

## 速報

大分県中南部地域の長伐期非皆伐林における立木成長量の推移と予測<sup>\*1</sup>  
—持続可能な森林経営に向けて—後藤裕輔<sup>\*2\*3</sup>・加治佐剛<sup>\*3</sup>・寺岡行雄<sup>\*3</sup>

後藤裕輔・加治佐剛・寺岡行雄：大分県中南部地域の長伐期非皆伐林における立木成長量の推移と予測 —持続可能な森林経営に向けて— 77: 155 - 159, 2024 戦後拡大造林された人工林が伐期を迎える中、長伐期施業による持続可能な林業経営の可能性を、異なる林齢の長伐期林を比較し、立木の成長と材積の推移を分析することで検討した。大分県中南部のスギ人工林を調査地を選び、57, 60年生及び107年生の林分の樹高と胸高直径を調査し、これらのデータを基に将来の成長量を予測した。結果として、57, 60年生の林分は今後50年間でhaあたり累計150~350 m<sup>3</sup>の収穫が可能と予想され、また立木が高齢になるにつれて、樹高や胸高直径のばらつきが増大するという傾向が確認された。長伐期施業においては、収量だけでなく、ばらつきによって単木のリターンセールの耐災害性の保持に寄与すると思われる。

キーワード：長伐期施業、スギ人工林、樹高成長、肥大成長、密度管理

## I. 研究の背景と目的

戦後拡大造林された人工林が伐期を迎え、育林から収穫へと林業経営の中心テーマが移行しつつある中、森林経営において、一斉皆伐後の再造林コスト及び植栽後の育林コストが必ずしも収穫による収入に見合ったものでないという問題が注目されている。

一方で、長伐期施業は、短伐期施業に比べて、一斉皆伐と再造林のコストを複数回の間伐や択伐施業に分散させることが可能であり、収穫及び造林の低コスト化を実現する施業方法である(佐藤, 2011; 藤本ほか, 1995)。しかし、その前提条件の一つとして、立木が長期間にわたって安定した成長を続け、材積が蓄積される必要がある。高齢級の立木の成長に着目した研究には竹内(2005)、竹内ほか(2003)、長濱ほか(2006)、杉田(2017)などがあるが、いかにして十分な収穫を得るのかという経営的視点に立った九州中南部地域における報告はまだまだ十分ではない。

そこで本研究では、九州中南部地域における林業経営の持続可能性を検討する一例として、高齢級の立木が成長を続け蓄積が安定的に増加することを定量的に明らかにすることを目的に、林齢が異なる長伐期林を比較検討することで今後の立木の成長と材積の推移を明らかにし、長期的な収量予測を行う。

## II. 調査地

調査地は大分県中南部地域の豊後大野市及び佐伯市に所在する二か所である。図-1に位置を示す。

調査地(1)は大分県豊後大野市三重町奥畑に位置し、標高416 m、林齢は57年生及び60年生のスギ林である。

調査地(2)は大分県佐伯市本匠上津川に位置し、標高218 m、林齢は107年生のスギ林である。



図-1. 調査地の位置

いずれの山林も同一の所有者による個人所有山林である。所有者は佐藤ほか(2011)、藤本ほか(1995)で報告されているのと同様のいわゆる篤林家タイプで、現在に至るまで長伐期非皆伐施業による山林経営に取り組み続けている。

両調査地周辺はいずれも大分県中南部の山間部に所在し、気候および地質は似通っている。構成はスギが95%、ヒノキが5%である。調査対象樹種は、いずれもオビスギ群に属するスギ(以下オビスギとする)である。現在この地域で一般化しているオビスギによる造林も、両調査地が造林された当時はまだ一般的ではなく、オビスギを本地域に導入した先駆的な事例である。

調査地(1)の林内の様子を図-2に示す。樹下に十分な日光が到達し、下層の植生が豊かに繁茂し、雑木が中層木へと成長している状況である。両調査地は多間伐による同様の造林手法を適応しており(藤森ほか, 2013)、林内の状況は似通っている。

今回の調査地のうち、特に57, 60年生の林分において特徴的なのが、haあたり3,000本を植栽した後、15年以内におよそ半数、30年時点で成立本数を1/10に減少させている点である。57, 60年生の林分に関して、植栽から現在に至るまでの施業履歴お

<sup>\*1</sup> Yusuke, G., Kajisa, T. and Teraoka, Y.: Increase of Sugi Tree Growth and Yield Prediction under Long Rotation Management in the South-Central Oita Prefecture.

