

論文

スギ在来品種の成長量と動的ヤング率に及ぼす植栽密度の影響*1

津島俊治*2 · 古賀信也*3 · 小田一幸*3 · 白石 進*3

津島俊治・古賀信也・小田一幸・白石 進：スギ在来品種の成長量と動的ヤング率に及ぼす植栽密度の影響 九州森林研究 58：95-100, 2005 植栽密度の異なる28年生スギ在来品種6品種を対象に、植栽密度および品種、樹幹内部部位の違いが、成長量および樹幹の材質に及ぼす影響について検討した。その結果、植栽密度の高い試験区の残存率は低く、DBHは小さかった。とくに、ヤブクグリの残存率が高く、ヤマグチおよびシャカインのDBHのバラツキが小さかった。また、植栽密度の高い試験区のDBHおよび材積は顕著に小さかったが、植栽密度の樹高への影響は小さかった。次に、植栽密度の高い試験区の方が動的ヤング率は大きい傾向にあったが、ヤブクグリだけが逆の傾向を示した。動的ヤング率は、品種によって、植栽密度の影響や高さ方向の変動パターンが異なった。なお、DNA鑑定によるスギ品種の同定が必要と考えられた。

キーワード：スギ品種、植栽密度、材質、成長量、動的ヤング率

I. はじめに

九州では古くから多数のスギ在来品種が成立しており、従来から正確な品種名の認識あるいは針葉や樹幹の形態的特徴による品種識別は難しいとされていた(14)。しかし、近年、アイソザイム分析(15, 26)やDNA鑑定(7, 8, 27, 28)が可能となり、徐々に品種が特定されつつある。

一方、スギクローンおよび在来品種の材質特性に関する研究は数多く行われており、クローンや品種によって材質が異なることが明らかとなっている(1, 2, 9, 11, 19, 20, 21, 22, 23, 29, 30, 33, 34)。また、スギ材質の樹幹内変動に関しても既に報告されている(4, 5, 6, 18)。

しかし、材質に及ぼす森林施業の影響に関する研究(3, 12, 16, 25)や成長経過と材質を関連づけた研究は少なく(10, 13, 17, 24)、特にスギの材質をコントロールするための林業技術すなわち保育の影響については不明な点が多い。

そこで、本研究では、同一林分の中で植栽密度の異なる試験区に生育したスギ在来品種を対象として、成長量と樹幹の動的ヤング率に及ぼす植栽密度の影響について検討した。

II. 試験方法

大分県玖珠郡九重町大字町田字城野(通称：地藏原)に1976年3月に設定された11.72haのスギ品種試験地内に図-1のように配置された0.8haのくもの巣型スギ品種別・植栽密度別比較試験林に生育する28年生のスギ在来品種を対象にした。この試験林は、

植栽密度が成長に及ぼす影響を品種別に明らかにする目的で設定された試験林で、10品種がそれぞれヘクタール当たり5,000本、3,000本、1,500本の3段階の密度で植栽されている(以下5000本区、3000本区、1500本区)。また、この試験地は、標高930m、傾斜5~10°の北向き緩斜面に位置し、植栽後9年間の下刈り作業と20年生時に地上高4mまでの枝打ち作業が実施されている。

実験に先立ち、品種を同定するためにMuPS(Multiplex PCR of SCAR markers)によるDNA鑑定を行った。その結果、サンプルスギ、アヤスギ、アオスギがDNAの品種データベースと一致

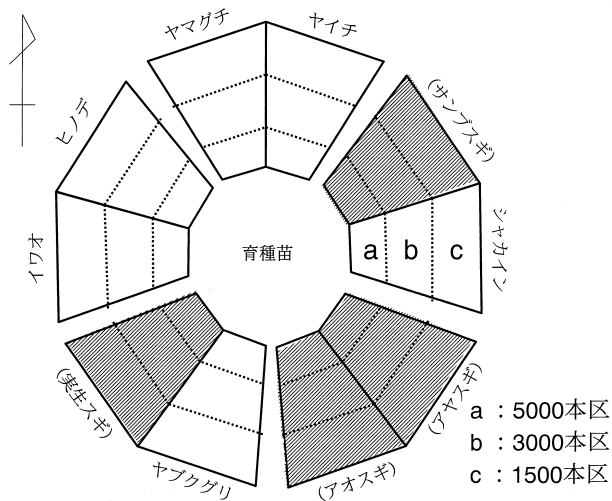


図-1. くもの巣型スギ品種別・植栽密度別比較試験林の試験区配置

*1 Tsushima, S., Koga, S., Oda, K. and Shiraishi, S.: Effects of the initial spacing on growth increment and dynamic Young's modulus of sugi (*Cryptomeria japonica*) local cultivars.

