. 評価の取りまとめ

1) 事業の実施評価

事業費と可測便益は費用便益率(B/C)及び内部収益率(IRR)の計算によって所期の環境保全効果の効率を判断する。同時に、感度分析として事業費が20%増嵩した場合、便益が見込みより20%低下した場合、及びこれらが同時に生起した場合についてのB/C及びIRRの変化を計算して計画した事業の経済安定度を検定する。一般に、環境保全事業においては利益追求事業と異なりB/Cが1.5~10の範囲、FIRRは3~10%程度に納まれば事業内容が妥当であると判断され得る。両数値が2桁になれば営利事業並みの便益が期待でき、地域住民が自己または借入れ資本で賄い得る事業と判断される。

感度分析の検定変化幅20%は中国における長期経済安定性と10年間の工事・施業期間に鑑み十分な変域であり、これ以上の変動が起こる可能性は低い。物価指数の変動も建設、賃金、エネルギー関係物価については年率1~3%の幅に落ち着いているので、B/Cが1.0を割り込む50%幅の変動が起こる確率は極めて低い。

2) 非可測便益の考慮

可測便益に加え、非可測便益の考慮も重要である。この中には事業実施を通じた地域社会の賦活化効果、アメニティー効果、生態系の生物多様性増大または減少抑制効果、造林防風効果などが挙げられる。これらも時間を掛ければ可測便益として算定し得るが、地域社会における創造価値としては上述の可測便益の方がはるかに高いと考えられる。