

スギ林の林冠ギャップに植栽されたケヤキの成長※ —35 年生までの経過—

小谷二郎・富沢裕子

要旨：石川県白山市の多雪地帯で、スギ林の中に形成された林冠ギャップ内に植栽されたケヤキの 35 年生までの生存と成長を追跡調査した。77 本植栽したものが 35 年生で 17 本 (22.1%) に減少し、平均胸高直径 15.7cm, 平均樹高 13.6m, 平均枝下高 6.9m に達した。生存木はギャップ内の方位ゾーンに偏りがみられたが、2024 年時点で最大サイズ (胸高直径 24.1cm, 樹高 18.9m) は、東側でも中心部に近い位置のものであった。ケヤキのギャップ内での植栽配置は、光環境を十分に把握した上で、ギャップの中心部周辺を考えるべきである。

キーワード：ケヤキ, 林冠ギャップ, スギ林, 植栽位置, 光環境

I. はじめに

ケヤキは広葉樹の中でも材の付加価値が高いため人工林の事例が多く、また土壌適地がスギと比較的似通っていることから、混交林化することは経営的にも有利な面が多いと考えられている (河原 1985, 橋詰 1994, 小谷 2014)。スギとケヤキの混交林では、同時に植栽して造成する同齢混交林が最もポピュラーだが、どちらかを後から植栽する異齢混交林の事例もある (小谷 2014)。異齢混交林を造成する場合、スギを後から植栽すると、ケヤキ樹冠下のスギは被圧によって生育不良となり、無駄の多い混交林となり (前田ら 1989, 小谷 2014)、逆にスギ林にケヤキが混交した場合は、ケヤキの形質が良好となるという報告がある (前田 1998)。したがって、異齢混交林としては、ケヤキを後から植栽する場合が妥当と考えられる。

山陰から北陸地域の里山のスギ人工林では、豪雪年を中心に 20 年生前後に冠雪害が発生するケースが多く、被害率が 70% 以下の場合は被害木のみを伐採処理が一般的である (松田 1984)。そのため、こうした跡地を利用したケヤキ植栽による混交林化は林分復旧方法の 1 つと考えられる。

そこで、冠雪害跡地の林冠ギャップ (以下、ギャップ) を利用して植栽されたケヤキの 35 年生までの生育状況からスギとの異齢混交林造成の妥当性を検証した。

II. 調査地および調査方法

1. 調査地

調査地は、石川県農林総合研究センター林業試験場 (石川県白山市三宮町) のスギ人工林である (写真-1)。標高 200m, 方位南西向き, 平均傾斜度 10° である。地質は流紋岩質および安山岩質火砕岩類で土壌型は B₀ 型である (石川県 1993)。林業試験場の気象観測によると、植栽当時の過去 20 年 (1970~1990 年) の平均最深積雪深は 150cm であったが、以降 33 年間 (1990~2023 年) では 105cm である。この人工林は、1981 年の豪雪時に冠雪害を受け、隣接するスギ林との間に囲まれた 382.2 m² のギャップが形成されている。ケヤキを植栽した 1990 年当時のスギ林齢は 47 年生である。

植栽および初期保育は、前報 (小谷 1996) の通り、1990 年秋に 1.5m 間隔で合計 117 本を植栽し、その後 1995 年まで 4 回下刈りを実施した。なお、今回の対象は、117 本のうち山引き苗由来の 22 本

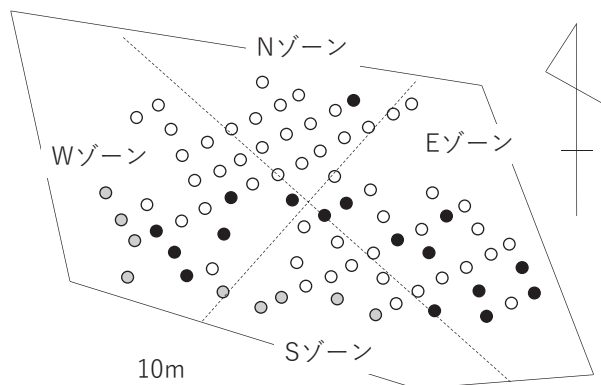


図-1. ギャップ内での植栽配置と方位ゾーン
● : 2024 年まで生存, ● : 2009 年に伐採

※Growth of Keyaki (*Zelkova serrata* Makino) trees planted in canopy gaps in a Sugi (*Crptomeria japonica* D. Don) forest: Progress up to 35 years old

