

| 課題 | 4 4 植栽本数密度による林分構造変化及び材質試験 | | | | 開発期間 | 平成 14 年度～令和 14 年度 2002 年度～2032 年度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------------------------|---------------|-------------|--|--|----|--|--|--|-----|--|--|--|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|----------|----------|----------|----|----|----|----|----|
| 開発箇所 | 新元重山国有林（広島県福山市） <スギ>755 ろ林小班 3.25ha <ヒノキ>755 ち2林小班 2.38ha | 担当 部署 | 広島森林管理署 | 共同 研究機関 | 森林総合研究所 関西支所 | 技術開発 目標 | 技術開発基本目標 3（1） | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 開発目的 (数値目標) | 植栽本数密度による林分構造変化（成長量・形質）の比較検討を行うとともに、低コスト化に向けた森林造成技術の確立を図る。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 実施経過 | <p>1972 年度 大苗の疎植について、地拵・植付・下刈工程の省力化及び実用性の検討を目的として試験地を設定（当初試験 1981 年度完了） <スギ試験地>植栽本数 1,000、1,500、2,000、3,000 本/ha の 4 試験区（1973 年 3 月植栽） <ヒノキ試験地>植栽本数 1,000、1,500、2,000、3,000 本/ha の 4 試験区（1974 年 3 月植栽、1975 年 3 月一部補植） 植栽時樹高</p> <table border="1" data-bbox="517 655 1384 852"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="4">スギ</th> <th colspan="4">ヒノキ</th> </tr> <tr> <th>試験区</th> <th>1,000 本区</th> <th>1,500 本区</th> <th>2,000 本区</th> <th>3,000 本区</th> <th>1,000 本区</th> <th>1,500 本区</th> <th>2,000 本区</th> <th>3,000 本区</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>樹高 (cm)</td> <td>44 59</td> <td>39 56</td> <td>42 56</td> <td>28</td> <td>77</td> <td>77</td> <td>76</td> <td>77</td> </tr> </tbody> </table> <p>～1995 年度 下刈、つる切り、除伐、枝打ちを実施 <スギ試験地>下刈 4 回、つる切り 10 回、除伐 2 回 <ヒノキ試験地>下刈 4 回、つる切り 3 回、除伐 3 回、枝打ち 1 回</p> <p>1979 年度 昭和 54 年度大阪営林局林業技術発表会にて発表「疎植列状植栽の現況と一考察」 1998 年度 スギ試験地において保育間伐(切り捨て)を実施(1,000 本/区を除く) ※保安林の指定施業要件(当時伐採材積率上限 20%) 1999 年度 ヒノキ試験地において保育間伐(切り捨て)を実施(1,000 本/区を除く) ※同上 2002 年度 現行の技術開発課題を設定 試験地毎に標準地(0.01ha)を設定し、林分調査、下層植生調査(植生種、被度)、林内相対照度調査、土壌調査を実施 平成 14 年度近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表会にて発表「植栽本数の違いによる成林状況の一考察」</p> <p>2003 年度 平成 15 年度林野庁業務研究発表会にて発表 (当該試験地での検証結果から、近畿中国森林管理局管内国有林での標準的な植栽本数を 2,000 本/ha に低減)</p> <p>2008 年度 下層植生調査(植生種、本数、ただし 1,000 本/ha 区及び 1,500 本/ha 区のみ調査)、林内相対照度調査を実施 (鹿児島大学農学部がヒノキ試験地で植栽密度の違いが成長に及ぼす影響について林分調査を実施)</p> <p>2009 年度 中間報告 2011 年度 試験地毎に標準地(0.01ha)を設定し、林分調査(胸高直径、地上高 3.2m 直径、樹高)を実施 平成 23 年度近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表会にて発表「植栽本数の違いによる成林状況の一考察」</p> | | | | | | | | | | スギ | | | | ヒノキ | | | | 試験区 | 1,000 本区 | 1,500 本区 | 2,000 本区 | 3,000 本区 | 1,000 本区 | 1,500 本区 | 2,000 本区 | 3,000 本区 | 樹高 (cm) | 44 59 | 39 56 | 42 56 | 28 | 77 | 77 | 76 | 77 |
| | スギ | | | | ヒノキ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 試験区 | 1,000 本区 | 1,500 本区 | 2,000 本区 | 3,000 本区 | 1,000 本区 | 1,500 本区 | 2,000 本区 | 3,000 本区 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 樹高 (cm) | 44 59 | 39 56 | 42 56 | 28 | 77 | 77 | 76 | 77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2012年度 下層植生調査(植生種、本数、ただし1,000本/ha区及び1,500本/ha区のみ調査)、相対照度調査を実施
 2014年度 試験地毎に標準地(0.1ha程度)を設定し、林分調査(樹高、胸高直径、立木位置)、下層植生調査(植生種、植被率)、林内相対照度調査(伐採前)、樹幹解析、強度調査(立木状態でファコップにより調査)等を実施
 列状間伐(1伐3残)を実施
 中間報告
 2015年度 林内相対照度調査(伐採後)を実施
 平成27年度近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表会にて発表「低密度植栽で造成されたスギ・ヒノキの標準伐期齢を超えた林分の林分構造及び材質(幹形・強度)調査結果について」
 2016年度 平成28年度国有林野事業業務研究発表会にて発表
 2019年度 試験地毎に標準地(0.1ha程度)を設定し、林分調査(樹高、胸高直径、地上型3次元レーザースキャナ計測)、下層植生調査(植生種、植被率、林床高)、林内相対照度調査を実施
 中間報告

<調査等実績・計画>

| | H10 ~ H11 1998 ~ 1999 | H14 2002 | H20 2008 | H21 2009 | H23 2011 | H24 2012 | H26 2014 | H27 2015 | R元 2019 | R6 2024 | R11 2029 | R13 2031 | R14 2032 | 備 考 |
|------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------|
| 間伐 | ◎ | | | | | | ○ | | | | | | | H10~11 定性保育間伐(1,000本区除く) H26 列状間伐 |
| 主伐 | | | | | | | | | | | | | □ | |
| 土壌調査 | | ◎ | | | | | | | | | | | | |
| ①林分調査 | | ◎ | ※ | | ● | | ● | | ● | | | □ | | 標準地を設定し、 立木密度、胸高直径、 樹高等を測定 |
| ②下層植生調査 | | ◎ | ● | | | ● | ● | | ● | □ | | □ | | 標準地を設定し、 植生種、被度を調査 |
| ③林内相対照度調査 | | ◎ | ◎ | | | ◎ | ○ | ○ | ● | □ | | □ | | |
| ④樹幹解析 | | | | | | | ○ | | | | | □ | | |
| ⑤応力波伝播速度調査 | | | | | | | ○ | | | | | | | 立木状態での強度を ファコップで調査 |
| 中間・完了報告 | | | | ◎ | | | ◎ | | ◎ | □ | □ | | □ | |

◎は、当初予定どおり実施したものの。●は、当初予定から一部変更し実施したものの。○は、追加的に実施したものの。□は、今後の実施予定。
 ※ 鹿児島大学農学部が実施

1. 2019年度調査成果 ～47年生(スギ)及び46年生(ヒノキ)時点の林分状況～

<調査方法>

林分調査：各試験区に立木 100 本程度を含む標準地を 1 カ所設定し、標準地面積（トゥルーパルス）、標準地内の全ての生立木の立木本数、胸高直径（直径巻尺）、樹高（測桿）及び幹形異常の有無（曲がり・二又等）を調査。

各標準地内の標準的な場所 1 カ所(立木 30 本前後)で、地上型 3 次元レーザースカナにより計測。3D 画像を作成するとともに、樹高 6m までの幹の細りについて解析。

下層植生調査：8 月、各試験区に、中央部の等高線方向に 2m×4m の方形プロットを 3 箇所並べて設置し、各プロットにおいて、出現する木本種、草本種の全個体を対象とし、その種名、植被率（個体の投影面積をプロット面積に対する百分率で表す）及び高さを記録。