*2 大分県林業試験場 Oita Pref. Forest Exp. Stn., Hita, Oita 877-1363

*3 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agri. Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

しなかったため、これら3品種と検定不能であった実生を除くイワオ、ヒノデ、ヤマグチ、ヤイチ、シャカイン、ヤブクグリの6品種を対象とした。

2003年12月に胸高直径（以下 DBH）を毎木調査により測定し、2004年2月に各試験区ごとに平均 DBH をもつ3個体を供試木として伐採した。このとき、隣接する試験区の影響を受けないように隣接木は除いた。供試木は、地上高0.2m から2 m 毎に玉切り、1 番玉から6 番玉の動的ヤング率を縦振動法により測定した。また、胸高及び地上高0.2m から2 m 毎に厚さ約3 cm の円盤を採取し、長径とその直角方向の4 方向の年輪数と年輪幅を測定し、樹幹解析を行った。

Ⅲ. 結果と考察

1. 林分の概況

各品種の立木本数および残存率を表-1に示す。残存率は、全平均が75.6%、5000本区が60.5%、3000本区が77.2%、1500本区が85.8%となっており、植栽密度が小さいほど高い傾向にあった。これまで、この試験地では間伐が行われておらず、ヤブクグリは平均で91%という高い生存率を示した。

表-1. 立木本数および残存率

| 品種名 | 立木本数 (本) | | | | 生存率 (%) | | | |
|-------|----------|--------|--------|-----|---------|--------|--------|------|
| | 5000本区 | 3000本区 | 1500本区 | 合計 | 5000本区 | 3000本区 | 1500本区 | 合計 |
| イワオ | 20 | 47 | 53 | 120 | 46.5 | 75.8 | 98.1 | 75.5 |
| ヒノデ | 25 | 49 | 40 | 114 | 58.1 | 79.0 | 74.1 | 71.7 |
| ヤマグチ | 24 | 46 | 48 | 118 | 55.8 | 74.2 | 88.9 | 74.2 |
| ヤイチ | 24 | 36 | 49 | 109 | 55.8 | 58.1 | 90.7 | 68.6 |
| シャカイン | 29 | 49 | 38 | 116 | 67.4 | 79.0 | 70.4 | 73.0 |
| ヤブクグリ | 34 | 60 | 50 | 144 | 79.1 | 96.8 | 92.6 | 90.6 |
| 合計 | 156 | 287 | 278 | 721 | 60.5 | 77.2 | 85.8 | 75.6 |

植栽本数は、各品種とも5000本区が43本、3000本区が62本、1500本区が54本である。

2. DBH および樹高

各品種の植栽密度区ごとの DBH および樹高を表-2に示す。DBH は、図-2に示すように、植栽密度が高い試験区ほど小さい傾向にあった。また、シャカインとヤブクグリの DBH は、いずれの植栽密度区においても他の4品種のそれに比べ小さい傾向にあった。次に、各植栽密度区の DBH の正規分布図を図-3に示す。ヤマグチおよびシャカインがどの植栽密度区においても類似した正規分布を示したのに対し、他の4品種はとくに1500本区で大きなバラツキを示した。一方、樹高については、植栽密度区の違いに差がなかったが、品種間ではヤイチが高く、ヤブクグリが低かった。

表-2. DBH および樹高

| 品種名 | DBH (cm) | | | | 樹高 (m) | | | |
|-------|----------|--------|--------|------|--------|--------|--------|------|
| | 5000本区 | 3000本区 | 1500本区 | 平均 | 5000本区 | 3000本区 | 1500本区 | 平均 |
| イワオ | 21.5 | 22.2 | 23.7 | 22.5 | 16.8 | 16.2 | 15.8 | 16.3 |
| ヒノデ | 22.0 | 22.5 | 28.7 | 24.4 | 15.8 | 15.1 | 15.2 | 15.4 |
| ヤマグチ | 21.3 | 22.2 | 26.5 | 23.3 | 15.3 | 15.7 | 15.5 | 15.5 |
| ヤイチ | 25.8 | 25.0 | 27.0 | 25.9 | 18.1 | 18.8 | 19.4 | 18.8 |
| シャカイン | 16.3 | 17.6 | 21.3 | 18.4 | 15.6 | 15.6 | 15.7 | 15.6 |
| ヤブクグリ | 16.9 | 17.7 | 20.2 | 18.3 | 13.2 | 12.8 | 12.9 | 13.0 |
| 平均値 | 20.6 | 21.2 | 24.6 | 22.1 | 15.8 | 15.7 | 15.8 | 15.8 |

