

系統的配置による植栽密度試験と樹高成長

森林総合研究所

森林総合研究所北海道支所

高橋 正義

古家 直行

はじめに

樹木の成長と植栽密度の関係は林業的に見て大きな関心の一つである(2)。植栽密度に関する試験には、プロットごとに異なる密度で植栽し、比較する方法があるが、統計的に分析するために必要な繰り返しやランダム化を考慮する必要があるため、試験には広い面積が必要になる。特に森林の場合は極めて広い面積が必要であり、しばしば地力の影響を受ける。Nelder(6)の方法は植栽配置によってプロット内で連続的に占有面積や占有面の形状を変化させることが出来る方法で、異なる植栽密度の条件を地形の影響を受けにくい小面積の単一プロット内で実現することが可能である。栗屋・本田(1)によって国内で紹介され、いくつかの試験研究例(2,3,4,5,7,9)がある。

森林総合研究所北海道支所羊ヶ丘実験林では1973年からNelder(6)が提案した系統的配置法を用いた植栽密度試験を行っている。佐野・眞邊(7)は第2回調査(1987年)までの結果を、鷹尾・石橋(9)は第4回調査(1998年)年までの結果を解析し、報告した。これらは主として当初の試験目的である密度効果の観察・検証したもので、林冠閉鎖前でも密度効果が既に現れていることが明らかになった。一方で、樹種によって枯死の傾向に差がはじまっていることも明らかになった。その後植栽から39年間が経過し、2012年秋に第7回調査を終えた。

本報告では現時点で解析が可能な2007年調査までの5回の調査結果を用い、個体サイズ、特に樹高成長に関する成長経過について着目した解析を行った結果を報告する。

試験地および方法

植栽密度試験地は、羊ヶ丘実験林5林班に小班にあり、30m×30m(一部22.5m×40m)プロットに、植栽方法や樹種の異なる15プロットを1ブロックとし、3ブロックの繰り返しの合計45プロットを配置した試験地である。試験地の植栽方法や1998年までの経緯などは、既報(7,9)を参照されたい。1998年以降、定期調査は2002年、2007年、2012年に行った。また、2003年にはアカエゾマツの三角形植3プロットで間伐を行ったが、2004年の台風18号の風害を受けたため試験を中止した。2012年現在で、11種類、合計29プロットの試験を継続している。

このうち、方形植えて植えられた3樹種(トドマツ、アカエゾマツ、カラマツ)各1プロットの測定データを用いて、樹高成長の経過を植栽密度との関係から分析した。なお、樹高は生存している立木全てを対象とした。調査年ごとに、植栽密度によって樹高の成長に違いがあるか

どうかについて、等分散性を考慮しない一元配置分散分析で検定した。また、鷹尾・石橋(9)が指摘した樹種毎の枯死の傾向を明らかにすると共に樹高成長に関する影響を検討した。

結果および考察

図-1aにアカエゾマツの樹高成長を示した。若齢期の成長は高くないが、その後も順調に成長を続け、平均樹高は34年生で11.9mに達していた。また、一元配置分散分析の結果、植栽密度によらず平均樹高に有意な差は見られなかった(表-1)。

図-1bにトドマツの樹高成長を示した。若齢期の成長はアカエゾマツよりも良く、林齢25年時で林分全体の平均樹高が10mを超え、34年生時点で15.2mに達しており、アカエゾマツよりも早く樹高が成長していた。一方で植栽密度が低いほど樹高が高くなる傾向が見られた。検定の結果、林齢34年生時の樹高には有意差が見られた。(表-1)。

図-1cにカラマツの樹高成長を示した。若齢期の成長は他の2種と比べて非常に高く、15年生時点で9.9mとトドマツ14年生時点と比べて約2倍、アカエゾマツでは約3倍であった。一方で、林齢25年以降成長量は大幅に減少し、30年生時点で17.0mであった。検定の結果、10年生、15年生、25年生時は樹高に有意差($p < 0.05$)があるが、21年生、30年生時では有意差があるとは言えなかった。また、平均樹高と占有面積の間には必ずしも相関関係がないような傾向が見られた(図-1)。

