

# 群馬県内スギ人工林における樹冠と直径の関係

## Relation of crown and diameter in Cryptomeria planted forest in Gunma Prefecture

石田敏之

### 要旨

群馬県内民有林のスギ人工林について、50年生林分と、100年生前後の高齢林分の樹冠を調べたところ、以下のことが分かった。

- 1 長伐期施業のモデルとなる高齢大径林と50年生林分は、平均枝下高の位置が同程度であり、その結果、高齢大径林は樹冠長が大きかった。
- 2 樹冠長、樹冠長率、枝張りの中で、胸高直径の大きさに最も影響を及ぼす要素は枝張りであった。
- 3 樹冠長率と胸高直径との関係では、胸高直径の大きさ毎に、必要とする最低限の樹冠長率が存在することが分かった。

キーワード：スギ、樹冠、樹冠長率、枝張り、長伐期施業

### I はじめに

群馬県内民有林のスギ人工林は51年生以上が面積の過半数を占め（群馬県環境森林部，2014）、柱材生産を目的とした短伐期での伐採適期を迎えている。しかし森林所有者の皆伐施業への志向は低く、多くの林分は消極的な理由から長伐期林に移行しつつある。

短伐期林を大径材生産を目的とした長伐期林に移行させるためには、間伐の実施により樹冠を成長させ、直径成長を確保する必要がある。藤森(2005)は、大径の良質材生産の目安は、少なくとも樹冠長率が50%以上ほしいと述べている。しかし、県内スギ人工林については過去に樹冠の構造を調査した事例がなく、実態は不明である。

本県民有林のスギ人工林は、1962年前後に植栽したものが多い。そこで、植栽面積が多く、長伐期林に移行しつつある50年生林分（以後「50年生林分」）と、長伐期大径林のモデルとなる100年生前後の高齢林分（以後「高齢林分」）の樹冠をそれぞれ調査し、直径成長との関係を探った。

### II 方法

#### 1 県内樹冠調査

##### (1) 調査地の抽出

スギ50年生林分を県西部の安中市、県東部の桐生市、みどり市内から計23林分（表-1）、高齢林分を、県西部の東吾妻町、高崎市倉渕町、富岡市から計11林分（表-2）抽出し調査地とした。

表－1 調査地の概要（50年生林分）

区分	調査NO.	所在地	林齢 (年)	傾斜方位	斜度 (度)	標高 (m)	林分密度 (本/ha)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)
50年生林分	24安中－	1 安中市 上後閑	50	南	6	410	1,263	26.7	27.4
"	"	2 " "	"	南	4	400	900	27.8	31.0
"	"	3 " 西上秋間	"	北北西	15	460	941	20.6	25.5
"	"	4 " 松井田町横川	"	西南西	24	410	2,037	14.8	18.2
"	"	5 " "	"	南西	22	430	1,296	19.4	24.8
"	"	6 " 松井田町土塩	"	南西	20	560	600	25.5	36.4
"	"	7 " "	"	南	31	650	679	25.2	41.0
"	24桐生－	1 桐生市 梅田町四丁目	"	西北西	40	210	1,244	19.5	24.0
"	"	2 みどり市 大間々町浅原	"	南東	23	400	1,198	22.9	29.8
"	"	3 " 大間々町小平	"	北西	41	350	1,414	21.3	23.6
"	25桐生－	1 桐生市 梅田町五丁目	"	東	36	450	1,294	20.4	23.9
"	"	2 " "	"	東	20	400	1,200	27.0	30.7
"	"	3 " 梅田町四丁目	"	東	36	400	1,420	25.3	30.1
"	"	4 " 菱町五丁目	"	北東	30	350	1,414	23.1	25.0
"	"	5 " 菱町一丁目	"	北	38	300	900	21.4	28.5
"	"	6 みどり市 大間々町塩原	"	南	37	380	705	21.0	29.3
"	26安中－	1 安中市 上後閑	"	南西	24	460	1,273	18.7	28.2
"	"	2 " "	"	"	18	330	950	21.7	30.5
"	"	3 " 松井田町五料	"	北東	25	720	833	23.3	33.5
"	"	4 " 松井田町横川	"	南東	8	490	972	26.0	31.5
"	"	5 " 松井田町五料	"	東	24	500	545	24.8	34.2
"	"	6 " 松井田町土塩	"	北東	20	500	579	25.9	34.3
"	"	7 " 松井田町原	"	南	22	450	833	23.7	31.5