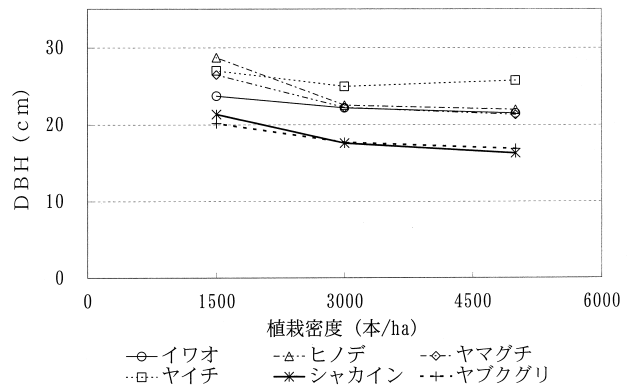


図-2. 植栽密度と DBH の関係

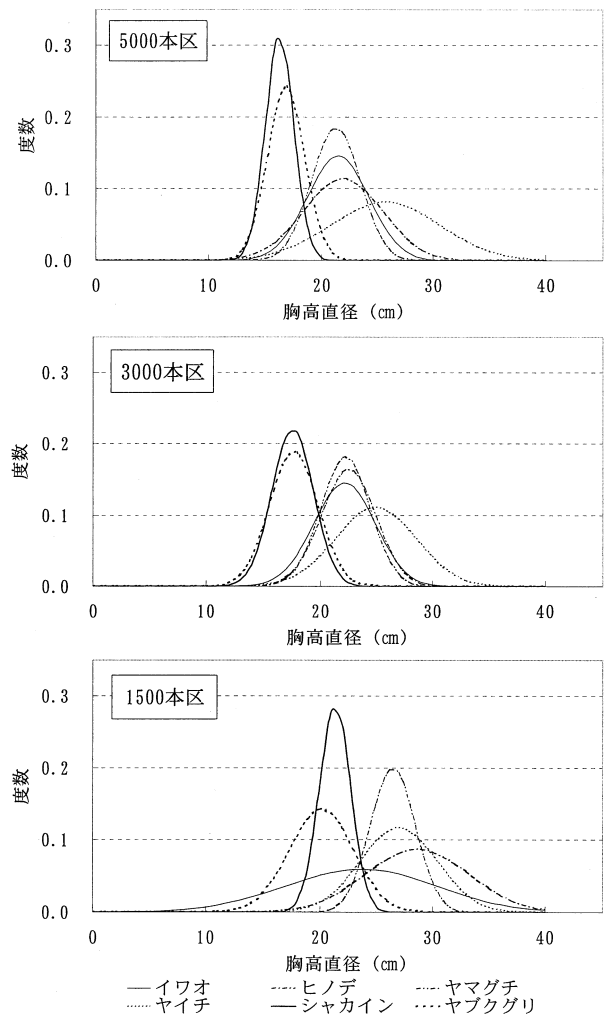


図-3. 5000本区、3000本区、1500本区における各品種の DBH の正規分布図

3. 樹幹解析による成長量

一般的なスギの植栽密度に相当する3000本区における各品種の DBH、樹高、単木材積の連年成長量を図-4に、総成長量を図-5に示す。

3000本区における DBH 総成長量は、ヤイチが23.2cmで最も大きく、逆にシャカインが16.6cmで最も小さかった。全試験区では、ヒノデの1500本区が26.4cmで最も大きく、シャカインの