アカエゾマツ、トドマツ、カラマツの累積の枯損割合を図-2に示した。カラマツは若齢期から枯死が発生し(9)、30年生時点で植栽密度10,000本/haに相当する最も占有面積の小さい植栽列では8割が枯損していた(図-2c)。トドマツ(図-2b)、アカエゾマツ(図-2a)も同様に最も占有面積の小さい植栽列での枯損割合が最も高く、約5割に達していた。カラマツとトドマツの枯死に見られる特徴的な傾向として、林齢が上がるにつれて枯死割合の高い植栽列に隣接する列の枯損はやや低い傾向が見られることが指摘できる。

以上から、植栽密度と平均樹高との関係は樹種によって異なり、アカエゾマツでは密度による差が認められず、トドマツ、カラマツでは密度によって影響がある可能性がある。一方で、長い期間の試験によって枯損が生じ、設計された占有面積が変化していることも考慮して検証する必要がある。Nelder(6)の方法を用いた場合、枯死した立木とその周囲の立木をサンプルから外して解析する方法が採られることが多い。しかし、Stape and Binkley(8)は約3割の枯損でデータの約8割を除外しなければならない場合があるため、データの

解析に支障が生じることを指摘している。また、枯損までには至っていないものの、個体間の競争によって生じる劣勢木についても考慮する必要がある。そのため、劣勢木や枯損が生じた場合の新たな解析方法について検討する必要がある。

まとめ

Nelder(6)の方法を用いた植栽密度試験地が設定されて39年が経過した。30-34年生までの3プロットのデータを用いて樹高成長の傾向を調べた結果、植栽密度によって樹高が異なる可能性があることが明らかになった。今後、他のプロットデータや2012年調査の結果を加え、樹高と占有面積との関係について検証を進めると共に、胸高直径や形状、材積に対する影響についても解析を進める予定である。

引用文献

(1) 栗屋仁志・本田健二郎(1969)系統的配置による植栽密度試験の設計. 日林誌 51(8):217-220.
 (2) 福地晋輔・吉田茂二郎・溝上展也・村上拓彦・加治佐剛・太田徹志・長嶋啓子(2011) 低コスト林業に向けた植栽密度の検討—オビシギ植栽密度試験地の結果

から—. 日林誌 93:303-308
 (3) 本田健二郎(1977)系統的配置によるテーダマツ植栽密度試験(II). 日林九研論, 30:111-112.
 (4) Imada M., Kunisaki T., Mizoue N. and Teraoka Y.(1997) Optimum Planting Density for Japanese Oak (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) Based on Spacing Experiment with Systematic Design. J. For. Res. 2:89-93
 (5) 森田健次郎・高橋幸男・花房尚・水井憲雄(1969)コバノヤマハンノキの密度試験. 北海道林業試験場報告(7)18-23
 (6) Nelder, J. A. (1962) New Kinds of systematic designs for spacing experiments, Biometrics 18:283-307.
 (7) 佐野真・眞邊昭(1989)系統的配置による植栽密度試験. 日林北支論, 37:235-237.
 (8) Stape J. L. and Binkley D.(2010)Insights from full-rotation Nelder spacing trials with Eucalyptus in São Paulo, Brazil, Southern Forests: a Journal of Forest Science, 72:2, 91-98
 (9) 鷹尾元・石橋聡(1999): 系統的配置による植栽密度試験(II) —設定後24年を経た試験地の成長過程—. 日林北支論 47:157-159.