表－2 調査地の概要（高齢林分）

区分	調査NO.	所在地	林齢 (年)	傾斜方位	斜度 (度)	標高 (m)	林分密度 (本/ha)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)
高齢林分	24－	1 高崎市 倉渕町川浦	103	南	30	700	352	28.2	44.2
"	"	2 " "	102	東	35	700	208	32.5	60.0
"	25－	1 富岡市 大桁県有林	104	西	27	520	400	28.2	46.8
"	"	2 " "	"	南西	20	550	400	32.7	47.4
"	"	3 " "	"	東	23	570	275	31.2	45.3
"	"	4 " "	108	東南東	29	520	500	25.5	39.3
"	26－	1 高崎市 倉渕町川浦	95	南西	22	750	520	28.3	42.5
"	"	2 " 倉渕町権田	92	東	17	650	600	27.6	39.1
"	"	3 東吾妻町 植栗	100	北西	16	470	575	27.6	41.6
"	"	4 " 五町田	109	東	21	530	320	33.8	55.2
"	"	5 " "	"	東	14	550	600	29.3	39.0



図－1 50年生林分における枝張り測定の様子



図－2 高齢林分調査地

## (2) 測定方法

50年生林分では、調査プロットは設定せず、植栽時の苗間10本分×5列=50本分に相当する区域に入る個体を調査木とした。個体毎の調査の前に、まず、方位、斜度、標高、植付時の苗列間を測定し、苗列間から植栽本数を推定した。次に植栽本数に生存している個体の比率を乗じ、林分密度(本/ha)とした。個体毎の測定項目は、樹高、枝下高、胸高直径、枝張り(斜面上下とこれに直交する4方向の半径)とし、樹高から枝下高を差し引いて樹冠長とした。なお、胸高直径は直径巻尺を用いて1cm単位で、樹高はHoglof社製VERTEXⅢを用いて10cm単位で測定した。

一方、高齢林分では、方位、傾斜、標高を測定し、20m×25mの方形プロットを作り調査区とした。調査区内の個体を毎木調査し、50年生林分と同様に各項目を測定した。

### 2 高齢木の年輪解析

高齢林分N0.24-2は、毎木調査後2年を経た2014年11月、森林所有者が抜き伐りを実施した。伐採時の樹齢は104年である。伐採木について、2014年12月、年輪解析を行った。供試個体は、当該林分の平均胸高直径が60cmであることを踏まえ、直径が60cmに近い4個体とし、円盤採取高は、各個体とも根張りの影響のなくなる地上高約50cmの部位とした。

採取した円盤は、最長径とこれに直交する十文字の線を引き、4方向の線上の年輪を1年ごとに測定した(図-3)。測定は髄からの距離とし、この値を年輪形成時点の半径とした。さらに、4方向の平均値を算出し、これを2倍して平均直径とした。



図-3 年輪解析用供試材

### Ⅲ 結果及び考察

#### 1 枝下高の比較

50年生林分と高齢林分の樹高、胸高直径、枝下高、樹冠長、樹冠長率、枝張り（半径）、形状比について平均値を表-3に示す。枝下高については、50年生林分の12.7mに対して高齢林分では12.4mと、同程度であり、両者に有意差は見られなかった（Wilcoxon test）。高齢林は樹高の高い個体が多いことから、樹冠長は16.6mと大きく、樹冠長率も57.3%と大きかった。調査林分の平均枝下高を低いものから高いものへ並び替えたものが図-4である。高齢林分25-1、26-3、25-4は枝下高が10m未満であり、50年生林分を含めた全体の中において低い位置にある。今回調査した高齢林分では、枝の枯れ上がりを防ぎ、枝下高を低く維持する施業が行われてきた結果、大径木に至ったと推測できる。

