

8. 低密度植栽施業指針の検討

低密度植栽施業指針について、本調査でこれまで実施してきた文献調査、現地調査等により以下のとおり検討を行った。なお、次年度以降も得られた知見を追加し、最終年度に取りまとめる。

8.1. 総論

8.1.1. 背景

近年、森林資源の成熟による主伐の増加が予想される中、森林の多面的機能を十分に発揮させていくためには、確実な再生林を実施する必要がある。他方、森林所有者等の再生林意欲を向上させていくためには、主伐後に再生林を行っても一定の利益が残るよう、再生林の低コスト化を徹底することが不可欠となっている。

再生林の低コスト化を図る手段の一つとして、コンテナ苗を利用した「伐採と造林の一貫作業システム」の導入が注目されている。また、同じ低コスト化を背景として、成長に優れた優良品種の開発や早生樹導入等の検討も進められている。そのような中、低密度植栽の導入によりなお一層の低コスト化が図れる可能性が指摘されている。

8.1.2. 目的

従来、主要な造林樹種の植栽は 3000 本/ha 前後で実施されている。近年、植栽本数を減らして、苗木代金や植栽労務費の縮減等により、再生林・保育の低コスト化を図る低密度植栽への期待が高まっている。しかし一方で、疎植であるため、気象害・鳥獣害等による更なる本数の減少に加え、林分閉鎖の遅延が生じ、生立木の梢殺（ウラゴケ）化や、下刈り・つる切り・除伐等の育林作業の増大等、種々の弊害が生じる可能性も懸念されている。以上のような課題を樹種別、地域別に検証し、成林の確実性やコスト削減効果の評価を通じて、低密度植栽技術の指針を策定する。

8.2. 低密度植栽のポイント

(1) 木材生産と植栽密度

木材生産の目標は、地域や樹種、その用途に応じて変わる。例えば、ヒノキ・スギの無節柱材の生産や製材用材（A材）の生産、あるいはスギ・カラマツの集成材や合板用材（B材）の生産（並材生産）など様々である。

一般にヒノキの無節柱材の生産では、その植栽本数を 3,000～6,000 本/ha 程度として、高密度植栽から除伐、枝打ちを経て間伐を何回も行い、年輪幅が小さく柱に向けた「かんまん（完満）」な良質材を育て上げる施業が行われている。

また、スギやカラマツによる集成材の生産では、植栽本数を 2,000～3,000 本/ha 程度として、除伐・枝打ち・間伐を減らし、形質的には、節があつて「かんまん（完満）」でなくても、材として並材利用できるものを生産する。

一方、生産目標を最初から短伐期の並材生産とした場合、植栽本数を 1,000 本/ha や 1,500 本/ha の低密度植栽として、基本的に枝打ちを行わず、間伐を実施しないか、あるいは回数大幅に減らして主伐に至る施業を想定できる。見方を変えれば、従来の 3,000 本/ha 植栽で、初回切り捨て・その後の複数回の間伐で本数管理をし、目的とする丸太生産を行う施業に対し、短伐期の並材生産を目標とした低密度植栽では、途中で間伐として抜かれる本数分を見越して、最初から少なく植える手法と考えることができる。結果的に、再生林における植栽コストの削減、育林過程でのトータルコストの削減にも繋がるものである。ただし、生産される丸太は節が多く「ウラゴケ」形質になりやすい可能性がある。しかしこのデメリットの形質も、その用途が合板や集成材だと許容できるものとなる。一方で、この「ウラゴケ」形質も、伐期を延長し間伐を加え、幹の肥大成長を促進させれば、やがて「かんまん（完満）」な形質へと変化していくものになると考えられる。

植栽密度を従来の 3,000 本/ha から、2,500 本/ha、1,600 本/ha、1,100 本/ha と低密度化した場合、植栽間隔でみると 3,000 本/ha の 1.8m から、順次 2.0m、2.5m、3.0m となる。例えば、2,500 本/ha と 1,600 本/ha では、植栽間隔が 0.5m の差であるが、植栽木の片側・半径方向では 0.25m の差となる。この差が大きいのか小さいのか、この差がその後の植栽木の成長等にどれだけ影響するものなのか、現段階では予測は難しい。より予測が確実にできるよう、今後の調査・解析等を通じて成果や知見をまとめ、ガイドラインの作成に反映させていきたい。

(2) 植栽作業

低密度植栽では通常の植栽密度に比較し、林分閉鎖に至るまでの期間が長くなる可能性がある。結果として、低密度になればなるほど下刈り期間が増加する可能性があることから、植栽場所に応じた樹種の選定が重要になる。

[樹種の選定]

林業上重要な造林樹種を対象に、樹種本来の特性や低密度植栽時の成長特性等を考慮し、樹種を選定すると、現時点では全国的な造林樹種であるスギやヒノキのほか、冷温帯地方等の寒い地域でのカラマツやグイマツF1が対象樹種として考えられる。