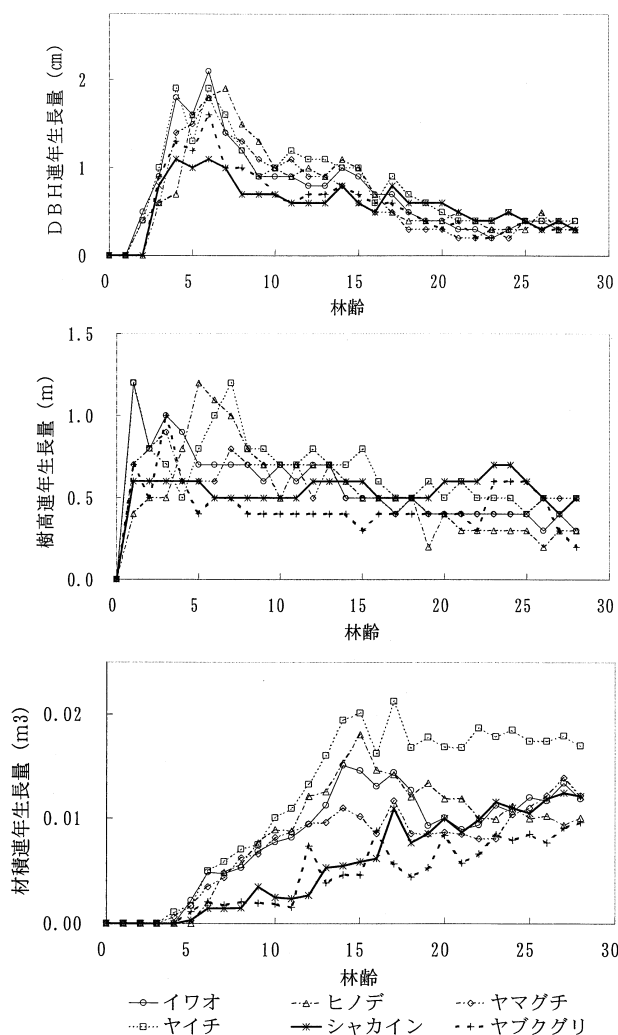


図-4. 3000本区におけるDBH, 樹高, 単木材積の連年成長量

5000本区が15.1cmで最も小さかった。また、DBH連年成長量は、全ての品種において4～9年目の間に最大値をもち、1cmを超す高い水準で推移しながら20年付近まで漸減した後、0.3～0.5cmの比較的安定した水準で推移した。なお、ヤブクグリおよびシャカインの1500本区では0.5～0.7cmで推移した。

一方、樹高総成長量は、ヤイチが18.8mで最も大きく、ヤブクグリが12.8mで最も小さかった。樹高連年成長量は、ヤブクグリを除く品種において15年付近まで0.5m以上で推移したが、それ以降はおおむね0.3m～0.5mで推移した。1500本区および5000本区の結果をみても、樹高成長に及ぼす植栽密度の影響は小さいと思われた。

次に、材積総成長量は、ヤイチが 0.350m^3 で最も大きく、ヤブクグリが 0.131m^3 で最も小さかった。全試験区では、ヤイチの1500本区が 0.418m^3 で最も大きく、ヤブクグリの5000本区が 0.125m^3 で最も小さかった。また、ヤブクグリおよびシャカインの材積連年成長量は28年目まで直線的に増大したが、イワオおよびヒノデ、ヤマグチ、ヤイチの4品種のそれは、15年付近まで直線的に増大した後、 $0.01\sim 0.02\text{m}^3$ の範囲で比較的安定した水準で推移した。これらの傾向は、1500本区および5000本区においても同様に認められたことから、植栽密度による影響よりもむしろ

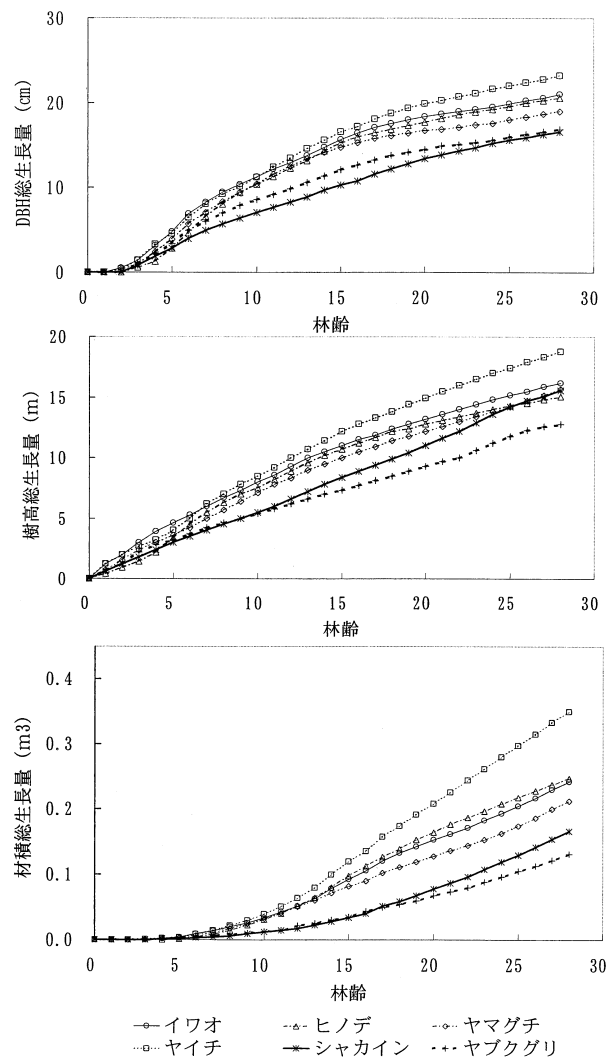


図-5. 3000本区におけるDBH, 樹高, 単木材積の総成長量

品種による影響の方が大きいと推察された。

ここで、各試験区における平均木の単木材積およびそれと残存本数から算出した立木密度を乗じて求めたヘクタールあたりの材積を図-6に示した。単木材積は、1500本区の平均が 0.301m^3 、同様に3000本区が 0.225m^3 、5000本区が 0.200m^3 であり、いずれの品種においても植栽密度と負の関係にあった。一方、ヘクター