および地上部を伐採して植栽した 18 本を除いた苗畑育成苗由来の 77 本とした。また、2009 年には、試験地の隣接地の溪流に量水堰を設置したため、管理道路の敷設などにより南側の区域の 9 本を伐採した。

ギャップは、東西に長い軸を持つ楕円形に近い形状である (図-1)。楕円の長軸とその半径に直交する場所を中心地とし、N (WN-NE)、E (NE-ES)、S (ES-SW)、W (SW-WN) の 4 つのゾーンを想定したギャップ内での植栽木および現在までの生存木の配置は、図-1 のとおりである。なお、植栽した 1990 年当時のギャップ内の平均散光相対照度は、33.4% (21~57%) であった (小谷 1996)。

2. 調査方法

1990 年から 2024 年まで合計 13 回、秋に樹高と根元直径 (1990~1998 年)、胸高直径 (2000~2024 年) および生枝下高を測定した。比較のため、2000 年からはギャップの林縁部のスギ 7 本の樹高も測定した。樹高の測定には 1998 年までは測高桿を、それ以降はバーテックスⅢ (Haglöf 社, Sweden) を用いた。枝下高の測定にも測高桿を用いた。根元直径および胸高直径の測定にはノギスまたは輪尺を用いた。

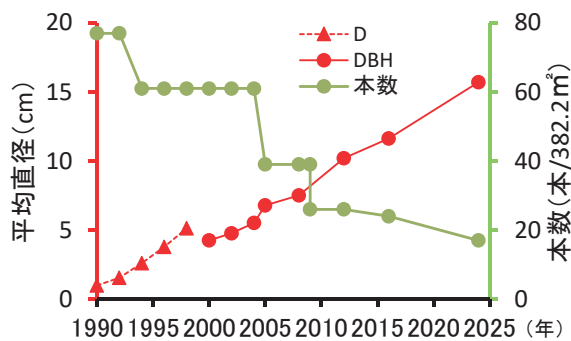


図-2. 平均直径と本数の変化
D: 根元直径, DBH: 胸高直径

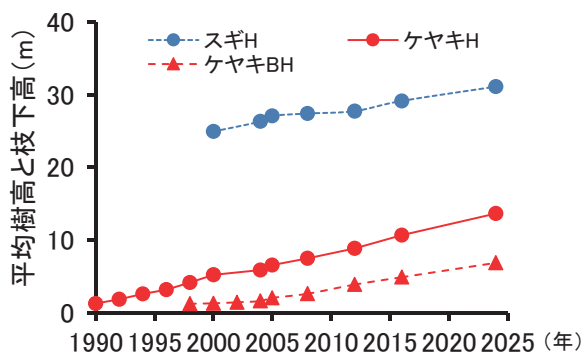


図-4. 平均樹高と枝下高の変化
H: 樹高, BH: 枝下高

3. 解析方法

2000 年と 2024 年での立木の生存と成長に与える要因を一般化線形モデル (GLM) で解析した。目的変数は、それぞれの年の生存の有無および樹高と胸高直径とし、説明変数は属する 4 つの方位ゾーン (図-1) と植栽時 (1990 年) の樹高と根元直径とした。生存は二項分布でロジット関数により、成長は正規分布で恒等関数により解析した。統計解析は、JMP9 (SAS Institute 2011) で行った。

Ⅲ. 結果

1. 本数と直径の変化

植栽時から 2024 年までの本数と根元直径 (D) および胸高直径 (DBH) の平均値の変化を図-2 に示した。1992~1994 年と 2004~2005 年の急激な本数減少は、この期間に雪害を受けた影響で、2009~2024 年での緩やかな減少は競争による自然枯死であった。2024 年時点での生存本数 (率) は 17 本 (22.1%) あった。

D および DBH は、ほぼ直線的に増加し、2024 年の DBH は 15.7cm に達した。D (1996 年) と DBH (2005 年, 2016 年, 2024 年) の本数分布は図-3 のとおりである。各年とも大まかに一山型を示しているが、