林内相対照度調査：7 月、林分調査で設定した標準地内と林外において、照度計により測定（30 秒間隔で 11 回測定を 3 回繰り返した平均値）。

<調査結果>

(1)林分調査

林分調査結果を表 1 に示す。立木密度は、スギ 591～968 本/ha、ヒノキ 656～1,116 本/ha。平均胸高直径は、スギ 27.9～31.2cm、ヒノキ 23.6cm～28.7cm。平均樹高は、スギ 20.7～21.6m、ヒノキ 17.4～18.6m で、地位はいずれの林分も 1 等地（スギ 19.7m 以上、ヒノキ 16.3m 以上）に該当した。平均幹材積は、スギ 0.65～0.78m³/本、ヒノキ 0.41～0.57m³/本。林分材積は、スギ 438.6～631.1m³/ha、ヒノキ 373.6～483.4m³/ha。形状比は、スギ 71.2～78.9、ヒノキ 61.5～79.3 で、2,000 本区及び 3,000 本区で 80 近くとなっていた。収量比数は、スギ 0.54～0.72、ヒノキ 0.58～0.79。曲りや二又等形質不良木の割合は、スギ 11～28%、ヒノキ 6～33%であり、スギでは 3,000 本区で 28%と最も大きくなったのに対して、ヒノキでは、3,000 本区で 6%と最も小さくなった。

表 1 林分調査結果

| | スギ | | | | ヒノキ | | | |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1,000本区 | 1,500本区 | 2,000本区 | 3,000本区 | 1,000本区 | 1,500本区 | 2,000本区 | 3,000本区 |
| 標準地面積 (ha) | 0.1742 | 0.1661 | 0.1161 | 0.1044 | 0.1846 | 0.1074 | 0.0899 | 0.0905 |
| 立木本数 (本) | 103 | 102 | 104 | 101 | 121 | 100 | 98 | 101 |
| 立木密度 (本/ha) | 591 | 614 | 896 | 968 | 656 | 931 | 1,090 | 1,116 |
| 平均胸高直径 (cm) | 31.2 a | 29.8 a | 29.0 a | 27.9 a | 28.7 a | 25.7 b | 24.0 b | 23.6 b |
| 平均樹高 (m) | 21.6 a | 20.7 a | 21.5 a | 21.1 a | 17.4 b | 17.7 ab | 18.6 a | 18.0 ab |
| 平均幹材積 (m ³ /本) | 0.78 a | 0.71 a | 0.70 a | 0.65 a | 0.57 a | 0.47 b | 0.44 b | 0.41 b |
| 林分材積 (m ³ /ha) | 461.6 | 438.6 | 625.2 | 631.1 | 373.6 | 435.4 | 483.4 | 459.0 |
| 形状比平均 | 71.2 b | 72.1 b | 76.7 ab | 78.9 a | 61.5 c | 70.5 b | 79.3 a | 77.7 a |
| 収量比数 (Ry) | 0.54 | 0.57 | 0.70 | 0.72 | 0.58 | 0.73 | 0.79 | 0.78 |
| 曲・二又等率 (%) | 17% | 21% | 11% | 28% | 26% | 27% | 33% | 6% |

注 1 材積は、森林総合研究所『収穫表作成システム LYCS3.3』により算出。

2 収量比数は、近畿中国森林管理局『近畿・山陽地方国有林スギ林分密度管理図』『近畿中国地方国有林ヒノキ林分密度管理図』により算出。

3 異なる樹種での異なるアルファベットは、試験区間の平均値に有意差（5%水準）があることを示す（Tukey-Kramer 法による多重比較）。

各試験区の標準地現況写真を図1、地上型3次元レーザースキャナ計測による3D画像を図2に示す。

図1 各試験区の標準地現況写真

<スギ> 左から、1,000本区、1,500本区、2,000本区、3,000本区

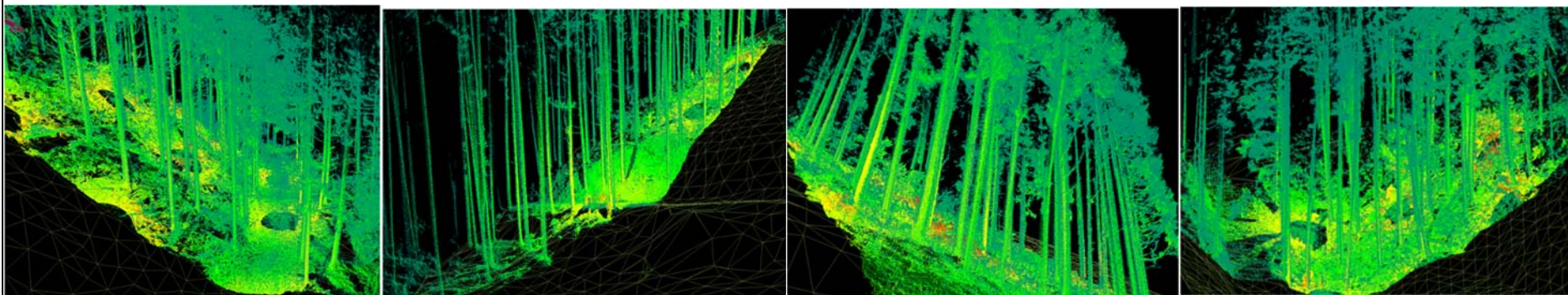


<ヒノキ>左から、1,000本区、1,500本区、2,000本区、3,000本区

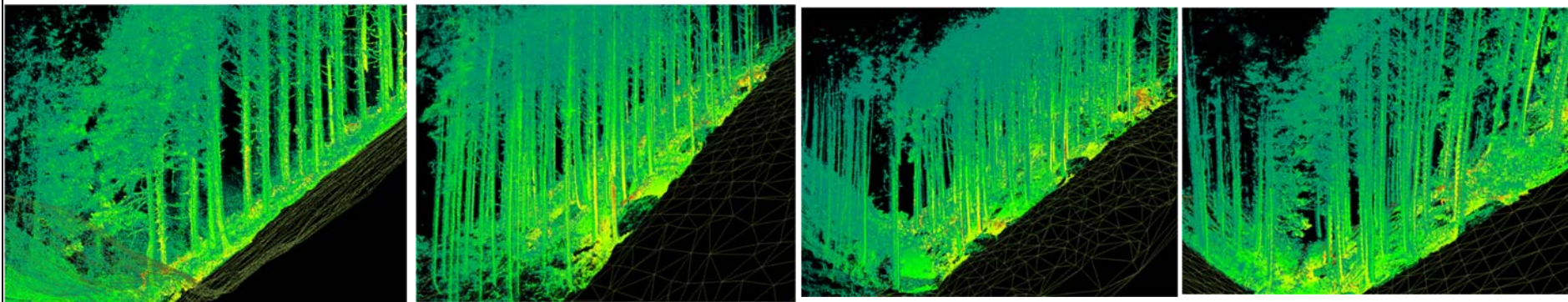


図2 地上型3次元レーザースキャナ計測による3D画像

<スギ> 左から、1,000本区、1,500本区、2,000本区、3,000本区



<ヒノキ> 左から、1,000本区、1,500本区、2,000本区、3,000本区



植栽密度と平均胸高直径、平均樹高、平均幹材積、林分材積及び形状比との関係を図3に示す。林分材積の胸高直径別の内訳を図4に示す。

胸高直径については、スギとヒノキどちらにおいても、植栽密度が大きくなるにつれて小さくなる傾向が見られた。Tukey-Kramer法による多重比較(以下「多重比較」という)の結果、スギでは、有意差は認められなかった。ヒノキでは、1,000本区とそれ以外の試験区との間で有意に差があった。

平均樹高については、スギでは、1,500本区で若干小さいものの、多重比較の結果、有意な差は認められなかった。ヒノキでは、スギに比べて試験区間の差が大きく、多重比較の結果、1,000本区と2,000本区との間で有意に差があった。

平均幹材積については、スギとヒノキどちらにおいても、植栽密度が大きくなるにつれて小さくなる傾向が見られた。多重比較の結果、スギでは、試験区間に有意な差は認められなかったのに対して、ヒノキでは、1,000本区とそれ以外の試験区との間の差が有意であった。

林分材積は、スギでは、3,000本区及び2,000本区(600m³/ha代)が、1,500本区及び1,000本区(400m³/ha代)に比べて大きい。ヒノキでも同様の傾向が見られたが、スギに比べてその差は小さい。胸高直径別の内訳を見ると、スギでは、胸高直径30cm以上の材積は300~400m³/haであり試験区間の差は小さかったが、胸高直径30cm未満の材積が、2,000本区及び3,000本区で大きい。ヒノキでは、1,000本区で胸高直径30cm以上の材積の割合が大きい。胸高直径20cm以上の材積になると試験区間の差は小さい。