以下に記述する樹種特性等を勘案すると、低密度植栽への適応性は、一般的には、カラマツ・グイマツF1、スギ、ヒノキの順であり、前者2つは適応性が高いと思われる。

[樹種の特性]

○カラマツ・グイマツF1

北海道や東北・中部地方の冷涼寒冷な地域を中心とした造林樹種である。前述した主要造林樹種の中で最も初期成長が速く、その後の成長も良い。木材の用途としては合板用材や集成材に適する。

○スギ

ほぼ日本全国で主力と成りうる造林樹種である。成長速度はカラマツ・グイマツF1に比べれば中庸となるが、基本的に成長は良い。低密度で植栽した場合、樹幹形状は梢殺となる可能性があり枝が地際近くまで着生するが、林分閉鎖と共に下枝は次第に枯れ上がり、材の用途が合板等であれば問題ないと思われる。

○ヒノキ

前2樹種に比べればヒノキの成長は遅い。そのため、低密度植栽では閉鎖期間が長くなり、不利になる可能性がある。一方で、耐陰性が高いことから、下刈りを隔年に行う等に対応することができる可能性もある。低密度植栽する場合は、成長が良好な立地を選んで行うことが大切である。また、スギと同様に低密度で梢殺となる可能性があり多くの枝を着生するが、樹種の特性として落枝性が悪く林分閉鎖しても枯れ枝となって残った場合には、死節の原因となる。

[適地適木]

低密度植栽においては、その良好な初期成長を担保できる場所を選定する。再造林地であれば、前生林分の成長状態を参考にする。ヒノキについては、カラマツ・グイマツF1やスギに比べ成長が遅いので、適地選定を誤ると下刈り回数が増えコストが掛かり増しになり、当初の植栽本数低減によるコスト削減効果が相殺される可能性がある。

[植栽本数]

低密度植栽における植栽本数は、地域別、樹種別に生産目標に応じて異なってくる。長期に渡って継続している密度試験の事例を以下に示す。また、それらの情報や他の文献情報等から植栽密度についての考察を以下に提示する。

○カラマツ・グイマツF1

- ・北海道の8年生及び13年生のグイマツF1密度試験地（植栽密度1,000本/ha）での調査では、林冠閉鎖が確認されており、植栽密度1000本/haでも十分閉鎖すると考えられる。
- ・40年生のグイマツF1密度試験での調査から、植栽密度1,000本/haでは間伐1回で材積338 m³が収穫可能となった（2,000本/haだと間伐3回で材積330 m³）との報告がある。ちなみに、植栽密度1,000本/haで間伐2回の削減が可能となりトータルで育林経費が3割削減されている（北海道立林試2006）。

○スギ

- ・昭和49年に宮崎県日南市に設定された林分密度試験林（43年生：無間伐；植栽密度544・783・1,128・1,626・2,339・3,365・4,850・6,987・10,027本/ha）の調査結果では、植栽密度2,339本/ha以上、あるいは783本以下より、植栽密度1,128～1,626本/haの方が、林分蓄積及び原木価格の収益性の面から有利であった。43年生まで無間伐で推移した結果であり、上記の植栽密度範囲であれば間伐無しで主伐に入ることが可能であることを示している（宮崎41年生：三重野2017、宮崎南部署2017、福地ら2008、本事業）。

- ・昭和48年に広島県福山市に設定された植栽本数別密度試験地（43年生：除伐1回、間伐2回；植栽密度1,000・1,500・2,000・3,000本/ha）の調査では、植栽密度1,500本/ha以上であれば樹形・形質・強度的に木材としての利用に支障はないとの報告がある。一方で、植栽密度1,000本/haでは、成林はしたが、梢殺、枯枝、節抜け材が多く柱材には適さない材となった（佐々木ら2009）。

○ヒノキ

- ・昭和49年に広島県福山市に設定された植栽本数別密度試験地（42年生：除伐3回、間伐2回；植栽密度1,000・1,500・2,000・3,000本/ha）の調査では、植栽密度1,500本/ha以上では樹形・形質・強度的に大きな欠陥はないこと、一方で、1,000本/haの低密度植栽では、植栽本数が少ない分、林冠閉鎖が遅れ、下刈りが余計に必要とされ、形質も今までの柱材生産には向かないとの報告がある（佐々木ら2009）。

<まとめ>

現時点の情報等を整理すると、樹種ごとに次に掲げる植栽本数まで低密度としても成林や木材利用への大きな影響がなく、低コスト造林の実践ができるとする事例は以下のとおり。

- ・グイマツF1 1,000本/ha
- ・スギ 1,100本/ha～1,600本/ha
- ・ヒノキ 1,500本/ha以上

[植栽の作業効率]

低密度の1,100本/haで植栽間隔は3mである。従来の3,000本/haの1.8m間隔とは異なり、作業自体に慣れがなく1本あたりの植栽効率が落ちる可能性がある（ただし当然、単

位面積あたりの植栽本数を減らしたことによる作業時間の短縮にはなる)。低密度植栽の植幅に慣れて、植幅を測らずに植栽を行えるまでの間は、作業効率を高めるために、竹等の軽量の資材で尺棒を作り利用する等の現場レベルでの工夫も考えられる。