<sup>\*2</sup> 有限会社うすき林業 Usuki Forestry Co., Ltd., Usuki, Oita 875-0062, Japan

<sup>\*3</sup> 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan



図-2. 調査地の林内の様子

表-1. 施業履歴と残存本数

西暦	林齢と成立本数				施業	調査履歴			
	プロット 01		プロット 02			プロット 01		プロット 02	
	林齢 (年)	成立本数 (本/ha)	林齢 (年)	成立本数 (本/ha)		樹高	胸高 直径	樹高	胸高 直径
1964	-		0	3,000	植栽				
1978	11		14	1,700	除伐				
1980	13		16	1,310	除間伐	○		○	
1982	15		18	1,110					
1984	17		20	800	撤出 間伐				
1986	19		22	530		○		○	
1989	22		25	450					
1991	24		27	380					
1994	27		30	320		○		○	
1999	32		35	260					
2004	37		40	230					
2006	39	238	42			○	○	○	
2010	43	246	46			○	○	○	
2011	44		47	200					
2017	51	170	54	174	○	○	○		
2018	52	140	55		○	○			
2023	57	120	60	130	○	○	○	○	

よび調査履歴を表-1に示す。表中の成立本数は2006年以前は測竿計測による概算値、2010年以降はプロット内毎木調査による実数である。調査地(2)の107年生林分については、所有者の父が83年前に24年生の山林として購入したものを相続したもので、今回の調査以前の調査履歴はない。

このような極端な密度管理については、杉田ほか(2017)によって、強度の間伐を行いその後きわめて低い密度で管理して超長伐期施業をめざす施業が大径材や年輪幅からみた高品質材を生産する観点から森林経営の選択肢になり得る可能性が指摘されている。

本調査地においてこのような密度管理が行われた背景について、造林に携わった森林所有者への聞き取り調査を行った結果、次のような経緯が判明した。

- ・当時造林技術について師事した師より聞き及んだ「鉄肥仕立て」(750本/haの疎植から35~40年を伐期とし無間伐で仕立て上げる)を参考に、下刈りコストを低減するため植栽本数を3,000本/haとし、20年後に750本/haになるまでの密度管理を実施した
- ・高度成長期、筑豊地区への鉱山の支柱木や、盛んになりつつあった街路樹の支柱として小径木の需要があり、15~35年生の小径木が市場で価値を持った

### Ⅲ. 研究方法

研究方法は以下の通りである。

はじめに、57、60年生、及び107年生の林分について、樹高と胸高直径のプロット調査を実施した。次に、既存のデータと組み合わせて、57、60年生の林分における樹高、胸高直径、そして単木材積の変遷を視覚化した。そしてこれらのデータを基に、57、60年生の林分の将来像として107年生の林分を位置づけ、両者を比較分析することで、今後50年間の57、60年生の林分の成長量の推移の予測とした。

将来の成長予測にあたり、異なる林分である57、60年生の林分と107年生の林分を比較するため、それぞれの立木の成長ポテンシャルとしての地位級に着目し、評価を行った。107年生林分の平均単木材積を求め、57年生及び60年生林分の地位級に相当するものに換算し、これを57年生及び60年生林分の50年後の単木材積の予測値とするものである。地位級については、平成31年大分県収穫表改定調査報告書(大分県, 2019a)とこれに添付のプログラム「大分県システム収穫表」を用いて算出した(大分県, 2019b)。本文中では、地位級を本プログラムで計算される地位級Ⅱを中央とした標準偏差σHの値とした。

単木材積の計算には、森林総合研究所が開発した「幹材積計算プログラム」(2020年版)を利用した(森林総合研究所, 2020)。

### Ⅳ. 結果と考察

#### 1. 林分調査

調査結果として林分の概況を表-2に示す。

57、60年生林分において平均樹高は29mを超え、単木材積も3.5m<sup>3</sup>を超えている。平均樹冠長率は0.50であった。

107年生林分では平均樹高は34mを超え、単木材積は5m<sup>3</sup>を超えており、100年超えのスグらしく、堂々とした成長ぶりであると言える。平均樹冠長率は0.63であった。