形状比は、植栽密度が大きいほど大きくなる傾向が見られ、2,000本区及び3,000本区では80近い値となった。多重比較の結果、スギでは、3,000本区と1,000本区及び1,500本区との間で有意に差があった。ヒノキでは、2,000本区と3,000本区との間を除く試験区間で有意に差があった。

胸高直径及び形状比の頻度分布を図5に示す。

胸高直径については、スギとヒノキどちらにおいても、1,000本区が他の試験区に比べ頻度のピークである直径が大きかった。特にヒノキでその傾向が強く、1,000本区では24cm以上の個体がほとんどであるのに対して、他の試験区では24cmに満たない個体が半数程度を占めている。

形状比については、スギとヒノキどちらにおいても、1,000本区及び1,500本区では70以下の個体が多いのに対して、2,000本区及び3,000本区では70以上の個体が多かった。特に、3,000本区では80以上となっている個体が多くある。

図3 植栽密度と平均胸高直径(上左)、植栽密度と平均樹高(上右)、植栽密度と平均幹材積(中左)、植栽密度と林分材積(中右)、植栽密度と形状比(下)の関係

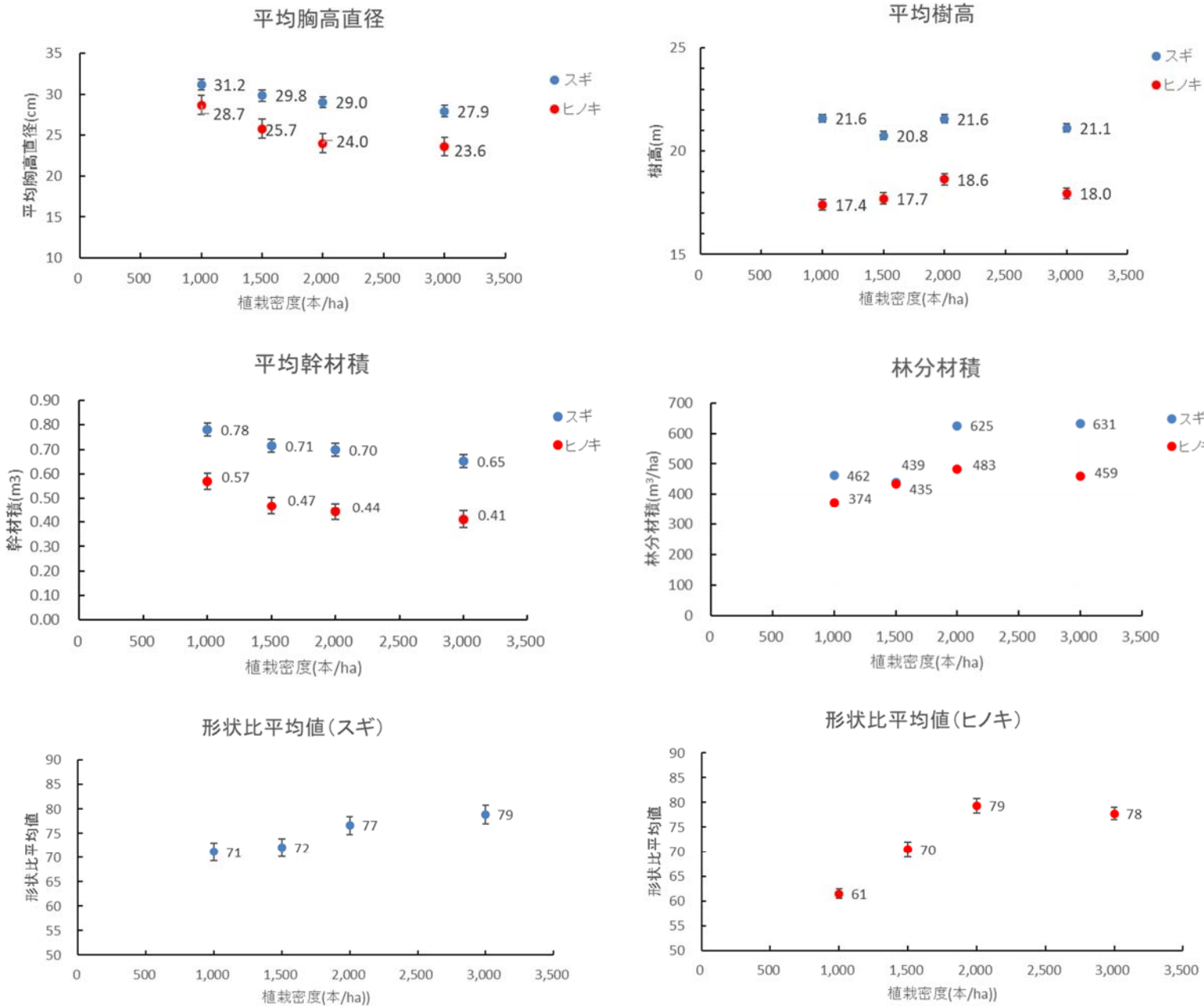


図4 林分材積の胸高直径別内訳

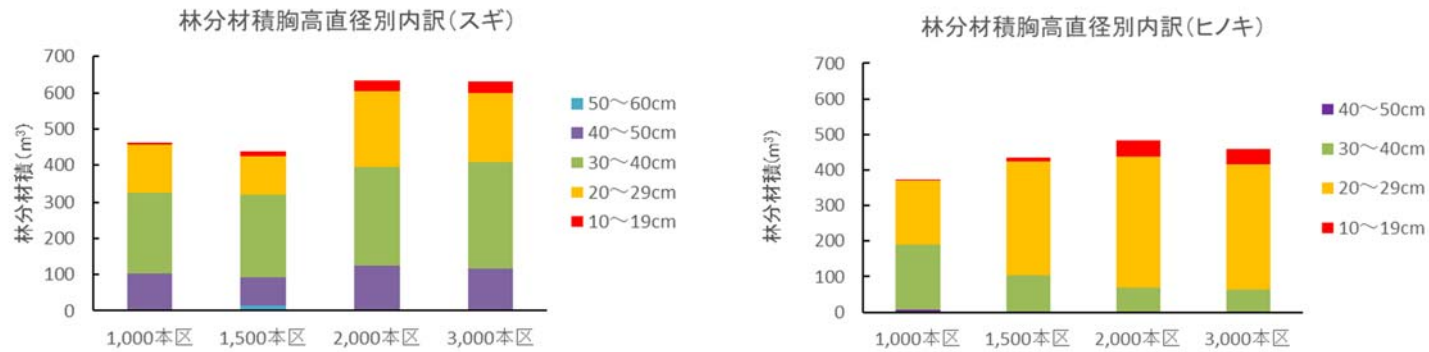
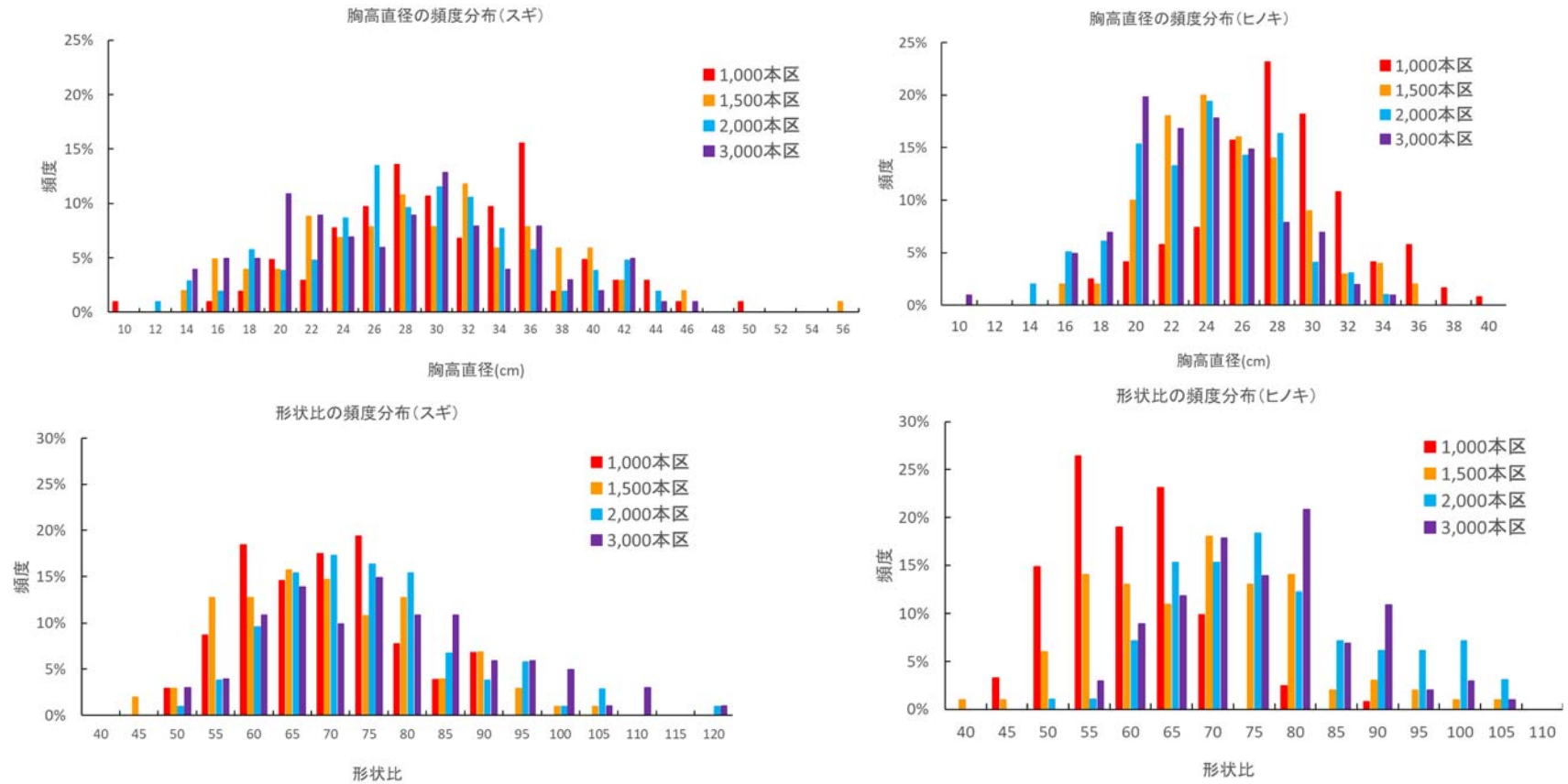