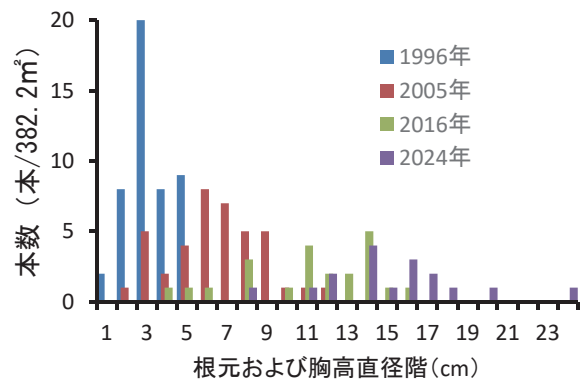


図-3. 根元および胸高直径階別本数分布
1996 年は根元直径 (D), 他の 3 年は胸高直径 (DBH)

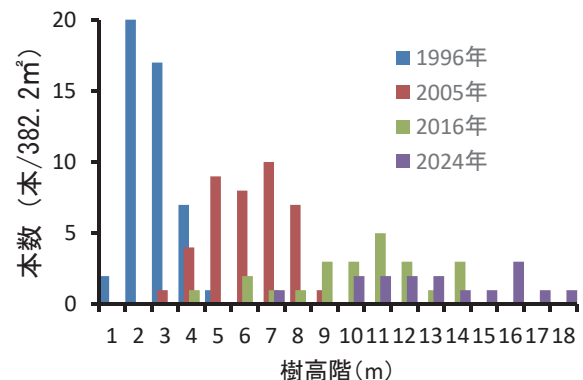


図-5. 樹高 (H) 階別本数分布

林齢が高くなるにつれて範囲が広くなり、2024 年には最小値が 8.3cm で、最大値は 24.1cm であった。

2. 樹高と枝下高の変化

植栽時から 2024 年までのケヤキの樹高 (H) および枝下高 (BH) の平均値の変化を図-4 に示した。ここでは、併せてギャップ周辺のスギ H の変化も示した。ケヤキ H は、ほぼ直線的に増加し、2024 年では 13.6cm に達した。スギ H との差は、2000 年には 19.7m であったが、2024 年には 17.5m と 2.2m 縮まった (写真-1)。ケヤキ H (1996 年、2005 年、2016 年、2024 年) の本数分布は図-5 のとおりである。D や DBH 同様、各年とも大まかに一山型を示し、林齢が高くなるにつれて範囲が広がった。2024 年の最小値は 7.5m で、最大値は 18.9m であった。BH も直線的に増加し、2024 年には平均 6.9m (2.4~11.3m) に達した。

3. 成長に与える要因

4 つの方位のゾーン内の生存木は、E が 10 本、W が 6 本に対し、N が 1 本で S が 0 本であった。このうち最大サイズ (DBH24.1cm, H18.9m) の属性地は中心部に近い E であった。2000 年および 2024 年時点での生存および成長に関する要因を GLM で解析した。その結果、2000 年では生存と成長に、2024 年では生存のみで有意に関係する説明変数が検出された。2000 年では生存の有無に対し、E (推定値 1.693, $p<0.0004$) が正に、N (推定値 -1.775, $p<0.0010$) が負に関係していた。また、成長に対しては H (推定値 120.740, $p<0.0001$) と DBH (推定値 126.129, $p<0.0009$) とともに E が正に関係していた。一方、2024 年では生存の有無に対し E (推定値 11.610, $p<0.0024$) が正に関係していた。なお、植栽時の H と D は、両年の生存と成長に関係を示さなかった ($p>0.05$)。

IV. 考察

植栽されたケヤキ 35 年生の成長 (平均 DBH15.7cm, 平均 H13.6cm) は、ケヤキ一斉人工林の地位上に相当する (石川県林業試験場 2003)。ギャップの面積は 382.2 m^2 でそれほど大きくなく、植栽当時の平均散光相対照度が 33.4% にもかかわらず、十分な成長を示していると考えられる。

DBH および H のサイズ分布は、一山型ながら林齢とともに範囲が広がっている (図-3, 5)。これは、光環境の良好な位置にあるものが優勢となり、時間の経過とともに優劣が生じたためと考え

られる。また、35 年生までの成長変化はほぼ直線的である (図-2, 4)。これは、2000~2024 年のギャップ周辺のスギとケヤキの H の差が 2.2m しか縮まっていないことから、樹冠表面の平均散光相対照度は植栽当時と同程度で推移して来たことを示唆する。