57、60年生林分について、樹高成長、肥大成長、単木材積それぞれについて図-3、図-4及び図-5に示す。

表-2. 林分概況

調査地	面積 (ha)	林齢 (年)	立木密度 (本/ha)	平均樹高 (m)	平均DBH (cm)	平均単木材積 (m <sup>3</sup> )	樹高			胸高直径			平均樹冠長率	
							平均樹高 (m)	標準偏差	変動係数	平均DBH (cm)	標準偏差	変動係数		
調査地(1) 豊後大野市三重町奥畑 花立山林	プロット01	0.10(縦20m横50m, 矩形)	57	120	29.6	67.5	4.357	29.4	2.40	0.08	62.4	10.39	0.17	0.50
	プロット02	0.07(縦20m横35m, 矩形)	60	130	29.1	55.6	2.935							
調査地(2) 佐伯市本匠上津川 谷迫山林	プロット01	0.0314(半径10m, 円形)	107	159	31.8	67.4	4.698							
	プロット02	0.0314(半径10m, 円形)	107	159	38.5	72.9	6.719	34.0	4.03	0.12	67.5	11.09	0.19	0.63
	プロット03	0.06(縦20m横30, 矩形)	107	167	32.8	64.9	4.633							

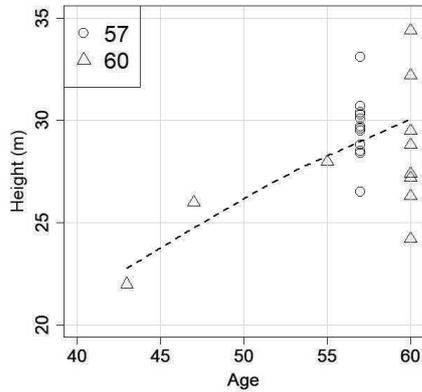


図-3. 57, 60年生林分の樹高成長

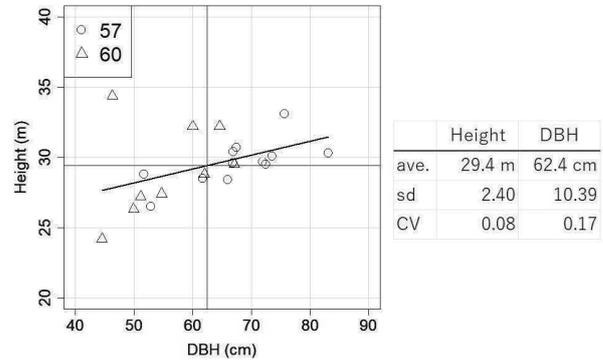


図-6. 57, 60年生林分の樹高と胸高直径

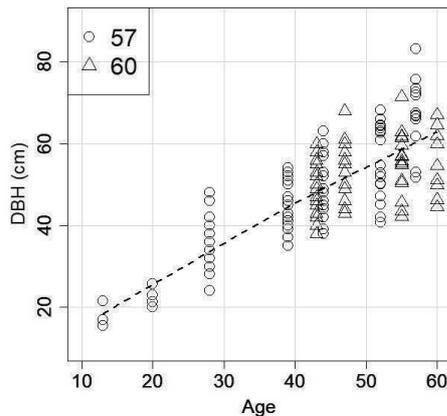


図-4. 57, 60年生林分の肥大成長

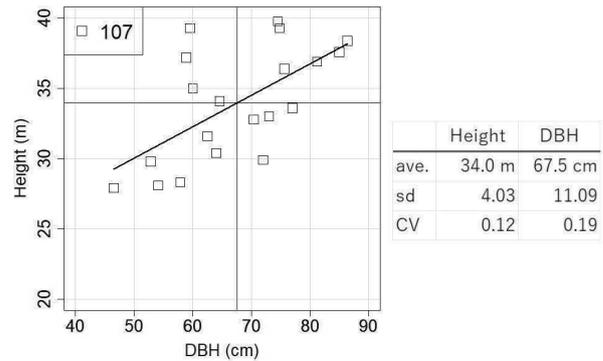


図-7. 107年生林分の樹高と胸高直径

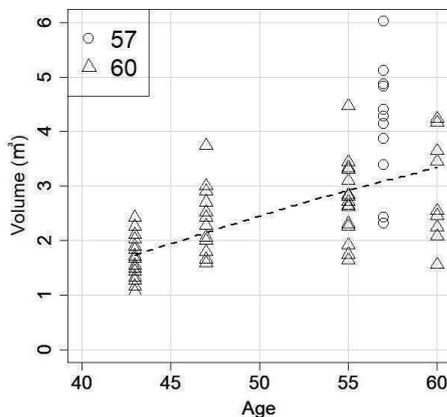


図-5. 57, 60年生林分の単木材積

樹高、肥大成長及び単木材積のそれぞれが、わずかな頭打ち傾向を示しつつも、50年を超えても順調に伸びているということが窺える。単木材積の年間平均増加量は、年あたり平均 $0.10 \text{ m}^3$ 、最大で $0.18 \text{ m}^3$ という結果であった。

