

混交植栽人工林で過収量はみられるか？-カラマツ・ヒノキ混交植栽人工林の事例-

長池卓男¹・長谷川喬平¹

1 山梨県森林総合研究所

要旨: カラマツ・ヒノキ混交植栽人工林は、それぞれの樹種が単独で植栽された人工林と比較して、生産性が高い(過収量)かを明らかにした。山梨県内のカラマツとヒノキが同時に千鳥状に混交植栽された28林分において、30m×4mの調査区を設置し、胸高直径と樹高を計測した。平均胸高直径、平均樹高ともに、カラマツがヒノキを上回っている林分がほとんどであり、カラマツが上木、ヒノキが下木の二段林状であった。それぞれの樹種が個別に植栽された際の材積を山梨県の収穫予想表から算出し、調査した混交植栽人工林の林分材積と比較したところ、混交植栽人工林の多くで上回っており、過収量であることが明らかとなった。その要因としては、カラマツの成長が良好であることによることが示された。

キーワード: 過収量, カラマツ, 材積, 樹高, ヒノキ

Overyielding in Japanese larch-hinoki cypress mixed plantations in central Japan

Takuo NAGAIKE¹, Kyohei HASEGAWA¹

1 Yamanashi Forest Research Institute

Abstract: We studied whether overyielding in Japanese larch-hinoki cypress mixed plantations occurred or not. We set a 30m x 4m plot in 28 mixed plantations where both species were simultaneously and staggered planted in Yamanashi Prefecture, central Japan. Living trees in the plots were measured tree height (H) and diameter at breast height (DBH). Mean H and DBH were more in Japanese larch than in hinoki cypress and most of the stands were two-storied. Stand volume on the plots exceeded that of each tree based on empirical yield table in Yamanashi Prefecture, indicating that overyielding was found in this study. The overyielding was caused by better growth of Japanese larch rather than hinoki cypress.

Key-word: *Chamaecyparis obtusa*, *Larix kaempferi*, Overyielding, Stand volume, Tree height

I はじめに

人工林は、基本的に木材生産を主目的として造成されており、効率的な木材生産のために単一種が植栽されていることがほとんどである(5)。一方で、単一種による人工林は、種組成のみならず林分構造も均一化することが多いため、強風に対する耐性が低いことや、生物種のハビタットとして貧弱であることが指摘されてきた(5)。近年、気候変動適応策の一つとして、複数の種を植栽する混交植栽人工林は、複雑性のある林分構造や強風耐性の異なる複数の樹種により構成されること等により、気象害に対しての抵抗性や復元性が高いことが論じられている(6, 9)。

また、生物多様性-生態系機能の関係からも、混交植栽人工林での物質生産機能に関する評価が進んでおり、単一種植栽人工林と比較して物質生産機能が高い事例(過収量: overyielding)が示されているが、すべての混交植栽

人工林で高いわけではない(4, 6, 9)。

日本において、混交植栽人工林で物質生産機能が高いことを示した例は限られている(12)。本研究では、山梨県のカラマツ・ヒノキ混交植栽人工林において、単一種植栽よりも生産性が高いかを明らかにする。

II 材料と方法

1. 調査地 山梨県内のカラマツとヒノキが同時に千鳥状に混交植栽された28林分を対象とした。対象林分の平均標高は1085m(670~1510m)であった。

2. 調査項目 対象林分において、30m×4mの調査区を設置し、胸高直径3cm以上の生立木を対象にして、胸高周囲長と樹高を計測した。調査地の平均林齢は51年生(34~70年生)であった。

平均植栽密度は両種合計で2743本/haで、ヒノキが若

表-1. 調査した混交植栽人工林の立木密度, 樹高, 胸高直径, 材積の概要

Table 1 Summary of stem density, tree height, diameter at breast height and stand volume in the studied plots.

| | 立木密度 (/ha) | | | 樹高 (m) | | | 胸高直径 (cm) | | | 材積 (m ³ /ha) | | |
|----|------------|-------|--------|--------|------|------|-----------|------|------|-------------------------|--------|-------|
| | 平均 | カラマツ | ヒノキ | 平均 | カラマツ | ヒノキ | 平均 | カラマツ | ヒノキ | 平均 | カラマツ | ヒノキ |
| 最大 | 1083.3 | 750.0 | 1833.3 | 26.5 | 33.1 | 23.3 | 35.1 | 39.7 | 34.2 | 1354.6 | 1237.4 | 699.5 |
| 最小 | 375.0 | 166.7 | 166.7 | 10.7 | 13.9 | 7.5 | 18.3 | 19.1 | 14.4 | 187.8 | 124.9 | 40.3 |
| 平均 | 583.3 | 529.8 | 636.9 | 19.2 | 22.9 | 15.4 | 25.6 | 29.1 | 22.1 | 624.0 | 428.6 | 195.4 |