表-3 50年生林分と高齢林分の測定結果

区分	林分密度 (本/ha)	樹高 (m)	枝下高 (m)	樹冠長 (m)	樹冠長率 (%)	枝張り(半径) (m)	胸高直径 (cm)	形状比 (%)
50年生林分 n=476	1,065 *	22.5	12.7	9.8	43.4	1.9	28.3	83
高齢林分 n=223	432 *	29.1	12.4	16.6	57.3	3.0	44.1	68

\*印 調査林分の平均値、無印は全個体の平均値

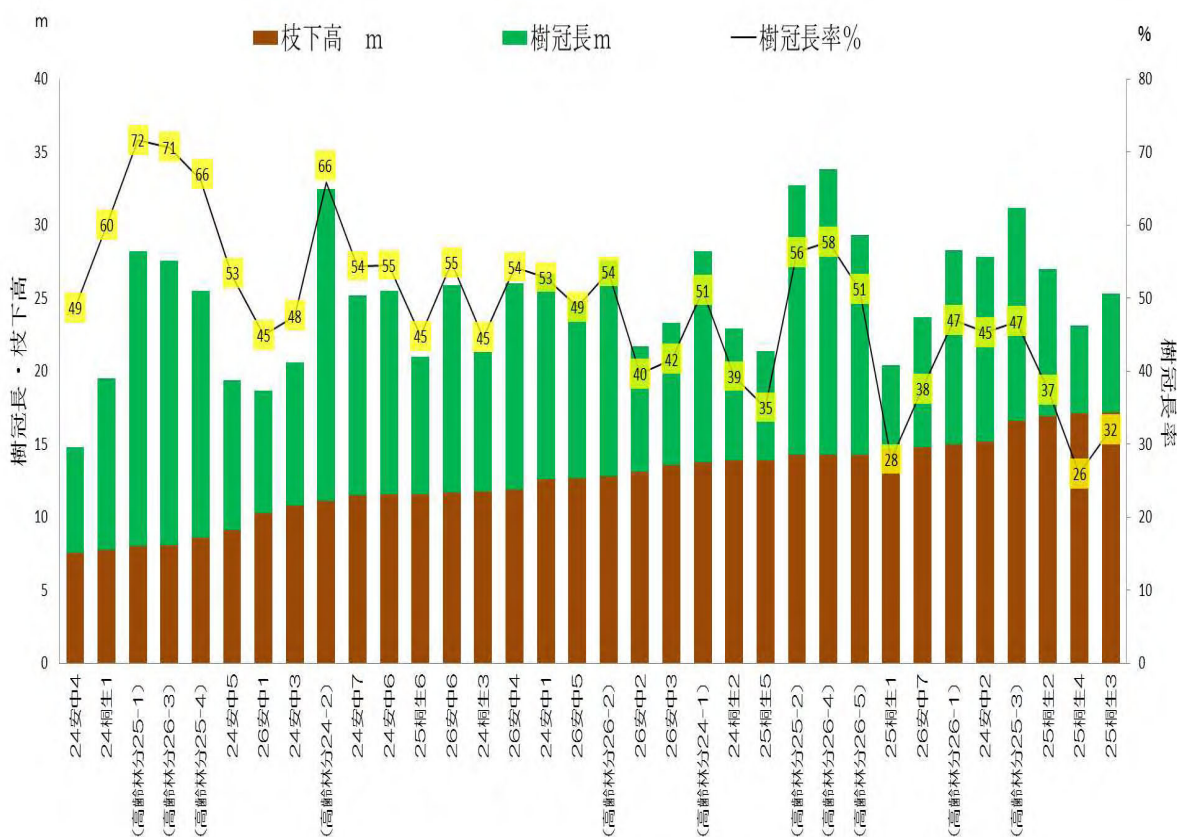


図-4 調査林分毎の枝下高、樹冠長、樹冠長率



## 2 胸高直径と樹冠の関係

短伐期林を長伐期大径林に誘導するためには、直径成長を大きくする要因を明らかにする必要がある。そこで、胸高直径と樹冠の各因子との相関を検定した。50年生林分、高齢林分、両林分の統合データをそれぞれ解析した結果を表-4に示す。胸高直径と、樹冠長率との間には、50年生林分、高齢林分ともに相関が見られなかったが、統合すると弱い相関関係 ( $r=0.33, P<0.001$ ) が認められた。樹冠長は、50年生林分では中間的な相関 ( $r=0.45, P<0.001$ ) が、高齢林分では弱い相関 ( $r=0.36, P<0.001$ ) が認められた。一方、枝張り（半径）との間には、50年生林分、高齢林分ともに強い相関 ( $r=0.77, 0.82, P<0.001$ ) が認められた。横井ら（2011）はヒノキで樹冠長や樹冠幅は同一林分内で胸高直径の大きさを指標する因子であるとしており、大矢・近藤（2013）はスギ、ヒノキ、カラマツで、胸高直径と枝張り長の間、島田（2011）はスギ、ヒノキ林で平均胸高直径と平均樹冠幅の関係に有意な相関関係が認められたとしており、本調査からも、直径成長に影響を与える要因として、樹冠構造において枝張りが重要であるといえた。