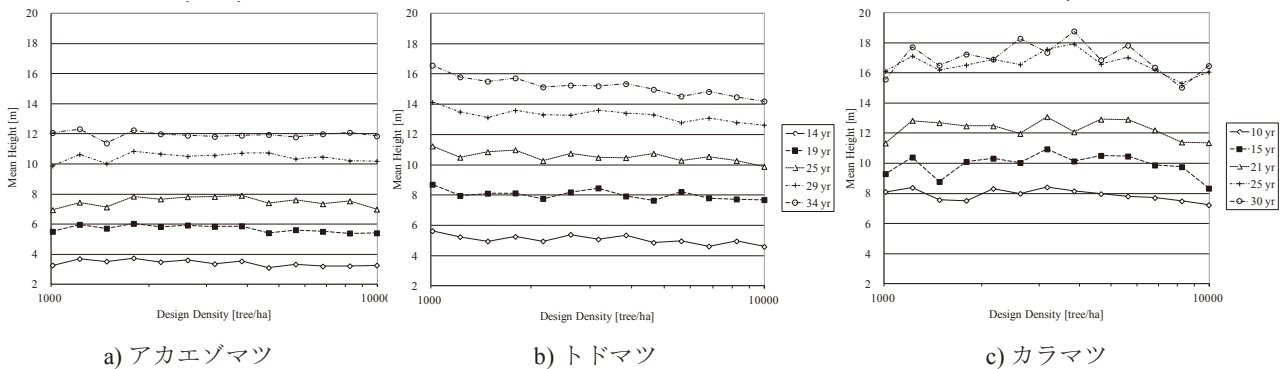


図-1 植栽密度 (占有面積) 別の平均樹高

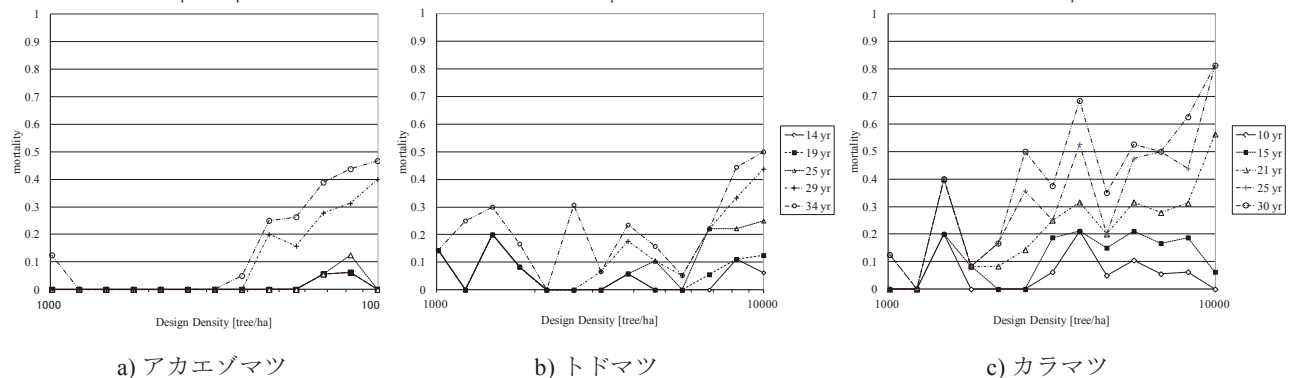


図-2 植栽密度 (占有面積) 別の枯損割合

表-1 植栽密度試験地の樹種別樹高と一元配置分散分析の結果

調査年	アカエゾマツ					トドマツ					カラマツ				
	林齢	平均	最小	最大	P値	林齢	平均	最小	最大	P値	林齢	平均	最小	最大	P値
1987	14	3.4	3.1	3.7	0.165	14	5.1	4.6	5.6	0.469	10	7.9	7.2	8.4	0.038
1992	19	5.7	5.4	6.0	0.582	19	8.0	7.6	8.7	0.734	15	9.9	8.3	10.9	0.001
1998	25	7.5	7.0	7.9	0.643	25	10.6	9.9	11.2	0.281	21	12.3	11.3	13.1	0.157
2002	29	10.4	9.9	10.9	0.935	29	13.3	12.6	14.1	0.054	25	16.6	15.3	17.9	0.040
2007	34	11.9	11.4	12.3	0.991	34	15.2	14.2	16.6	<0.01	30	17.0	15.0	18.8	0.105

単位 : m