干多めに植栽されていた(ヒノキ 3064 本/ha, カラマツ 2422 本/ha)。植栽後の保育履歴は不明な林分が多かったが, 最終の間伐からは少なくとも約 5 年以上経過している林分を対象とした。また, 各調査林分の地位も不明であった。

調査林分の幹材積は細田ほか(1)から算出し, 合計して樹種ごとの林分材積および林分全体(カラマツとヒノキの合計)の材積を求めた。また, それぞれの樹種が個別に植栽された際の一般的な樹高, 胸高直径, 林分材積として山梨県(13)の各地位(上, 中, 下)における収穫予想表を用い, 調査林分と比較した。

また, 混交植栽人工林の各樹種の材積とそれぞれの樹種の予想材積との差分に及ぼす要因を解析するために, 一般化線型モデル(GLM)を用いた。従属変数には, 調査林分のヒノキの材積と収穫予想表における地位上または地位中のヒノキの予想材積の差分, 調査林分のカラマツの材積と地位上または地位中のカラマツの予想材積の差分を用いた。説明変数には, 林齢, 標高, 調査林分のカラマツ材積を用いた。

III 結果と考察

表-1 に調査した混交植栽人工林の立木密度, 樹高, 胸高直径, 材積の概要を示した。立木密度は, ヒノキがカラマツを上回っているものの, 樹高, 胸高直径, 材積はカラマツがヒノキを上回っていた。特に樹高に関しては(図-1), ほとんどの林分で, カラマツがヒノキを上回っており, カラマツを上木, ヒノキを下木とする二段林分となっていた。林分平均の形状比は, カラマツで 82, ヒノキで 76 であった(最大値はそれぞれ 105, 131)。

図-2 に, 調査した混交植栽人工林と収穫予想表における樹高, 胸高直径, 材積を示した。樹高に関しては, 収穫予想表での地位上を上回る林分が, カラマツで 11 林分, ヒノキで 4 林分見られた。同様に, 胸高直径ではカラマツで 10 林分, ヒノキで 6 林分, 材積ではカラマツで 16 林分, ヒノキで 1 林分, それぞれ見られた。一般的に, カラマツとヒノキを比較した際, カラマツの初期成長は

旺盛であり(2), カラマツとヒノキの混交植栽人工林においても, カラマツの成長がヒノキを上回っている例が報告されている(2)。本研究でも, カラマツがヒノキを上回っている林分が多かった。

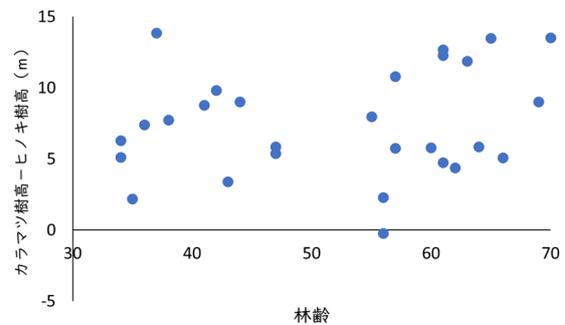


図-1. 林齢とカラマツ樹高とヒノキ樹高の差分の関係
Fig.1 Relationship between stand age and the tree height difference of Japanese larch and hinoki cypress in the studied plots.

図-3 に, 調査林分の合計材積と樹種ごと収穫予想表の比較を示した。ほとんどの調査林分で, 収穫予想表の地位上の材積を上回っていた。したがって, 林分としても, 収穫予想表で推定される材積よりも大きな材積であることが示され, 過収量であることが示された。

表-2 に, 混交植栽人工林の各樹種の材積とそれぞれの樹種の予想材積との差分に及ぼす要因を解析した GLM の結果を示した。材積が収穫予想表を上回る要因としてはカラマツの材積のみが選択され, カラマツの成長が良いことが過収量をもたらしている可能性が示唆された。

本研究で混交植栽人工林での林分材積が収穫予想表での地位上を上回る林分が多かったことは, ヒノキよりカラマツの初期成長が旺盛であることでカラマツがヒノキの樹高を上回り, 十分な空間を優先的に利用することができたためと考えられる。