図5 胸高直径（上）及び形状比（下）の頻度分布



地上型3次元レーザースキャナによる樹幹の細り率（地上高1.2m部の直径を1.0とした相対上部直径）調査結果を図6に示す。

ヒノキでは、1,000本区において、地上高3.2mより上部で、細りが大きい傾向が見られたが、多重比較では、スギとヒノキどちらにおいても、試験区間で有意な差は認められなかった。

なお、今回の調査では、OWLでの測定推奨上限である地上高6.0mまでのデータで解析を行ったが、2014年度の伐倒・実測による幹形解析では、スギについては、試験区間で大差なく、ヒノキについては1,000本区で6.2m部より上部でウラゴケ傾向との結果が出ている（図7）。

図6 地上高1.2m部の直径を1.0とした相対上部直径

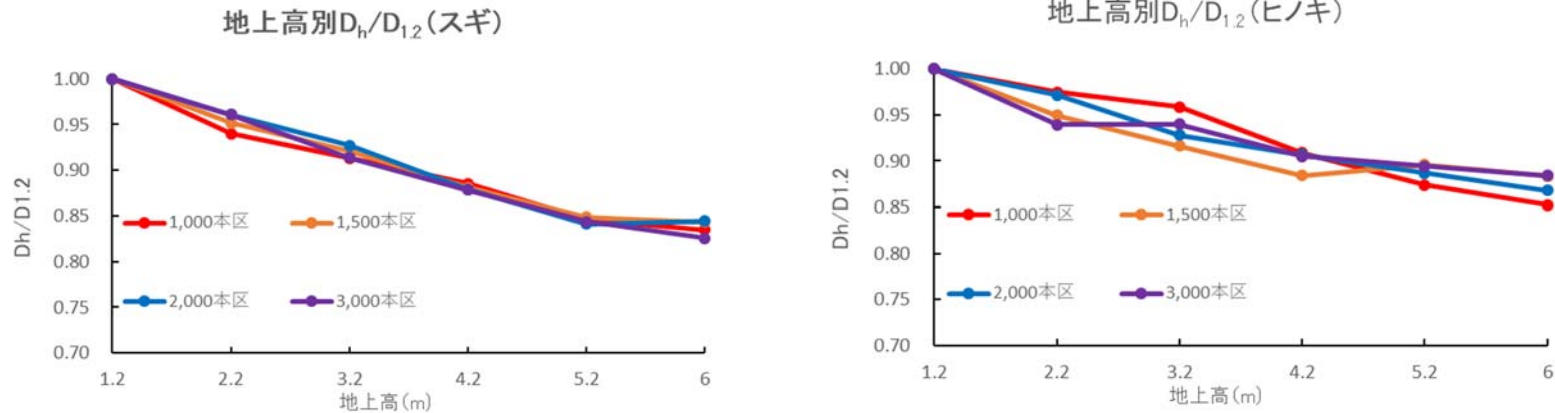


図7 2014年度に行った伐倒による幹形解析結果（平成27年度近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表会発表）

列状間伐予定木から、試験区毎の主林木の平均胸高直径相当及びその前後の直径階級に該当する個体について、それぞれ5本程度選定。伐倒後に各部位高での直径を測定。

<スギ>

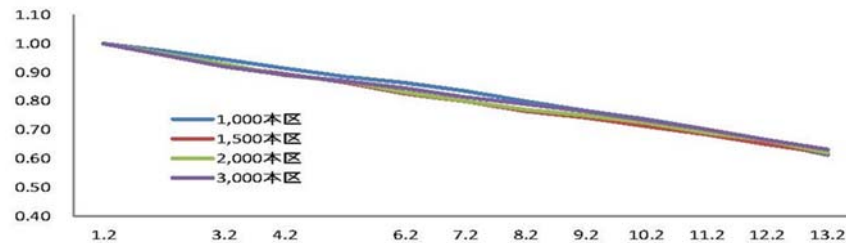


図-3. 地上高別Dh/D1.2の平均
(1.2m部の直径を1とした相対上部直径)

地上高6.2m部で、1,000本区と1,500本区に有意差有り（5%水準）。他では、有意差認められず。

<ヒノキ>

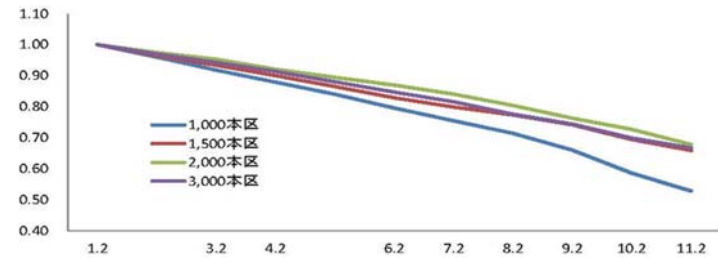


図-5. 地上高別Dh/D1.2の平均
(1.2m部の直径を1とした相対上部直径)

6.2m部から上部で、1,000本区と他の試験区間で基本的に有意差有り（1%水準）。

(2)下層植生調査<森林総合研究所関西支所>

下層植生調査結果を表2及び表3に示す。

被植率（木本と草本の合計）について、スギでは、1,500本区の1プロットを除き、85%以上の値となっており、林床植生が豊かであることが確認された。ヒノキでは、スギに比べてプロット間の差が大きいが、1,500本区（草本）で高い傾向が見られた。

林床木本高について、スギでは、1,000本区で3プロット平均4.5mに達しており、それ以外の試験区においても、1.1m以上となっていた。ヒノキでは、スギに比べて試験区間の差が小さかった。

高木種密度について、スギでは、1,000本区で3プロット平均8,330本/haと大きく、植栽密度が大きくなるにつれて小さくなる傾向が見られた。ヒノキでは、1,500本区で1,670本/haと最も大きかった。