[補植]

林冠閉鎖を進めるためには、低密度植栽地で植栽後 1～2 年の間に苗木枯死が群状に発生した場所では補植を実施する必要がある。特にクズ等のつる類被害が想定される場所においては、補植を確実に実施することが推奨される。ただし、補植に要するコストとクズ等によるつる巻き被害の多寡（その損失）を予想して実施するかどうかの判断が必要になる。

[気象被害]

東北日本海側の多雪地域で 1,000 本/ha 以下のスギの低密度植栽を行う場合には、幼齢期に雪圧害を受け、主伐時の優良木の収穫本数が減少するおそれがあるとの報告がある。この場合 1,000 本/ha よりも高い植栽密度で実施することが推奨されている^(野口ら 2014)。

(3) 下刈り作業

低密度植栽では、植え幅が広がるため、通常より下刈り期間が 1～数年は増す可能性がある。その傾向は、カラマツ・グイマツ F1 < スギ < ヒノキ の順に増加する。

なお、過去の事例等によれば以下のとおりとなっている。ここで言う低密度植栽とは、現時点では暫定的な幅を持たせ、概ね 1,000 本～2,000 本/ha 程度を念頭に置く。

- ・成長の早いグイマツ、カラマツでは 3～4 年間、通常通りの下刈りで林冠閉鎖が期待できる。
- ・スギは通常どおりの 5 年程度の下刈りで林冠閉鎖へ繋がるができると思われる。
- ・成長の遅いヒノキは、侵入草本やつる植物の状態により差異があるが、通常の 5～6 年の下刈り後にも、1～2 年下刈り期間を延ばす必要性が高い。

なお、植栽木の初期樹高成長は、同一樹種であれば、気候条件、植栽立地選択の適・不適合に起因するケースが多く、その後の下刈り回数（コスト）多寡に直接的に関わってくる。

雑草木の再生力が強い場所では、通常に比べて植栽木を見つけにくくなる場合があり、誤伐が高まる可能性があることから、必要に応じ、植栽木への簡易な目印や、比較的大きな苗を使う等の誤伐を抑止するような手立てを講じる。

(4) つる切り作業

低密度植栽地でクズ等のつる類が見られる場所では、下刈りが終了し林分閉鎖へ向かう段階でつる切りを確実に実施する。林分閉鎖がスギやカラマツに比べて相対的に遅くなるヒノキについては、つる被害が拡大するリスクが大きく、林分自体の劣化を来す可能性があるため特段の注意を払って行う。低コスト作業の観点からは、つる植物の繁茂が予想さ

れる地域では、ヒノキの植栽は適さないとも言える。

フジヤクズはつる類の中でも特に要注意である。他に、樹幹に巻き付いて悪影響を及ぼすつる類としてツルウメモドキ、テイカカズラ、キズタ、マタタビ等がある。

(5) 枝打ち作業

枝打ちは、植栽木が閉鎖して下枝が枯れ始めて実施する作業で、無節の長い完満な材を生産する目的で行うものである。材の用途として合板や集成材を想定する場合には、基本的に枝打ちは不要と考えられる。

(6) 除伐作業

除伐は、植栽木が十分に閉鎖するまでに林分内に侵入した広葉樹等を除去する作業である。低密度植栽の場合、従来の回数で下刈りを完了させた場合でも、その後に相当数の広葉樹が侵入・再生してくる可能性がある。このような場合には、必要に応じ、従来の除伐時期より前倒しで除伐を実施する。

(7) 間伐作業

低密度植栽で生産目標を、並材生産の間伐回数を抑えた短伐期施業と考えた場合、基本的には無間伐で収穫するか、利用間伐を1回行ってから収穫することになると想定され、カラマツやグイマツF1、スギについてはこの施業コースを想定して植栽密度を確定することが妥当である。ただし、ヒノキについては生産目標の検討も含めて低密度植栽のあり方を検討する必要がある。

8.3. 今回の指針の前提条件等

- ① 本業務にて提示できる指針等に関わる提言については、基本的に植栽後の下刈り終了から、植栽木の林冠閉鎖までの段階が、その見通せる限界だと考えられている。 壮齢以上の履歴の分かった植栽密度試験林は非常に限られている。また、これらの試験林は、コストをかけて複数回の間伐を行い形質の良い長尺完満な林木を作る用材施業を前提として作られたものであり、本業務の低密度植栽の生産目標や思想とは違うというのを念頭に入れておく必要がある。
- ② 並材生産を専らとしていた地域で、近傍に合板や集成材等の大手工場があり、並材を必要とする環境（川下に需要）があれば、比較的この低密度植栽は受け入れ易いと考えられる。一方、地域の歴史的背景や気候条件によって形成された有名林業地、例えば尾鷲林業や吉野林業や北山林業のような地域では高密度、多間伐による良質材生産を生産目標とした林業が行われており、このような生産目標で行うものは、低密度植栽の施業とは異なる施業と考える必要がある。