なお, 本研究において調査地面積の狭いことが, 調査

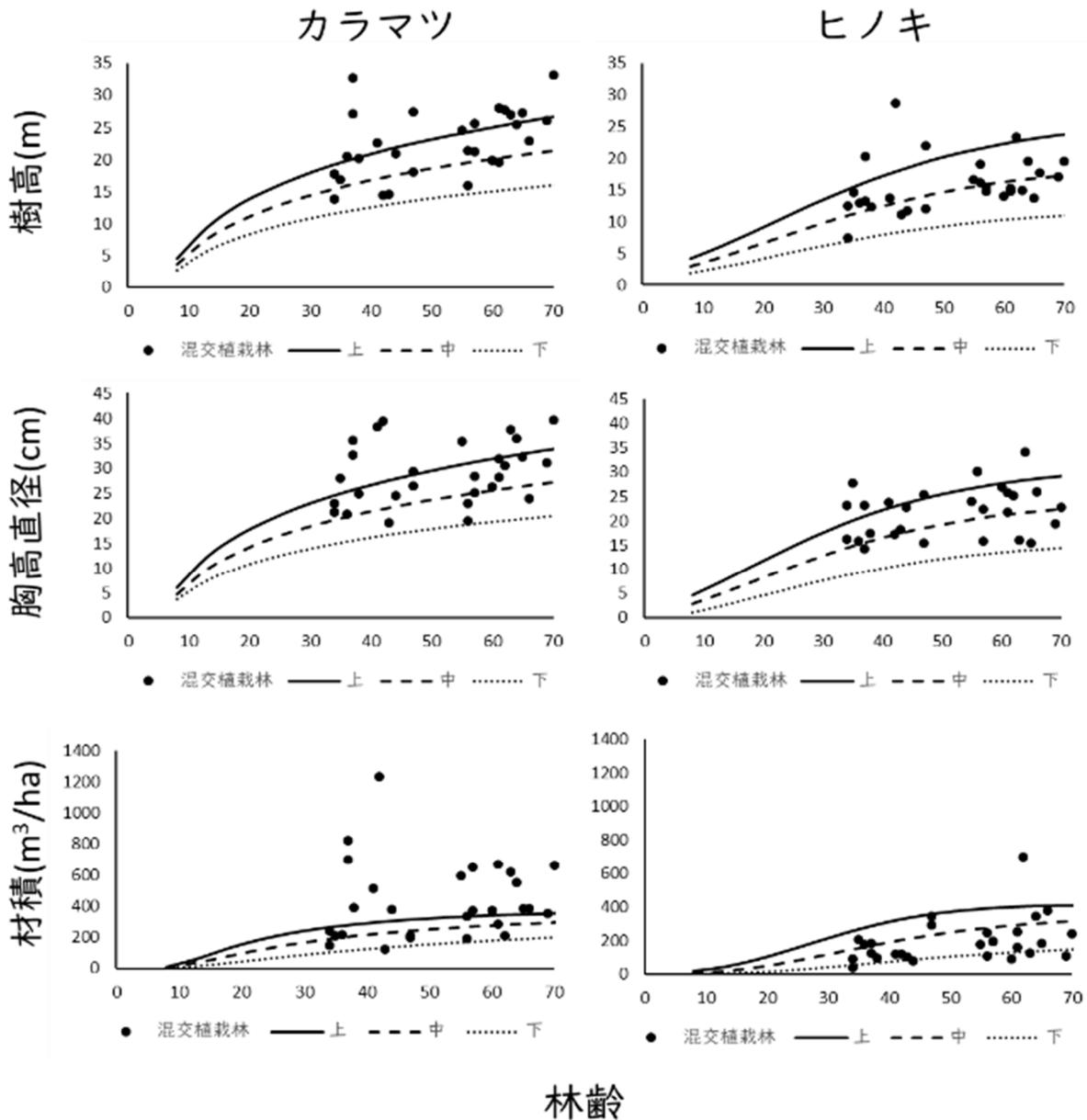


図-2. 調査した混交植栽人工林（黒点）と収穫予想表における樹種別および地位別（3種線）の樹高，胸高直径，材積

Fig.2 Tree height, diameter at breast height and stand volume for each species in the studied plots (black dots) and empirical yield table (lines).

林分における材積等の過大評価を生じている可能性があることには留意する必要がある。本研究では、落葉針葉樹と常緑針葉樹の組み合わせの混交植栽であったが、葉の生活型の違いが過収量の出現に左右するため(4)、他の組み合わせについては今後の検討課題である。また、このような混交植栽人工林の管理については、これまで提案されてきた二段林管理が適用されることが多いと思われるが(3, 7, 11)、単純一斉人工林よりも手間がかかることにも留意が必要である(6, 9, 10)。しかしながら、

木材生産を主目的とせず、炭素吸収源としての人工林造成を考える際には、過収量が見られる混交植栽人工林は1つの選択肢として有効であることが示唆された。

引用文献

- (1) 細田和男・光田 靖・家原敏郎 (2010) 現行立木幹材積表と材積式による計算値との相違およびその修正方法. 森林計画学会誌 44: 23-39
- (2) 岩波基樹・松下正俊 (1987) 多摩川上流のカラマツ