2024 年での残存木 (17 本 : 22.1%) は、E ゾーンで最も本数が多く、最も成長が良好であったものは、E ゾーンでも中心部に近い位置であった (図-1)。1996 年までは、植栽苗のサイズが小さいものほど枯死率が高い傾向がみられた (小谷 1996) が、2000 年時と 2004 年時の残存の有無は、植栽苗の大きさは関係せず、植栽位置の影響が強く、2000 年時では成長に対しても位置が関係している。北半球の森林に形成されるギャップ内では、照射光量が北側に偏り (Canham 1988)、今回のような東西を軸に持つギャップではその傾向がより強いとされ、陽樹性の強い樹種の出現と成長を促進する (Poulson and Platt 1989) とされる。平坦なスギ人工林に形成されたギャップ内で光環境を測定した結果では、平均散光相対照度は中心部ほど高くギャップの縁に向かうほど低くなる傾向がある (小谷 2004)。一方、4~5 月の日中の光量子束密度 (PPFD) の測定では、4 方位の北側で高くなる傾向がみられる (小谷 2004)。このことから、直達光は春先から北側で照射量が多いことが示唆される。今回の試験で、東側で有利な影響がみられたのは、試験地が南西向き 10° の傾斜地であったため、E ゾーンの方が有利になった可能性が考えられる。また、ケヤキは直達光よりも散光の影響を強く受ける樹種なのかもしれない。

BH も H と同様に直線的な増加がみられ、2024 年では平均で 6.9m、最高で 11.2m に達している (図-4)。広葉樹材生産として、末口径 50cm 以上で枝下高 4.5m 以上が単木の目標とされている (横井 2014)。今回の試験で、ギャップ内であっても枝下高が十分に確保されることが判った。

ケヤキの最終目標を胸高直径 60cm とすると、樹冠面積は約 200 m^2 となり、ギャップ面積が 200 m^2 であれば、最終的に 1 本しか仕立てられない (小谷 2014)。今回のギャップ面積では、最終的に 2 本程度しか仕立てられないことになる。今後の残存木の管理方法として、位置関係を考えて最終的に仕立てる木を選ぶか、ギャップを拡張していく必要があると考える。また、今回の試験結果から、

植栽時にギャップの大きさと光環境を十分に把握し、良好な位置を見つけるとともに、中心部を中心に配置し苗木の本数を調整すべき（石川県林業試験場 2003）と考えられる。

引用文献

- Canham C D (1988) An index for understory light levels in and around canopy gaps. *Ecology* 69: 1634-1638
- 橋詰隼人 (1994) 主要広葉樹の育成. (堤 利夫編, 造林学. 文永堂出版). 103-179
- 石川県 (1993) 鮎野義夫編, 石川県地質誌
- 石川県林業試験場 (2003) よくわかる石川の森林・林業技術 No.3 ケヤキ人工林の育成技術-優良材生産をめざして-
- 河原輝彦 (1985) ケヤキ人工林の林分構造と材積成長. 大阪営林局技術開発報告書 16: 42-73
- 小谷二郎 (1996) 多雪地帯におけるケヤキ人工造林の植栽後 5 年間の生育状況. 石川県林業試験場研究報告 28: 15-20
- 小谷二郎 (2004) スギ人工林の冠雪害と広葉樹の出現パターン. 石川県林業試験場研究報告 35: 1-86
- 小谷二郎 (2014) ケヤキと針葉樹の混交林. (広葉樹の森づくり. 日本林業調査会). 144-164
- 前田雄一 (1998) スギ一斉林に侵入したケヤキの樹幹形と成長経過. 日本林学会論文集 109: 313-314
- 前田雄一・藤田 亮・植田幸秀・谷本丈夫 (1989) ケヤキースギ二段林の実態解析. 日本林学会大会発表論文集 100: 249-253
- 松田正宏 (1984) 冠雪害林の復旧. (雪に強い森林の育て方. 日本林業調査会). 139-160
- Poulson T and Platt W (1989) Gap light regimes influence canopy tree diversity. *Ecology* 70: 553-555
- SAS Institute (2011) JMP (Statistical discovery software) version 9 (日本語版). SAS Institute
- 横井秀一 (2014) 広葉樹材の利用と広葉樹造林の考え方. (広葉樹の森づくり. 日本林業調査会). 70-76



写真-1. ギャップ中心部でのケヤキの生育状況
(2024年10月28日)



写真-2. ギャップEゾーンでのケヤキの生育状況
(2024年10月28日)