次に、調査した全立木の樹冠長率、樹冠長と胸高直径の関係を図-5及び図-6に示す。胸高直径と樹冠長率の間には50年生林分と高齢林分を合わせた統合データにおける弱い相関しか見られず、散布図も全体として一定の関係が見られない。しかし、樹冠長率の下限を見ると、胸高直径毎に最低限必要な樹冠長率が存在するように見える（図中破線）。分かりやすくするため、胸高直径10cm以上の直径階5cm毎について、直径階中、最も小さい樹冠長率を持った個体を抽出し、胸高直径との関係を調べたところ（図-7）、この関係は、次の単回帰直線式で表すことができた。

$$y = 0.7262x - 1.2562 \quad (R^2 = 0.968) \quad x : \text{胸高直径}, y : \text{直径階毎の最小樹冠長率}$$

このことから50年生林分と高齢林分では、任意の胸高直径を形成するための最低限の樹冠長率が存在することが示唆された。今回の調査は50年生林分と100年前後の高齢林分の2パターンだけであるが、今後、多くの連続する林齢でデータを採取し、補完していけば、より正確な、必要とする最低限の樹冠長率が判明すると思われる。

一方、胸高直径と枝張りとの関係は、図-8により示され、さらに50年生林分と高齢林分を統合すると図-9に示す単回帰直線式で表すことができた。このことは、高齢林分についても胸高直径から枝張りを計算し、さらに必要とする樹冠面積、林分密度を推定できることを意味する。

以上のように、大径木を仕立てるためには、樹冠の枯れあがりを防ぎ、枝下高を低く維持するとともに、十分な枝張りを確保する必要があり、そのための密度管理方法が必要となる。

表-4 胸高直径と樹冠長率、樹冠長、枝張りとの相関関係

	50年生林分	高齢林分	統合データ
樹冠長率	$r = 0.14$ *	$r = 0.05$	$r = 0.33$ **
樹冠長	$r = 0.45$ **	$r = 0.36$ **	$r = 0.64$ **
枝張り	$r = 0.77$ **	$r = 0.82$ **	$r = 0.88$ **