また、今回の調査データからは、57, 60年生の林分と比較して107年生林分の方が、樹高及び胸高直径におけるばらつきが大きいという傾向が認められる。57, 60年生の林分と107年生の林分における計測データから、それぞれの調査木における樹高と胸高直径の相関ならびに標準偏差 (sd) と変動係数 (CV) を図-6及び図-7に示す。

結果として、以下の二点が窺える。第一に、樹高及び胸高直径

のばらつきは、57, 60年生の林分比べて107年生の林分でより大きいこと。第二に、胸高直径のばらつきよりも樹高のばらつきの方がより大きいことである。これは、高齢級の立木においては、樹高成長及び肥大成長が初期成長の段階を過ぎると頭打ちになる傾向があるが、樹高成長の頭打ちが肥大成長のそれよりも早期に発生することが一因と考えられる。そしてこの現象は、単木の個体差として不揃いに表れると推測される。

## 2. 収穫予想

本来異なる林分である57年生及び60年生の林分と107年生の林分を比較するため、それぞれの地位級を計算し、「スギ地位曲線」上にプロットした。結果を図-8に示す。

地位級Ⅱを中心線0とし、地位級Ⅰを $+1.34 \sigma H$ とするプロット中で、57, 60年生林分については $+1.22 \sigma H$ 、107年生林分については $+1.36 \sigma H$ という結果であった。

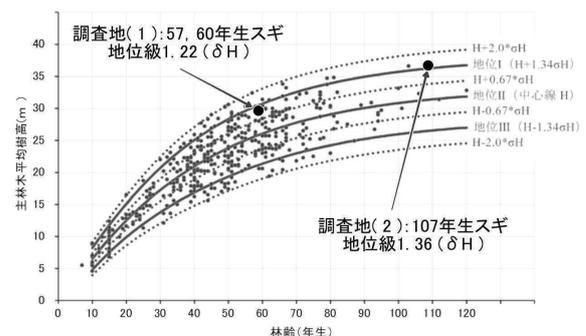


図-8. スギ地位曲線 (大分県, 2019)

107年生林分の地位級と57, 60年生林分の地位級の比を求め、107年生林分の平均単木材積にかけ合わせ57, 60年生林分の50年後の平均単木材積の予想値とした。またこれらに57, 60年生林分の成立本数をかけ合わせて50年後の平均haあたり材積の予想値とした。結果を図-9及び図-10に示す。高齢級になっても成長傾向を示している。

57, 60年生の林分について、これから50年間、単木材積は年平均で $0.024\text{ m}^3$ 、最大 $0.082\text{ m}^3$ 増加、haあたり材積の増加は、年平均で $3\text{ m}^3$ 、最大で $7\text{ m}^3$ の増加が見込めるという結果であった。

今後、この成長量分を取獲する間伐を10年間隔で5回実施するとして、一回の間伐ごとにhaあたり $30\text{ m}^3\sim 70\text{ m}^3$ 、50年間では累計 $150\sim 350\text{ m}^3$ の取獲が可能という見込みである。

### 3. 材積推計について

今回の調査では材積式による材積の推計を行ったが、森林経営の立場から、立木の成長と材積の推移から長期的な収量予測を行うためには、さらに正確な材積推計の手法が必要と考える。特に本調査地での57, 60年生林分の大径木の材積の推計に関しては、その密度管理手法が特殊であったゆえに、以下二点の課題が考えられる。

一つには、本数密度を15年までに半数、30年までに1/10まで落としているため、若齢時より成長抑制が弱い状態であったと推測され、この成立本数下での成長データが材積式で採用されている係数の範疇から逸脱している可能性である。