表2 スギ試験地（下）及びヒノキ試験地（次頁）の下層植生調査結果

| 調査方形区 (2m×4m) | 植被率 (%) | 木本・草本別 | | 林床木本高 (cm) | 林床草本高 (cm) | 出現種数 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| | | 木本 (%) | 草本 (%) | | | |
| 1,000本区 Plot ① | 100.0 | 62.0 | 55.3 | 357.4 | 192.2 | 14 (5) |
| 1,000本区 Plot ② | 90.2 | 85.0 | 5.2 | 430.7 | 43.0 | 14 (2) |
| 1,000本区 Plot ③ | 100.0 | 100.0 | 9.4 | 564.0 | 246.0 | 16 (8) |
| 1,000本区 平均 | 96.7 | 82.3 | 23.3 | 450.7 | 160.4 | 14 (5) |
| 1,500本区 Plot ① | 43.1 | 8 | 35.1 | 255.7 | 226.9 | 16 (5) |
| 1,500本区 Plot ② | 100.0 | 51.8 | 86.0 | 109.8 | 86.3 | 20 (8) |
| 1,500本区 Plot ③ | 100.0 | 15.0 | 98.1 | 147.2 | 73.8 | 13 (4) |
| 1,500本区 平均 | 81.0 | 24.9 | 73.1 | 170.9 | 129.0 | 16 (6) |
| 2,000本区 Plot ① | 100.0 | 17.0 | 96.3 | 190.7 | 162.7 | 10 (4) |
| 2,000本区 Plot ② | 100.0 | 98.0 | 95.5 | 124.5 | 120.3 | 12 (4) |
| 2,000本区 Plot ③ | 85.0 | 38.0 | 47.0 | 167.2 | 118.8 | 17 (5) |
| 2,000本区 平均 | 95.0 | 51.0 | 79.6 | 160.8 | 133.9 | 13 (4) |
| 3,000本区 Plot ① | 100.0 | 90.5 | 13.6 | 272.4 | 27.5 | 11 (4) |
| 3,000本区 Plot ② | 96.0 | 53.0 | 43.0 | 127.5 | 224.7 | 14 (6) |
| 3,000本区 Plot ③ | 100.0 | 64.0 | 51.3 | 196.1 | 83.2 | 11 (4) |
| 3,000本区 平均 | 98.7 | 69.2 | 36.0 | 198.7 | 111.8 | 12 (5) |

| 調査方形区 (2m×4m) | 植被率 (%) | 木本・草本別 | | 林床木本高 (c m) | 林床草本高 (c m) | 出現種数 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| | | 木本 (%) | 草本 (%) | | | |
| 1,000本区 Plot ① | 20.1 | 13.8 | 6.3 | 153.3 | 31.8 | 12 (5) |
| 1,000本区 Plot ② | 7.1 | 4.0 | 3.6 | 72.1 | 22.7 | 7 (2) |
| 1,000本区 Plot ③ | 57.1 | 23.0 | 34.0 | 110.2 | 74.3 | 10 (3) |
| 1,000本区 平均 | 28.1 | 13.6 | 14.6 | 111.9 | 42.9 | 10 (3) |
| 1,500本区 Plot ① | 94.4 | 13.1 | 81.3 | 286.8 | 90.3 | 16 (5) |
| 1,500本区 Plot ② | 53.6 | 16.0 | 37.6 | 112.8 | 57.5 | 20 (8) |
| 1,500本区 Plot ③ | 71.7 | 2.5 | 69.2 | 92.6 | 72.8 | 13 (4) |
| 1,500本区 平均 | 73.2 | 10.5 | 62.7 | 164.1 | 73.5 | 16 (6) |
| 2,000本区 Plot ① | 40.3 | 10.5 | 29.8 | 115.7 | 92.6 | 13 (6) |
| 2,000本区 Plot ② | 46.3 | 20.0 | 26.3 | 63.6 | 78.1 | 13 (6) |
| 2,000本区 Plot ③ | 52.3 | 7.3 | 45.0 | 88.3 | 58.8 | 15 (3) |
| 2,000本区 平均 | 46.3 | 12.6 | 33.7 | 89.2 | 76.5 | 14 (5) |
| 3,000本区 Plot ① | 30.1 | 15.0 | 15.1 | 272.4 | 27.5 | 8 (2) |
| 3,000本区 Plot ② | 16.2 | 5.6 | 10.6 | 43.3 | 47.7 | 7 (1) |
| 3,000本区 Plot ③ | 4.7 | 1.3 | 3.4 | 27.6 | 40.6 | 7 (6) |
| 3,000本区 平均 | 17.0 | 7.3 | 9.7 | 114.4 | 38.6 | 7 (3) |

表3 スギ試験地及びヒノキ試験地の高木種密度及び出現種

| 調査方形区 | 高木個体数 (Plot 3区合計) | 高木種密度 (/ha) | 調査Plot内の出現種 |
|----------------------------------------------------------|----------------------|----------------|------------------------------------------------------------------|
| スギ 1000本区 | 20 | 8,330 | ホオノキ (3個体) ウワミズザクラ (1個体) エゴノキ (13個体) ネムノキ (1個体) イヌザンショウ (2個体) |
| スギ 1500本区 | 9 | 3,750 | アカメガシワ (3個体) カラスザンショウ (6個体) |
| スギ 2,000本区 | 7 | 2,920 | エゴノキ (3個体) カラスザンショウ (2個体) ヒメコウゾ (2個体) |
| スギ 3,000本区 | 2 | 830 | エノキ (1個体) エゴノキ (1個体) |
| ヒノキ 1,000本区 | 1 | 420 | カラスザンショウ (1個体) |
| ヒノキ 1,500本区 | 5 | 1,670 | クリ (1個体) アカメガシワ (1個体) カラスザンショウ (1個体) ヒメコウゾ (2個体) |
| ヒノキ 2,000本区 | 3 | 1,250 | ウワミズザクラ (1個体) ヒメコウゾ (2個体) |
| ヒノキ 3,000本区 | 3 | 1,250 | クリ (1個体) アカメガシワ (1個体) ヤマウルシ (1個体) |
| * ha当たり本数密度 : 2m×4m×3Plot の出現個体数合計を1haに換算、一桁部を四捨五入して表示した | | | |

(3) 林内相対照度調査

林内相対照度調査結果を表4に示す。

スギでは、2,000本区で最も大きく、1,000本区及び1,500本区で15%程度となり小さかった。ヒノキでは、1,500本区と2,000本区で30%前後と大きく、1,000本区及び3,000本区において10%未満と小さかった。

林床の本木・草本の高さが大きくなっておりその下での測定となる地点もあること、地上型3次元レーザースキャナ計測データによる点群画像(図8)のとおり、同一試験区内であっても光環境にはムラがあると考えられること等から、林内相対照度の測定については、継続する意義があるのか疑問がある。

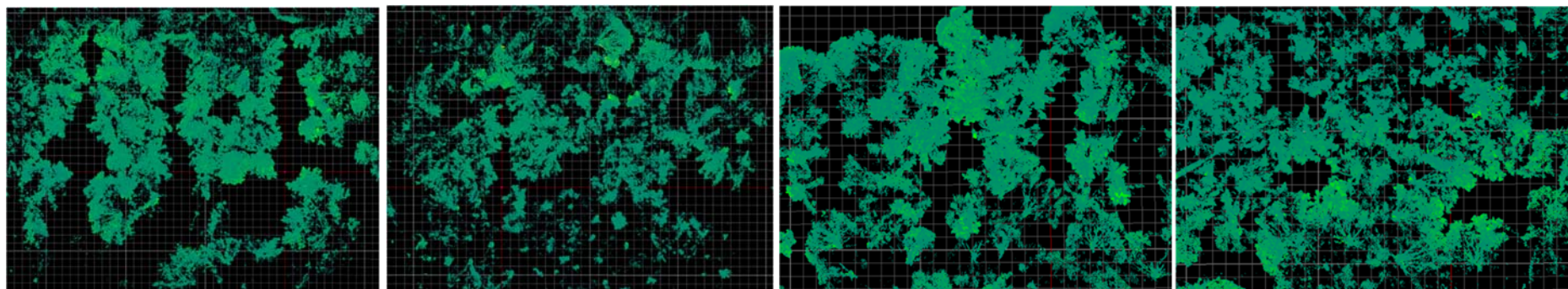
表4 林内相対照度測定結果

| | スギ | | | | ヒノキ | | | |
|---------------|---------------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
| | 1,000本区 | 1,500本区 | 2,000本区 | 3,000本区 | 1,000本区 | 1,500本区 | 2,000本区 | 3,000本区 |
| 林内照度 (lux) | 61.3 | 96.4 | 308.8 | 289.1 | 23.3 | 96.2 | 75.4 | 20.4 |
| 林外照度 (lux) | 398.8 | 634.2 | 1001.8 | 1407.3 | 292.8 | 292.8 | 292.8 | 292.8 |
| 相対照度 | 15.4% | 15.2% | 30.8% | 20.5% | 8.0% | 32.9% | 25.8% | 7.0% |
| 備考 | 測定日:2019年7月19日 天気:雨 | | | | 測定日:2019年7月23日 天気:雨 | | | |