\*P値<0.01、 \*\*P値<0.001

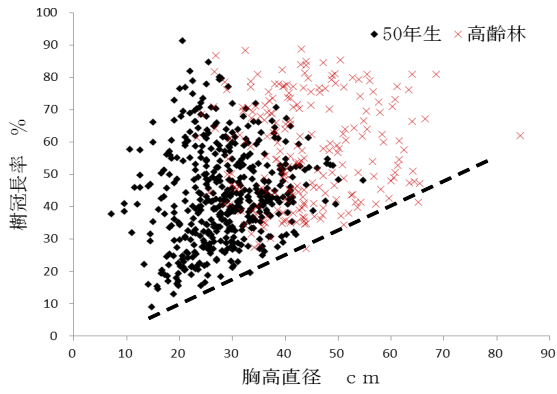


図-5 胸高直径と樹冠長率の関係

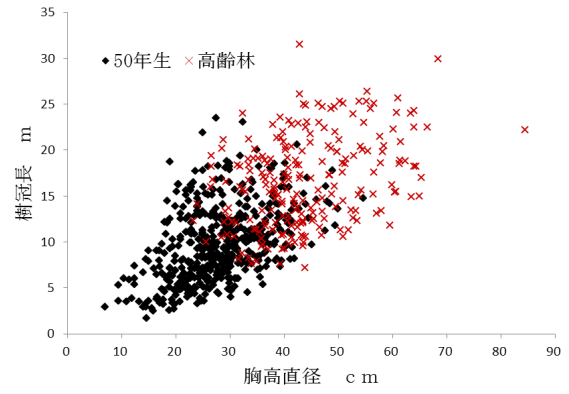


図-6 胸高直径と樹冠長の関係

注) 破線は直径に応じた、おおよその最低樹冠長率を示す。

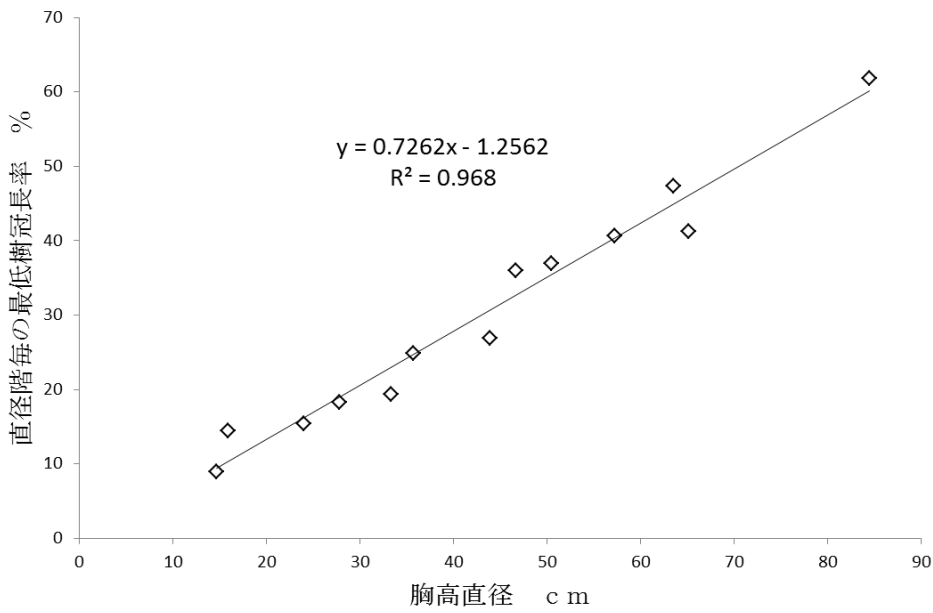


図-7 胸高直径階毎の最低樹冠長率と胸高直径の関係

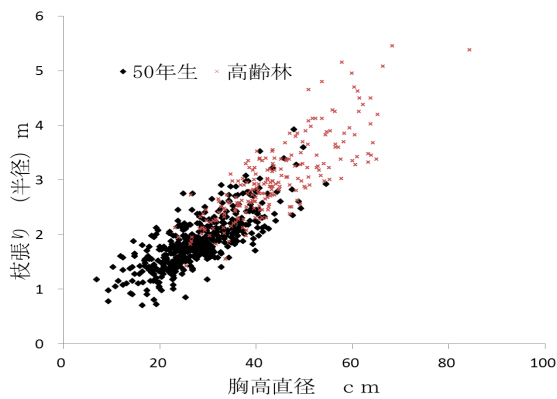


図-8 胸高直径と枝張りの関係

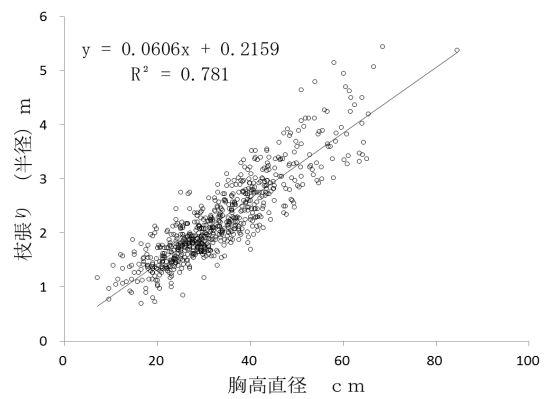


図-9 50年生林分と高齢林分を統合した場合の胸高直径と枝張りの関係

### 3 高齢木の直径成長

104年生高齢木4個体の年輪解析の結果を図-10に示す。調査木3については、他3個体と比べ50年生頃までの成長が緩慢であるが、80年生付近で追いついている。調査木1、2、4については、40年生で35cm程度に成長した後、成長が緩慢となった。しかし、その後70年生頃と、90年生頃に再度成長を回復し、中でも90年生以降104年生までは、年平均1cm以上の直径成長を示していた。森林所有者の話では、この成長を回復した時期に抜き伐りを行った記録があり、このことが直径成長の促進につながったと思われる。