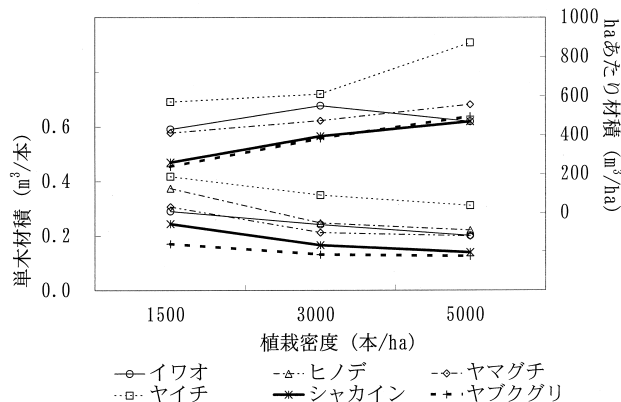


図-6. 単木材積およびヘクタールあたりの推定材積と植栽密度の関係

ルあたりの平均材積は、1500本区が386m³、3000本区が499m³、5000本区が584m³であり、植栽密度と比例関係にあった。また、単木材積の大きな品種は、ヘクタールあたりの材積も大きい傾向にあった。

以上のように、品種および植栽密度の違いによってDBH成長量および材積成長量に顕著な差を生じた。したがって、品種と植栽密度を選択することによって、DBH成長量および材積成長量をコントロールできることが示唆された。

4. 丸太の生材密度

植栽密度および玉番号、品種を要因とする丸太の生材密度についての3元配置分散分析の結果を表-3に示した。植栽密度が5%水準で、玉番号および品種がそれぞれ1%水準で、また植栽密度と玉番号の交互作用および玉番号と品種の交互作用に1%水準で有意な差が認められた。図-7に示すとおり、それぞれの要因の各水準の平均値をみると、植栽密度区の間は、5000本区の密度が807kg/m³で1500本区の1.01倍であり、顕著でなかった。また、6番玉が906kg/m³で1番玉の1.26倍であり、地上高の高い部位にある玉番号になるほど直線的に増大する傾向にあった。さらに、シャカインおよびヤブクグリの密度が890kg/m³前後と大きく、ヤイチのその1.23倍であった。これらのことおよび表-3のF値から、丸太密度に及ぼす植栽密度の影響は、品種および地上高の影響に比較すると、極めて小さいと考えられた。なお、丸太の生材密度の全平均値は803kg/m³であった。

5. 動的ヤング率

1) 動的ヤング率に影響する要因の検討

前項と同様に、動的ヤング率について植栽密度および玉番号、品種を要因とする3元配置分散分析の結果を表-4に示した。植

表-3. 丸太の生材密度の分散分析表 (**: 1%有意, *: 5%有意)

| 要因 | 偏差平方和 | 自由度 | 平均平方 | F値 | P値 | 判定 |
|-----------|---------|-----|----------|--------|------|----|
| 因子A(植栽密度) | 5969 | 2 | 2984.5 | 3.76 | 0.02 | * |
| 因子B(玉番号) | 1174591 | 5 | 234918.1 | 295.99 | 0.00 | ** |
| 因子C(品種) | 1287724 | 5 | 257544.8 | 324.50 | 0.00 | ** |
| A × B | 28050 | 10 | 2805.0 | 3.53 | 0.00 | ** |
| A × C | 13864 | 10 | 1386.4 | 1.75 | 0.07 | |
| B × C | 92882 | 25 | 3715.3 | 4.68 | 0.00 | ** |
| A × B × C | 37023 | 50 | 740.5 | 0.93 | 0.60 | |
| 誤差 | 171434 | 216 | 793.7 | | | |
| 全体 | 2811536 | 323 | | | | |

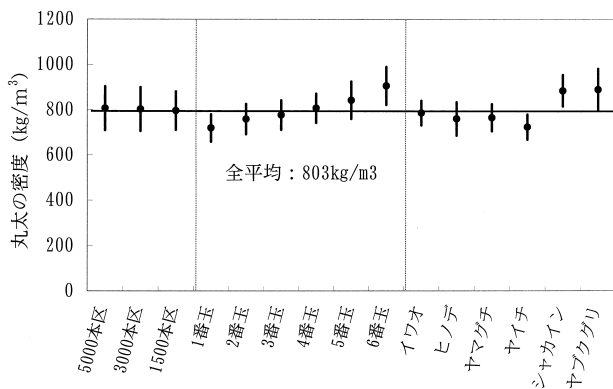


図-7. 各水準の丸太密度の平均値と標準偏差

表-4. 動的ヤング率の分散分析表 (**: 1%有意)

| 要因 | 偏差平方和 | 自由度 | 平均平方 | F値 | P値 | 判定 |
|-----------|---------|-----|--------|---------|--------|----|
| 因子A(植栽密度) | 25.572 | 2 | 12.786 | 88.400 | 0.0000 | ** |
| 因子B(玉番号) | 86.750 | 5 | 17.350 | 119.956 | 0.0000 | ** |
| 因子C(品種) | 242.597 | 5 | 48.519 | 335.460 | 0.0000 | ** |
| A × B | 1.197 | 10 | 0.120 | 0.828 | 0.6024 | |
| A × C | 9.928 | 10 | 0.993 | 6.864 | 0.0000 | ** |
| B × C | 23.915 | 25 | 0.957 | 6.614 | 0.0000 | ** |
| A × B × C | 9.295 | 50 | 0.186 | 1.285 | 0.1143 | |
| 誤差 | 31.241 | 216 | 0.145 | | | |
| 全体 | 430.495 | 323 | | | | |