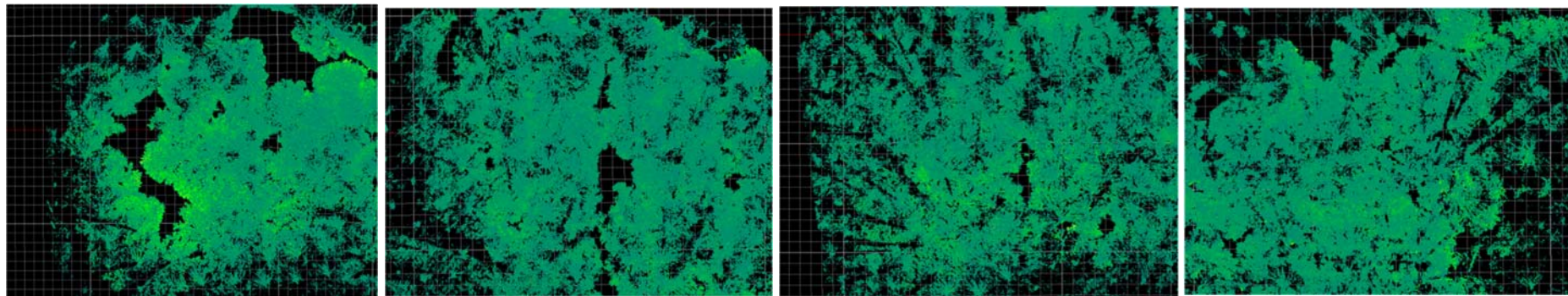
※ヒノキについては、照度計が不調となり、1,000 本区以外の林外照度が測定できなかったため、1,000 本区の林外照度を用いて算出した。

図8 地上型3次元レーザースキャナ計測データによる点群画像(樹冠投影)

<スギ> 左から、1,000 本区、1,500 本区、2,000 本区、3,000 本区



<ヒノキ> 左から、1,000 本区、1,500 本区、2,000 本区、3,000 本区



2. 経年変化 (1) 林分調査

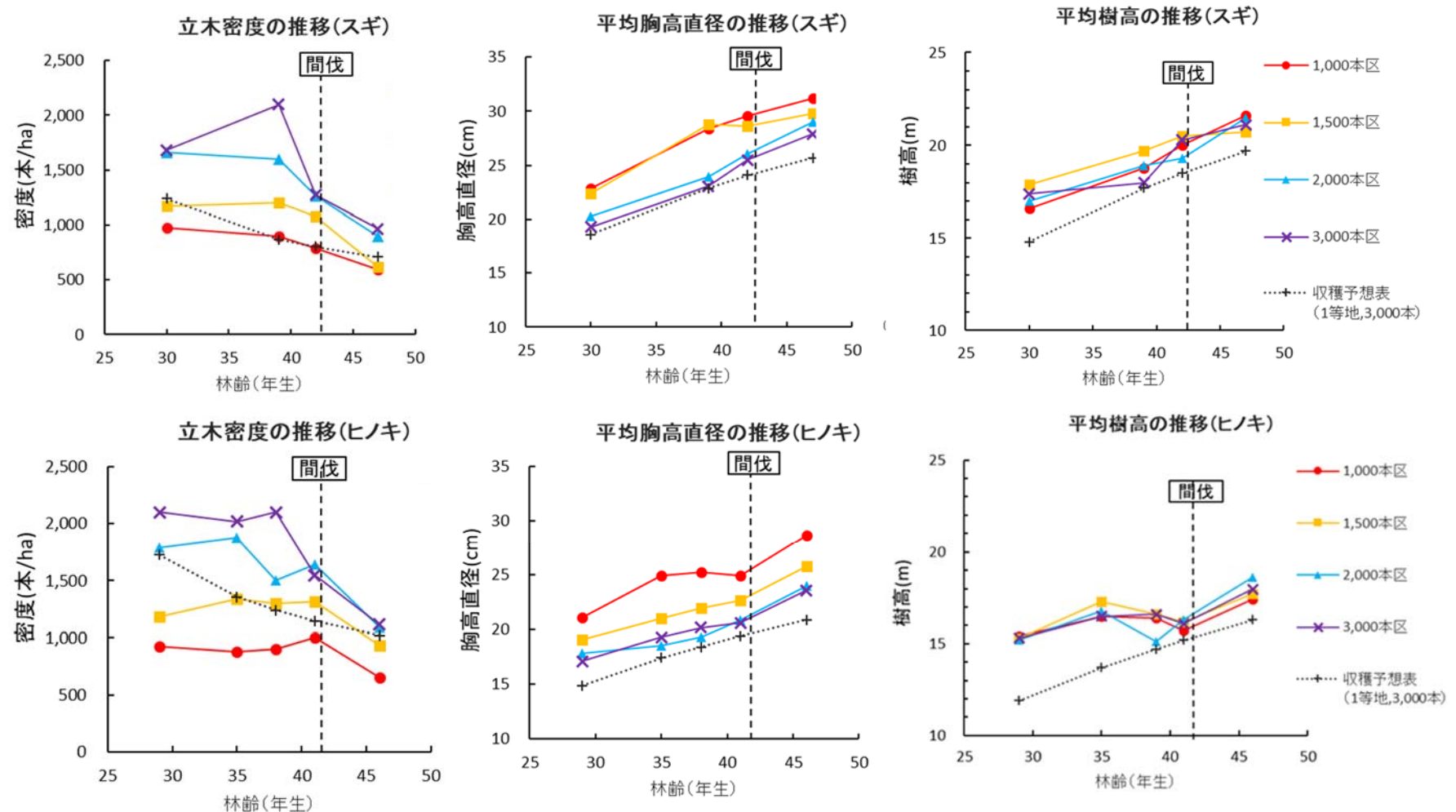
これまでの林分調査結果（2001、2008※、2012、2014、2019）による経年変化を図9及び図10に示す。なお、標準地は調査毎に設定している。