これら4個体の直径成長量を平均し、さらに近似曲線にしたものを図-11に示す。この曲線は、群馬県民有林人工林収穫予想表、スギ地位I 2500本植えの平均胸高直径成長と極めてよく適合する。ここで両者に違いが見られるのが60年生以降である。この違いは、収穫予想表が林齢の終期を80年生とし、60年生以降林分密度の減少を自然枯死のみとしているのに対し、調査林分では、60年生以降も林分密度を減少させていることによると考えられる(図-12)。なお、調査林分の林分密度は、図-9に示した式から次のとおり簡易的に推定したものである。

$$N_t = 10000 / ((0.0606 D_t + 0.2159)^2 \times 3.14)$$

$N_t$  :  $t$ 年生時におけるhaあたり立木本数(本/ha)     $D_t$  :  $t$ 年生時の胸高直径(cm)

この式によれば、直径60cmの林分を目指すのであれば、目標とする林分密度は200本/ha程になる。千葉(2008)は、平均的な樹冠半径を考えると、その最大値は4~5m程度であり、立木密度が200本/ha程度より少なくなると林冠が完全に閉鎖することはなくなるとしており、この林分密度が長伐期大径材生産のための1つの指標になると思われる。

このようなことから、長伐期大径材を目指すには、最低限、柱材生産を目的とした短伐期施業の指針である収穫予想表の密度管理に従った管理を行い、60年生以降は、間伐によりさらに林分密度を減らし、枝張りを大きくして直径成長を促す必要があるといえる。