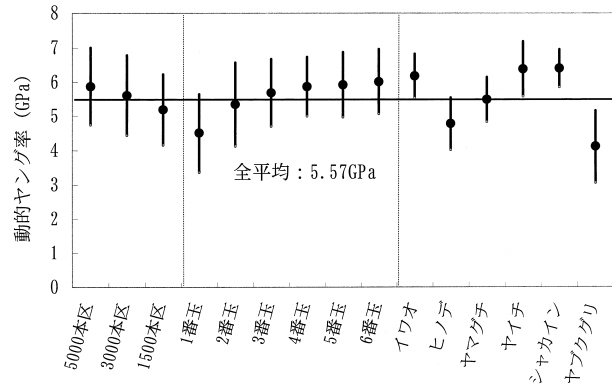


図-8. 各水準の動的ヤング率の平均値と標準偏差

栽密度および玉番号、品種がそれぞれ1%水準で、また植栽密度と品種の交互作用および玉番号と品種の交互作用に1%水準で有意な差が認められた。図-8に示すとおり、それぞれの要因の各水準の平均値をみると、動的ヤング率は、5000本区が5.88GPaで1500本区の1.13倍、3000本区の1.05倍であり、全ての品種において5000本区が最も高い値を示した。玉番号の水準間では、6番玉が6.02GPaで1番玉の1.33倍となっており、地上高の高い部位にある玉番号ほど高い傾向にあった。品種間では、ヤイチおよびシャカインの動的ヤング率が6.40GPa前後であり、ヤブクグリのその1.55倍であった。以上のことから、樹幹の動的ヤング率に及ぼす植栽密度の影響は、品種および地上高の影響と同様に顕著であると推察された。なお、動的ヤング率の全平均値は5.57GPaであった。

2) 各品種の動的ヤング率

次に、各品種の動的ヤング率を植栽密度および玉番号ごとに図-9に示した。

イワオの動的ヤング率は、全ての玉番号において1500本区、3000本区、5000本区の順に大きく、全供試木の動的ヤング率の平均値に比べ高い傾向にあった。また、1500本区と3000本区における2番玉の動的ヤング率は、それぞれ1番玉の1.17倍および1.19倍で全供試木の平均倍率1.19倍とほぼ同じであったが、5000本区におけるそれは1.03倍と小さかった。

次に、ヒノデの動的ヤング率は、全ての玉番号において1500本区、3000本区、5000本区の順に顕著に大きく、全供試木の動的ヤング率の平均値に比べ低い傾向にあった。また、2番玉と1番玉の動的ヤング率の比は、全て1.18倍前後で全供試木の平均倍率とほぼ同じであったが、2番玉より上部においては高さ方向の動的