※鹿児島大学農学部による調査

立木密度については、スギとヒノキどちらにおいても、3,000本区では、2014年度の列状間伐以前に2,000本区と同程度の立木本数となっている。

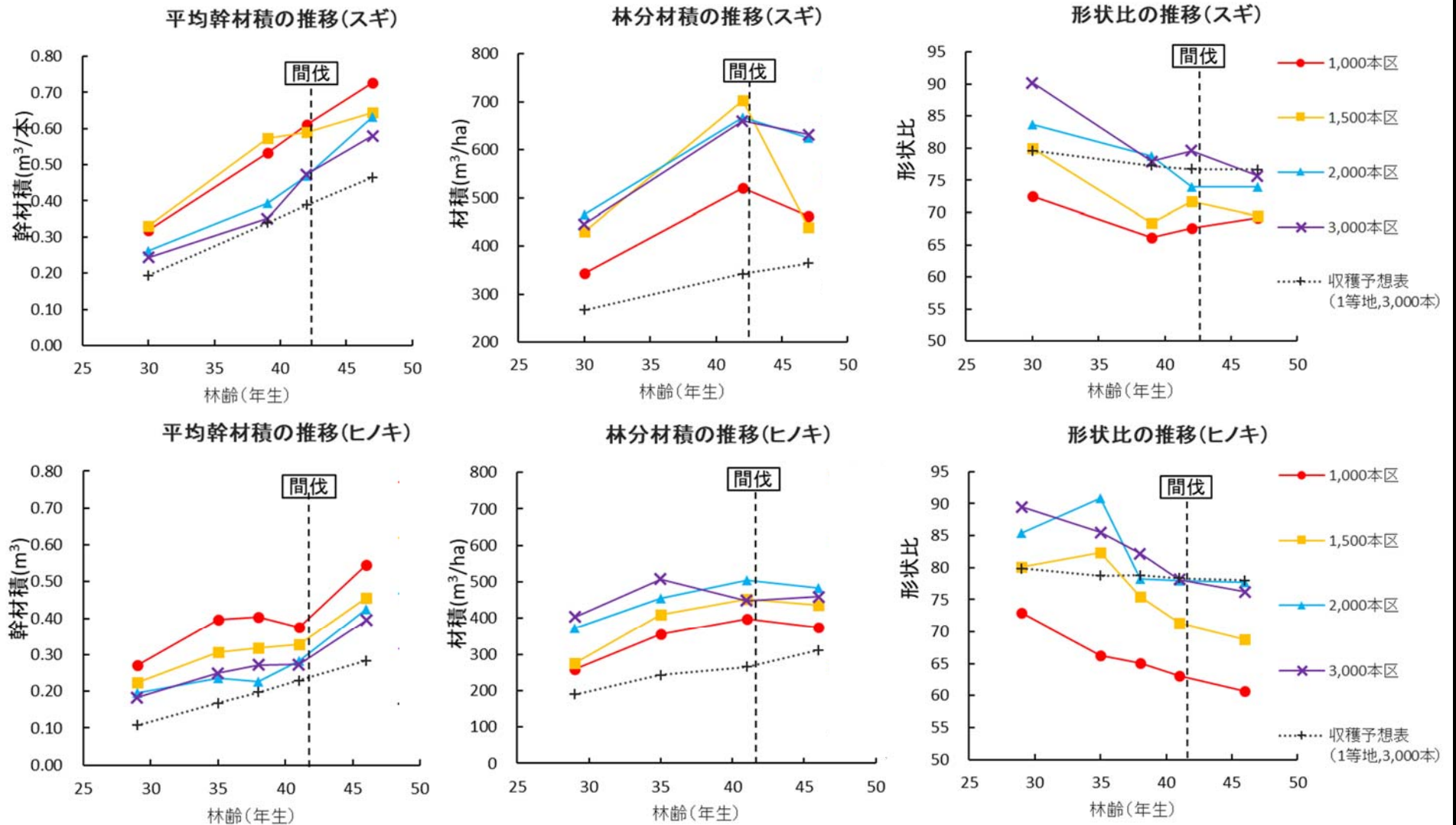
平均胸高直径は、ヒノキでは、2014年度から2019年度の成長率が大きいことから、2014年度の列状間伐による効果が発揮されていると考えられる。一方、スギでは、ヒノキほど間伐による効果が発揮されていない可能性がある。

図9 立木密度（左）、平均胸高直径（中）、平均樹高（右）の経年変化



林分材積については、ヒノキ 3,000 本区を除いて、2014 年度の列状間伐前の材積まで回復していない。
 形状比については、スギ 1,000 本区、スギ 2,000 本区及びヒノキ 2,000 本区では 2014 年度の値と比較して低下していない。

図 10 平均幹材積（左）、林分材積（中）、形状比（右）の経年変化



(2) 下層植生調査

2014年と2019年の下層植生調査結果による経年変化を図11及び図12に示す。

植被率及び草本植被率について、ヒノキの1,000本区を除いて、2014年度に比べて大きくなった。

高木種密度については、2014年度値がある試験区では、ほとんどの試験区において2014年度に比べて大きくなった。

また、林床高についても、木本と草本どちらも、2014年度値がある試験区では、ほとんどの試験区において2014年度に比べて大きくなった。

以上のことから、2014年度の列状間伐による効果として下層植生が豊かになったものと推察される。

図11 植被率（左）、草本植被率（中）及び高木種密度（右）の経年変化

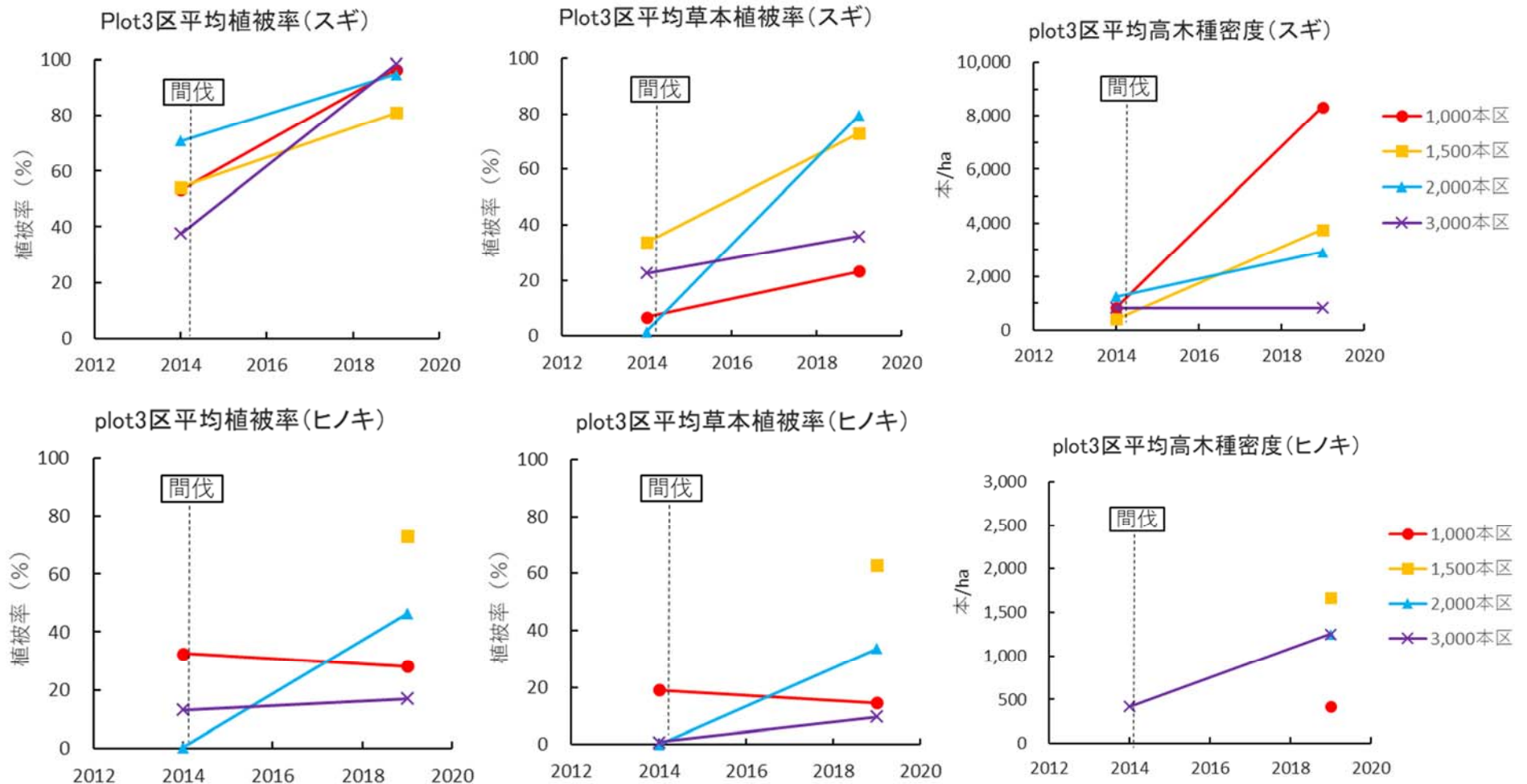
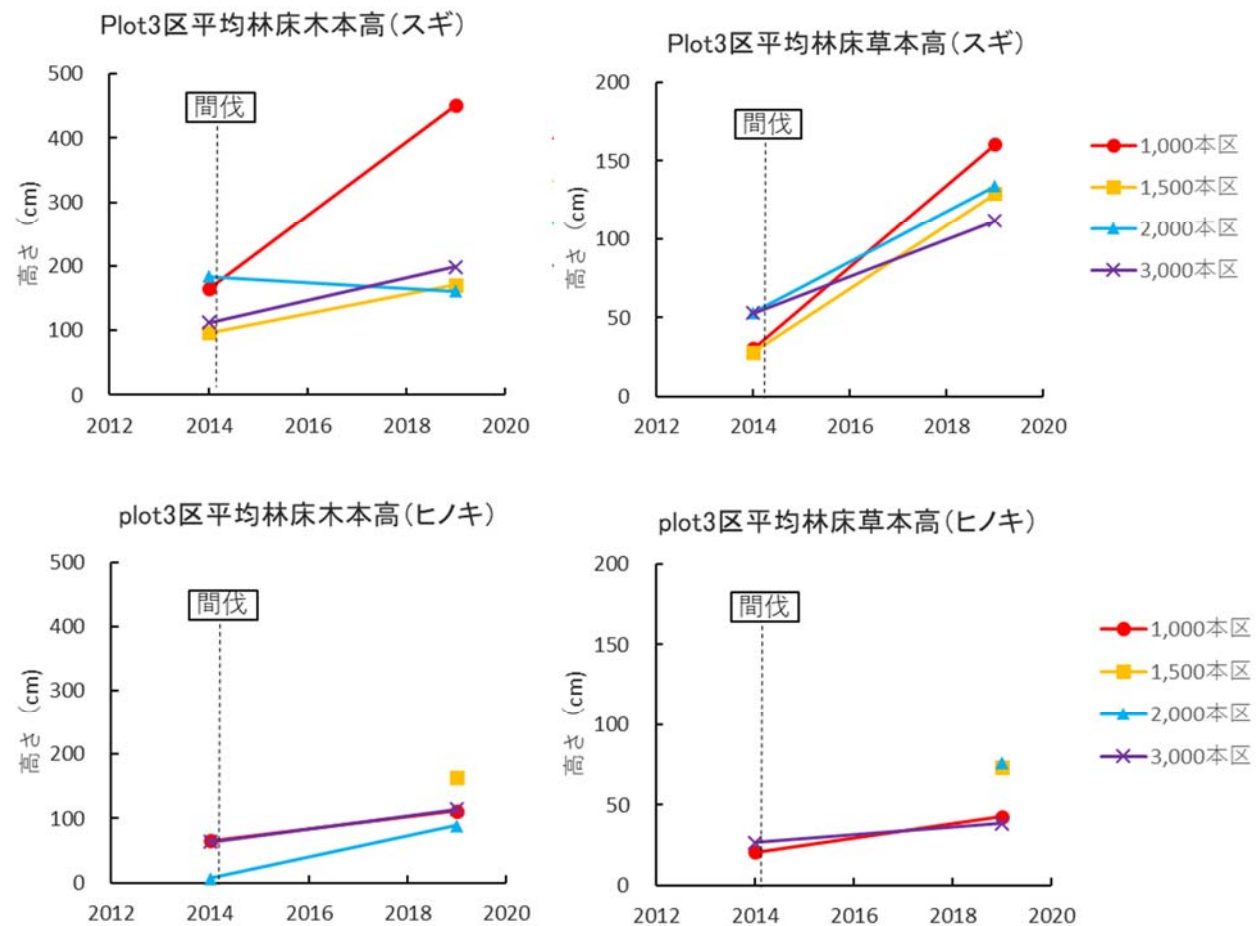