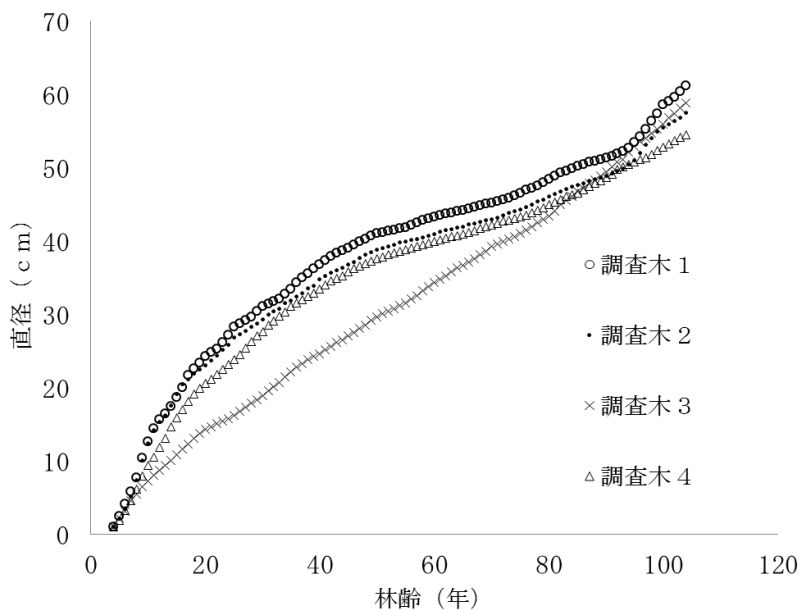


図-10 年輪解析調査木の直径成長の推移

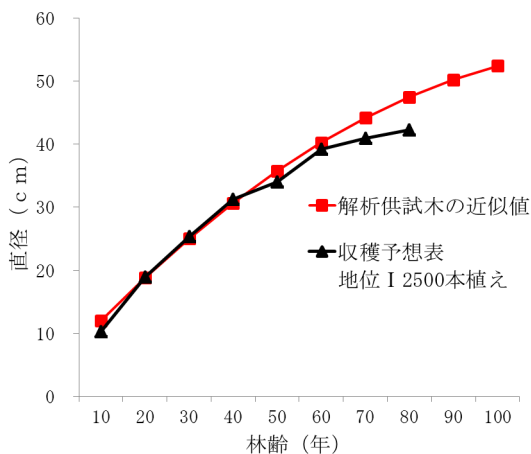


図-11 年輪解析供試木と収穫予想表の直径成長の比較

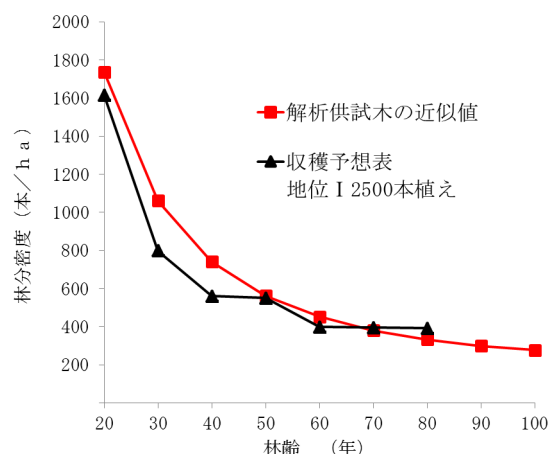


図-12 年輪解析供試木と収穫予想表の林分密度の比較

## V おわりに

群馬県では、平成23年度～平成31年度までの、森林・林業施策に関する基本的な方針である「群馬県森林・林業基本計画」を策定した。計画達成時の年間素材生産量は40万 $\text{m}^3$ としている（群馬県，2016）。これを実現するためには利用間伐の推進が必要であり、さらにその後を考えると、皆伐再造林と平行して資源量の充実した長伐期大径林を整備し、資源の循環利用を図る必要がある。

本調査から、県内スギ人工林において、造林面積の多い50年生林分を、長伐期大径材生産林に誘導するためには樹冠の発達を促す必要性が確認できた。また、そのためには、10齢級以降も間伐を行い特に枝張りを大きくするための間伐が必要といえる。

## 謝辞

本調査において、大径木の年輪解析用の材片を提供いただいた磯村産業株式会社始め、調査に協力いただいた森林所有者の皆様には厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 千葉幸弘（2008），長伐期化への道筋を考える（森林技術801，日本森林技術協会，東京）9-14
- 藤森隆郎（2005），間伐はなぜ必要か（森林科学44，日本森林技術協会，東京）4-8
- 群馬県環境森林部（2014），平成26年版群馬県森林林業統計書，118pp，群馬県環境森林部
- 群馬県環境森林部（2016），群馬県森林・林業基本計画，71pp，群馬県環境森林部
- 群馬県林務部（1988），群馬県民有林人工林収穫予想表，204pp，群馬県林務部
- 大矢信次郎・近藤道治（2013），過密人工林管理技術の開発，長野県林業総合センター研究報告27，120-128
- 島田博匡（2011，）三重県の高齢人工林における胸高直径，樹高，樹冠幅の関係－大径材生産を目指した密度管理技術の検討－，三重県業研報（3），19-26
- 横井秀一・大洞智宏・早川幸治（2011），岐阜県七宗町の高齢ヒノキ林における林分構造および個体の胸高直径と樹冠構造の関係，岐阜県森林研報40，15-19