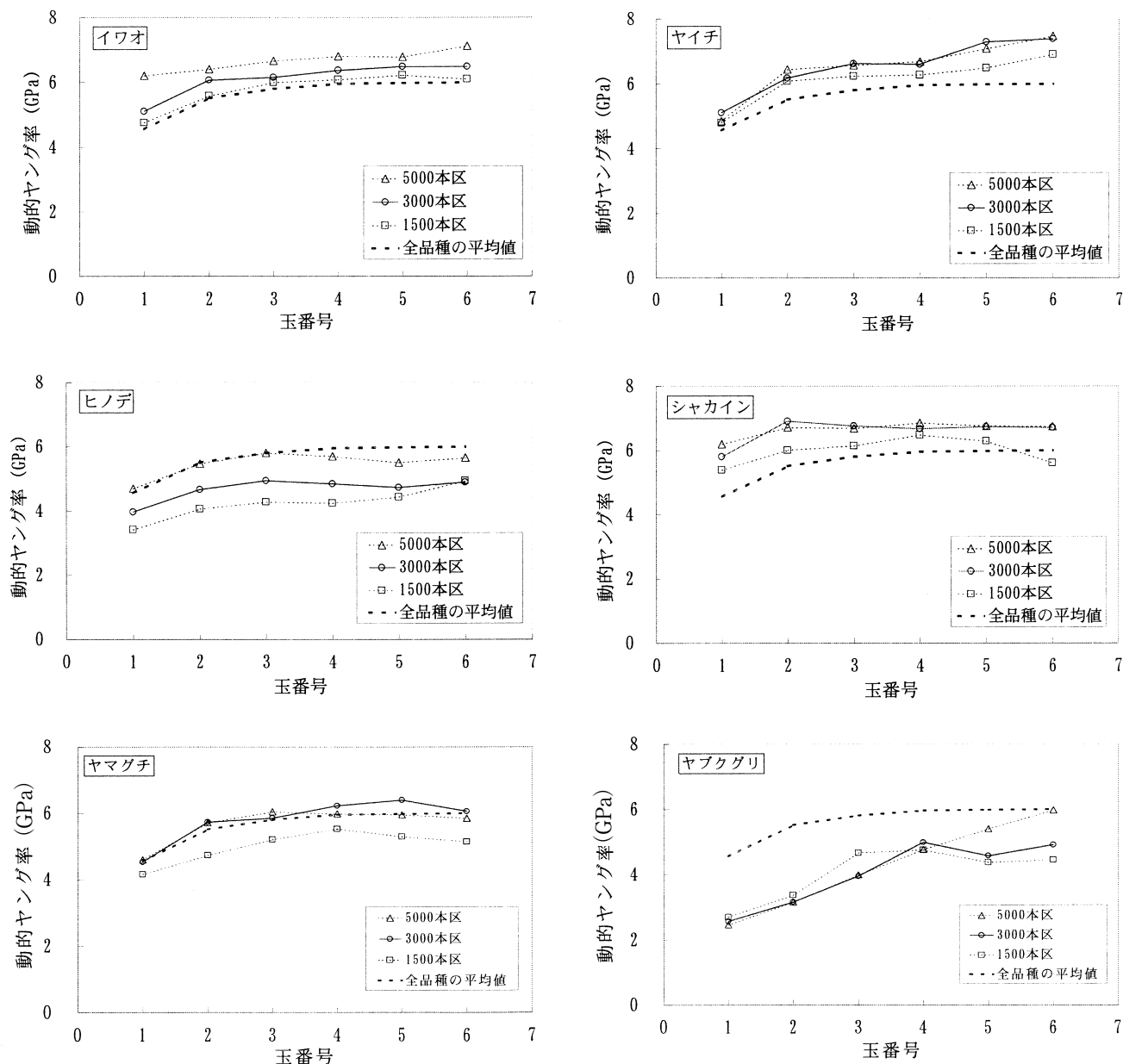


図-9. 各品種の植栽密度区別・玉番号別の動的ヤング率

ヤング率の変動が小さい傾向にあった。

ヤマグチの動的ヤング率は、1500本区に比べ3000本区と5000本区が同程度に大きく、全供試木の動的ヤング率の平均値と同じ大きさにあった。また、3000本区と5000本区における2番玉の動的ヤング率は、それぞれ1番玉の1.27倍および1.24倍で全供試木の平均倍率に比べ大きかった。

ヤイチの動的ヤング率は、1500本区の3番玉以上がやや小さい傾向にあるが植栽密度区間の差が小さく、全供試木の動的ヤング率の平均値に比べ大きかった。また2番玉と1番玉の動的ヤング率の比は、平均1.27倍で全供試木の平均倍率に比べ大きかった。

シヤカインの動的ヤング率は、1500本区に比べ3000本区と5000本区が同程度に大きく、全供試木の動的ヤング率の平均値に比べ顕著に大きかった。また、2番玉と1番玉の動的ヤング率の比は、平均1.13倍で全供試木の平均倍率より小さく、2番玉より上部の

高さ方向における動的ヤング率の変動がとくに小さい傾向にあった。

ヤブクグリは、これまでの5品種とは逆に1番玉から3番玉において1500本区が3000本区および5000本区よりやや大きく、4番玉以上では1500本区、3000本区、5000本区の順に大きかった。また、全供試木の動的ヤング率の平均値に比べ著しく小さかった。2番玉と1番玉の動的ヤング率の比は、平均1.26倍で全供試木の平均倍率に比べ大きく、2番玉より上部における高さ方向の動的ヤング率の変動が大きい傾向にあった。

以上のように、イワオやヒノデは、それらの動的ヤング率が植栽密度の影響を強く受ける品種で、逆にヤイチやヤブクグリはあまり影響を受けない品種であることが示唆された。また、品種によって高さ方向の動的ヤング率の変動パターンが異なることが示唆された。

Ⅳ. まとめ

植栽密度の異なるスギ在来品種 6 品種を対象に、植栽密度および品種の違いによる成長量および樹幹の動的ヤング率の差異について検討した。主な結果は、次のとおりであった。