図12 林床木本高（左）及び林床草本高（右）の経年変化

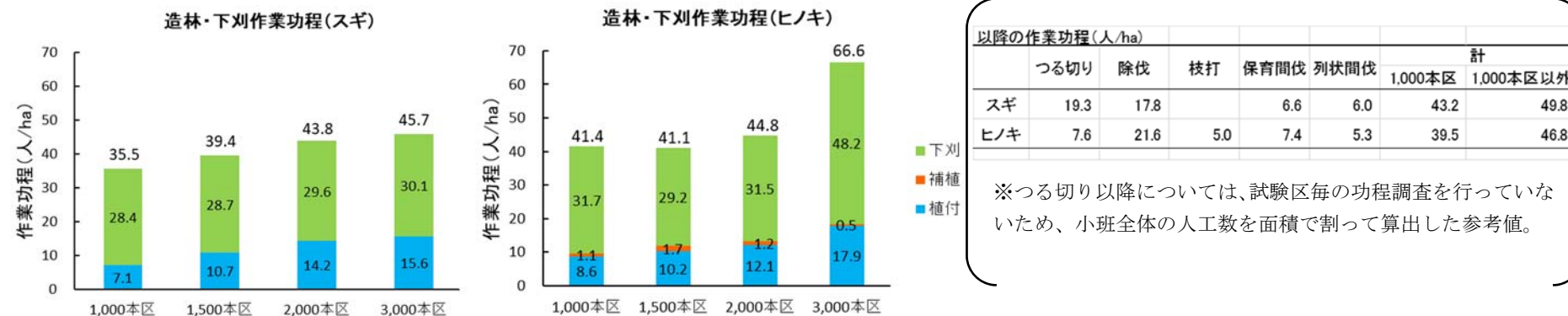


3. 既報告の調査成果等

(1) 植付から下刈終了時点までに実際にかかった作業工程の比較(平成 14 年度近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表会発表)

植付や下刈の作業工程は、植栽本数が少なくなるほど小さくなる傾向。これに苗木代を加えると、植栽本数による造林コストの差はさらに大きくなる。

図 13 作業工程と植栽密度の関係



(2) 立木状態での強度の比較～応力波伝播速度調査～(平成 27 年度近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表会発表)

応力波伝播速度調査の測定値から、静的ヤング率を推計。

- ✓スギについては、1,500 本区以上では、多くの都道府県における製品品質規格下限ヤング率基準値である E70 を上回るものがほとんど。1,000 本区でも E70 以上が 78%。
- ✓ヒノキについては、1,500 本区では、製品品質規格下限ヤング率基準値である E90 よりも低い値を示すものが 10%あったが、1,000 本区を含めて、E90 を上回るものがほとんど。

(3) LYCS により算出した幹材積と樹幹解析結果により算出した幹材積との比較(2019 年度試行)

2014 年度に行った樹幹解析結果を用いて、森林総合研究所『収穫表作成システム LYCS3.3』により算出した幹材積の値と円錐台（及び円錐）の積み上げで算出した幹材積の値を比較。

- ✓LYCS による幹材積値が円錐台積み上げによる幹材積値よりも小さいケースが多い中で、LYCS による幹材積値の方が大きくなるケースが、15 個体中 4 個体存在。
- ✓15 個体の中で、LYCS による幹材積値が円錐台積み上げによる幹材積値よりも最も大きくなったのは、ヒノキ 1,000 本区の個体 (+0.06m³)。他方、同じヒノキ 1,000 本区でも、LYCS による幹材積値の方が小さい個体(▲0.01m³)も存在。

4. 考察

標準伐期齢を超えた現時点において、スギとヒノキともに、2,000本/ha以下の植栽密度であっても問題なく成林しており、ヤング率についても大差はない。

林業の観点では、スギは、2,000本区及び3,000本区が、1,000本区及び1,500本区に比べて、林分材積が200m³/ha近く大きいこと、その内訳を見ると胸高直径30cm以上の材積は試験区間の差が小さいことから、2,000本/ha及び3,000本/haが有利であると考えられ、初期コストも勘案すると2,000本/haが最も有利であると考えられる。ヒノキは、林分材積に試験区間でスギほど差はないが、1,000本区では地上高6.2mより上部でウラゴケ傾向が確認されており、それにより林分材積も過大に算出している可能性があることから、1,500本/ha以上の植栽本数が有利であると考えられ、初期コストも勘案すると、1,500本/haが最も有利であると考えられる。

一方、収益性を重視しない場合、皆伐後の森林を低コストで確実に成林させ、公益的機能の発揮を図る観点では、1,000本/ha及び1,500本/haといったより低密度の植栽についても選択肢となり得る可能性がある。

2032年度に予定している完了報告及び主伐までの間、樹幹解析による幹形の詳細な分析を含めて引き続き調査を行い、植栽密度による林分構造や材質への影響について、より精度の高い検証を進めることとしたい。

<引用文献>

- ・岩田幸治ほか（2003）植栽本数の違いによる成林状況の一考察. 平成14年度森林・林業交流研究発表会集録（近畿中国森林管理局）：26-32
- ・佐々木祐希子ほか（2009）植栽密度の違いが植栽木の成長に及ぼす影響-ヒノキ34年生林分における事例. 九州森林研究 62：14-17
- ・石堂次郎ほか（2012）植栽本数の違いによる成林状況の一考察. 平成23年度森林・林業交流研究発表会集録（近畿中国森林管理局）：18-24
- ・堂蘭理一郎ほか（2016）低密度植栽で造成されたスギ・ヒノキの標準伐期齢を超えた林分の林分構造及び材質（幹形・強度）調査結果について. 平成27年度森林・林業交流研究発表会集録（近畿中国森林管理局）：30-37

<試験地位置図>