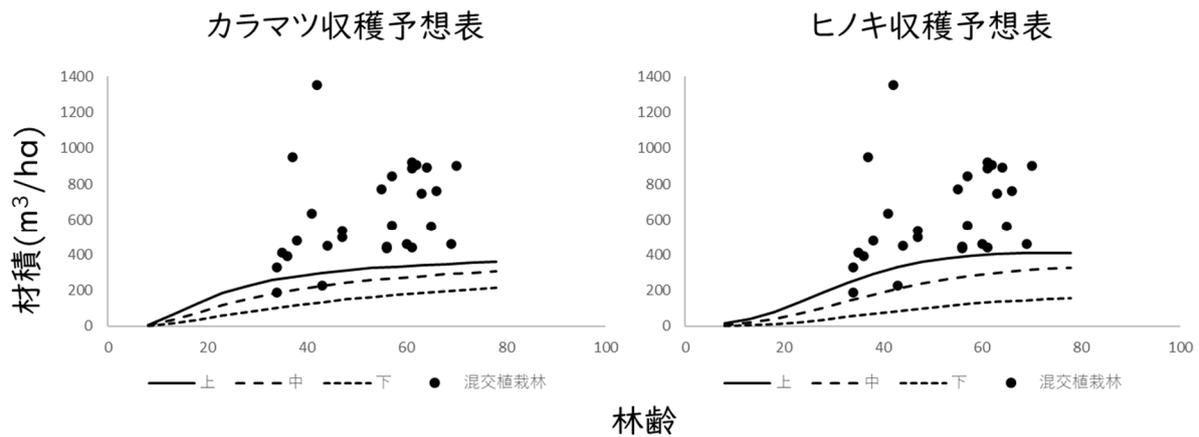


図-3. 調査した混交植栽人工林のカラマツとヒノキの合計材積（黒点）と収穫予想表における樹種別および地位別（3種線）の材積

Fig.3 Total stand volume in the studied plots (black dots) and empirical yield table for each species (lines).

表-2. 混交植栽人工林の各樹種の材積とそれぞれの樹種の予想材積との差分に及ぼす要因を解析した GLM の結果

Table 2 Results of GLM which analyzed the effects of factors affecting with differences between stand volume between studied stand and empirical yield table.

| 説明変数 | 従属変数 | | | |
|--------|------------|------------|-----------|-----------|
| | カラマツ地位上(1) | カラマツ地位中(2) | ヒノキ地位上(3) | ヒノキ地位中(4) |
| 林齢 | | | | |
| 標高 | | | | |
| カラマツ材積 | + | + | + | + |

(1):調査地のカラマツ材積と収穫予想表の地位上におけるカラマツ材積の差分

(2): 調査地のカラマツ材積と収穫予想表の地位中におけるカラマツ材積の差分

(3): 調査地のヒノキ材積と収穫予想表の地位上におけるヒノキ材積の差分

(4): 調査地のヒノキ材積と収穫予想表の地位中におけるヒノキ材積の差分

+: 係数が正で $P < 0.01$ であることを示す

—ヒノキ混交林の現況と林分構造. 森林立地 29: 1-11

(3) 片倉正行・遊橋洪基・大木正夫・古川 仁 (1995) カラマツ及びアカマツを上木とする二段林の管理技術に関

する研究. 長野県林業総合センター研究報告 9: 16-29

(4) Lu H, Mohren GMJ, den Ouden J, Goudiaby V, Sterck FJ (2016) Overyielding of temperate mixed forests occurs in evergreen-deciduous but not in deciduous-deciduous species mixtures over time in the Netherlands. Forest Ecology and Management 376: 321-332

(5) 長池卓男 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. 日本森林学会誌 82: 407-416

(6) 長池卓男 (2012) 混交植栽人工林の現状と課題—物質生産機能に関する研究を中心に—. 日本森林学会誌 94: 196-202

(7) 小野寺賢介・今 博計 (2006) スギ-ヒバ二段林における上木伐採方法の違いが下木の損傷率と成長量に及ぼす影響. 日本森林学会誌 88: 546-549

(8) 大類喜一郎 (1988) 東京と水源林のカラマツ-ヒノキ二段林. 林業技術 No.561 19-22

(9) Pretzsch H, Forrester DI, Bausch J (eds.) (2017) Mixed-species forests, Springer, 653pp

(10) Pretzsch H, Poschenrieder W, Uhl E, Brazaitis G, Makrickiene E, Calama R (2021) Silvicultural prescriptions for mixed-species forest stands. A European review and perspective. European Journal of Forest research 140: 1267-1294

(11) 杉田久志・猪内次郎・田口春孝・高橋利彦 (2012) カラマツ-ウダイカンバ二段林における上木伐採の下木の被害状況. 東北森林科学会誌 17: 1-7

(12) Tatsumi S (2020) Tree diversity effects on forest productivity increase through time because of spatial partitioning. Forest Ecosystems 7: 24

(13) 山梨県 (2003) 山梨県県有林収穫予想表