- (1) 植栽密度が高い試験区は、残存率が低く、DBH が小さい傾向にあった。いずれの植栽密度においても、ヤブクグリの残存率は高く、ヤマグチおよびシャカインの DBH のバラツキは小さかった。
- (2) 植栽密度は、DBH および材積の単木成長量へ顕著に影響したが、樹高への影響は小さかった。また、単木生長量は、植栽密度の高い試験区の方が低い試験区に比べ小さかったが、ヘクタールあたりに換算すると逆に大きかった。
- (3) 丸太密度は、品種および樹幹の地上高の影響が大きく、植栽密度の影響はやや小さかった。
- (4) 動的ヤング率は、品種および樹幹内の地上高の影響とともに、植栽密度の影響も大きかった。また、品種によって、動的ヤング率に及ぼす植栽密度の影響や樹幹高さ方向の動的ヤング率の変動パターンが異なることが示唆された。
- (5) 今回の DNA 鑑定の結果をみると、3 品種が誤って植栽されていたことから、今後のスギ品種の材質試験においては DNA 鑑定が不可欠と考えられた。

Ⅴ. おわりに

九州においてはスギ在来品種を主体とした林業が展開されているが、それぞれの品種の成長特性を考慮した森林施業が行われているとは言い難く、同時に品種のもつ材質特性を考慮した木材利用が推進されている状況にもない (31, 32)。

そういう中で、森林造成においては、生長量に優れた品種、病虫害や台風災害に強い品種、炭素蓄積量に富んだ品種、保育管理が容易な品種などが必要であり、スギ材利用の立場からは、軸組構造用部材や将来の集成材需要への対応が期待されている中で、強度性能に優れた品種、心材含水率の低い品種、樹幹内の材質変動が小さい品種が求められるのではないだろうか。

木材価格が低落し林業経営意欲が減退しつつある現状にはあるが、森林機能の増進とスギ材の利用拡大に貢献できる品種を将来に向けて選択する必要がある、今こそ九州におけるスギさし木造林の第 2 期を早急に開始しなければならない時期であると思う。

なお、本研究を実施するにあたって、供試木を提供していただいた九重町、供試木の採取および試験に協力いただいた玖珠郡森林組合の滝石輝弘氏ならびに大分県林業試験場の諸氏に深く感謝します。

引用文献

- (1) 藤澤義武ら (1992) 木材学会誌38 (7) : 638-644.
- (2) 藤澤義武ら (1993) 木材学会誌39 (8) : 875-882.
- (3) 藤澤義武ら (1995) 木材学会誌41 (7) : 631-639.
- (4) 平川泰彦・藤澤義武 (1995) 木材学会誌41 (2) : 123-131.
- (5) 平川泰彦・藤澤義武 (1996) 木材学会誌42 (2) : 107-114.
- (6) 平川泰彦ら (1997) 木材学会誌43 (9) : 717-724.
- (7) 久枝和彦・白石進 (1999) 日林九支研論52 : 49-50.
- (8) 久枝和彦ら (2000) 第111回日林学術講 : 242.
- (9) 諫本信義ら (1998) 大分林試研究時報25 : 64-69.
- (10) 岩神正朗・藤原新二 (1986) 日林論97 : 167-168.
- (11) 古賀信也ら (1990) 九大演報62 : 101-113.
- (12) 古賀信也・Zhang,S.Y. (2000) 第50回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 595.
- (13) 見尾貞治ら (1985) 九大演報55 : 213-222.
- (14) 宮島寛 (1989) 九州のスギとヒノキ : 1-275, 九州大学出版会, 福岡.
- (15) 宮崎安貞・宮島寛 (1981) IUFRO 論文集 : 214-217.
- (16) 永井智ら (1997) 第47回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 519.
- (17) 長尾博文ら (1985) 九大演報55 : 201-211.
- (18) 中田了五ら (1998) 木材学会誌 44 (6) : 395-402.
- (19) 小田一幸ら (1988) 九大演報58 : 109-122.
- (20) 小田一幸ら (1989) 九大演報60 : 69-81.
- (21) 小田一幸ら (1990) 九大演報62 : 115-126.
- (22) 小田一幸 (2000) 木材工業55 (2) : 50-54.
- (23) 小野和雄 (1988) 日林九支研論41 : 227-228.
- (24) 太田貞明・藤澤義武 (1989) 第39回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 119.
- (25) 大塚誠ら (1988) 日林論99 : 403-404.
- (26) 佐藤朗・佐々木義則 (1984) 大分林試研究時報10 : 11-15.
- (27) 高田克彦・白石進 (1995) 日林論106 : 255-256.
- (28) 高田克彦・白石進 (1995) 日林論106 : 257-258.
- (29) 津島俊治 (1988) 日林九支研論41 : 245-246.
- (30) 津島俊治・小野美年 (1989) 日林九支研論42 : 277-278.
- (31) 堤壽一 (1984) 第34回日本木材学会大会研究発表要旨集 : 391-392.
- (32) 堤壽一 (1992) 林木育種164 : 8-11.
- (33) 矢幡久ら (1987) 九大演報57 : 149-173.
- (34) 山下香菜ら (1995) 木材学会誌46 (6) : 510-522.

(2004年11月 8 日 受付 ; 2004年12月 6 日 受理)