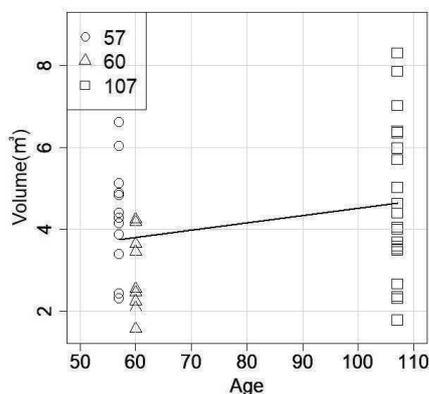


図-9. 57, 60年生林分及び100年生林分の単木材積

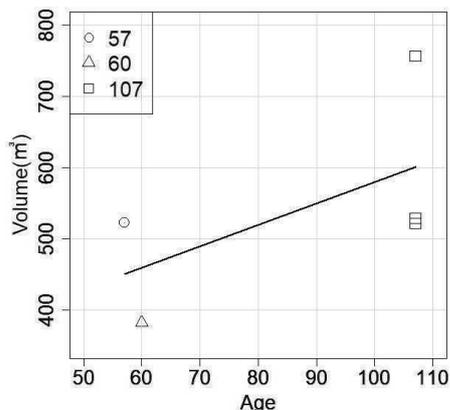


図-10. 57, 60年生林分及び100年生林分のhaあたり材積

もう一つは、若齢時から低密度で仕立てた影響により、以降の陽樹冠の発達によって立木の完満あるいはうらごけといった形状において、樹幹形が材積式で想定されている係数の範疇から逸脱している可能性である。梶原ほか(1996)において、陽樹冠の発達と樹幹形の完満度には対応関係があることが指摘されている。

なお森林所有者への聞き取り調査では、このような低密度での仕立ては本人が主体的に森林経営に携わるようになった1968年以降であり、今回の調査地における107年生の林分では、若齢時において57, 60年生の林分のような極端な仕立ては行われていない。したがってこの林分では成長抑制は一定程度効いていると思われ、形状の変化による幹材積計算プログラムのサンプルデータからの逸脱は57, 60年生の林分ほどではないと考えられる。

### 4. 長伐期施業による高齢級の立木のばらつき増大について

今回の調査では、長伐期施業により高齢級の立木の樹高や胸高直径のばらつきが増大するという傾向が確認できた。この現象は、山林経営の観点から積極的に評価されるものと考えられる。立木在庫が多様であれば、経済的変動に対して柔軟に対応できる可能性がある。また特に高齢級大径木はリテールセールスによる付加価値の増大が可能であり、立木在庫の多様性は顧客の多様なニーズに対応し得るメリットとして位置づけられる。

さらに、高層木の樹冠の状態のばらつきが多様な光環境や温度環境を生み、下層や中層の植生の繁茂を促進する可能性がある。多様な環境を維持することで、近自然的な森林が形成され、耐災害性の向上などが期待できると考えられる。

### 5. 今後の課題

本研究の成果を踏まえた今後の課題として、より正確に材積を推計するために、立木の形状を考慮した材積の推計が求められる。今後、立木の成長と形状に関するより詳細なデータを収集し、年輪解析やレーザー計測の結果との比較検証を通じて、本問題に対する更なる洞察を得ることを課題としたい。

## V. 謝辞

調査にご協力いただいた有限会社うすき林業の皆様、及び聞き取り調査と貴重な施業履歴データの提供にご協力いただいた調査地山林所有者である後藤國利氏、また研究を行うにあたり多大なご協力を頂きました森林計画学研究室の皆様にご心より感謝の意を表します。

## 引用文献

- 藤森隆郎ほか(2013) 将来木施業と径級管理 - その方法と効果、  
 全国林業改良普及協会, 東京, 205-217  
 藤本幸司ほか(1995) 愛大演報 32: 35-48  
 梶原幹弘ほか(1996) 日林誌 78: 100-103  
 長濱孝行ほか(2006) 日林誌 88: 71-78  
 大分県(2019 a) 大分県収獲表改訂調査報告書  
 URL:<https://www.pref.oita.jp/soshiki/15088/201903-syukakuhyoukaitei.html> (2023年9月3日確認)

大分県 (2019 b) 大分県システム収穫表

URL:<https://www.pref.oita.jp/soshiki/16050/kannisyuukakuhyou.html> (2023 年 9 月 3 日確認)

佐藤孝吉ほか (2011) 東農大農集報 56 : 17 - 24

森林総合研究所 (2020) 幹材積計算プログラム

URL:<https://www.ffpri.affrc.go.jp/database/stemvolume/index.html> (2023 年 9 月 3 日確認)

杉田久志ほか (2017) 森総研報 16 : 225 - 238

竹内郁雄 (2005) 日林誌 87 : 394 - 401

竹内郁雄ほか (2003) 日林誌 85 : 121 - 125

(2023 年 11 月 11 日受付 ; 2024 年 1 月 16 日受理)