

Ⅲ編

長伐期材を総合的に分析する

— 「徳島すぎ長伐期検討委員会」の中間報告から—

長伐期材を総合的に分析する

－「徳島すぎ長伐期検討委員会の中間報告から」－

網田克明（徳島県立農林水産総合技術支援センター）
市瀬雅志（徳島県農林水産部林業再生推進室）

1 なぜ「徳島すぎ長伐期検討委員会」を組織したか

徳島の林業は、スギを長期に育成し大径材に仕上げ、その元玉から割柱や鴨居長押など、いわゆる役物を生産してきた。昭和50年代には、丸太の付加価値を高めるために全国に先駆けて葉枯らし乾燥を復活させ、切り匂や伐採方法を科学的に裏付けた。葉枯らし乾燥を施した大径丸太は色艶が向上することから商品力が向上し、元材の木取りについて、板材中心から芯去割柱等の角材中心の製材技術への転換を加速させた。また、2番・3番玉等の中目材からは梁材や足場板の商品化を進め、高樹齢材の大径材を素材としてバランスの良い製品づくりがなされてきた。

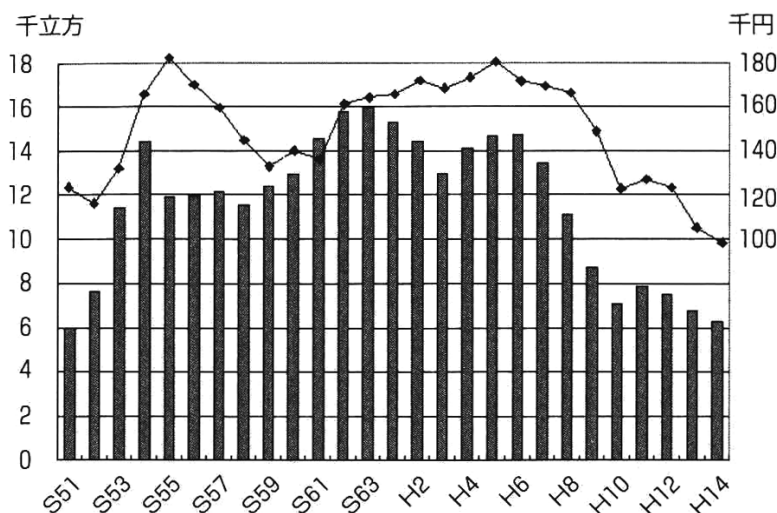


図1 役物製品市場の取り扱いの推移
(出典：徳島県木材協同組合連合会資料)

元玉から木取りされた割角は主に九州などで有利に販売され、県内にも専門工場が多く操業し、1976 (S51) 年には徳島市に産地市場が開設されたが、残念ながら2004 (H16) 年1月に閉鎖してしまった。図1にその製品市場の設立当時からの取扱量と販売単価を示した。当初6000 m³あった取扱量は、88 (H元) 年には1万6000 m³に達したが、需要が低迷し、03 (H15) 年には設立当初の取扱量にまで減少してしまった。その間、販売単価はピーク時の18万円から、03 (H15) 年には10万円を切るまで下落した。このため、山で生産される丸太材積の3割を占めてきた元玉材の売り上げは半減し、苦しい経営となっている。こうした役物製品の低迷は、住宅様式の変化や集成材等へ需要が流れた結果だと考えられる。

森林の機能を高度に発揮させるためには、長伐期化や複層林化などにより非皆伐循環林に誘導することが有効だが、このように大径材で成り立ってきた本県林業は、木材販売面で成り立たなくなっている。

言うまでもなく、大径材生産のメリットとして、長期に育成することで強度などの材質が高まること

や、長期に森林土壌を被覆する林地保全上の効果などがあり、長伐期の意味を改めて考えていく必要が出てきた。また、森林計画では標準伐期齢の40年周期で伐採するという従来の標準的な方法に加え、間伐を実施しながら60～80年生まで長期に育成するという施業体系が示されているが、その年齢が適正かどうかかわかっていないのが現状である。

このような技術課題が現場の林業者から提起されたことから、03（H15）年度に林野庁補助事業「普及情報活動システム化事業」により「徳島すぎ長伐期検討委員会」を組織し、長伐期材を材質、利用、環境、経営などの視点から総合的かつ科学的に分析し、長期にわたる林業経営の指針づくりを行うこととした。メンバーは行政や県試験研究、京都大学農学部、徳島文理大学薬学部、林業家（徳島すぎクラブ）など産学官から参加し、それぞれ林業経営や木材利用等の立場から総合的な検討を行った。

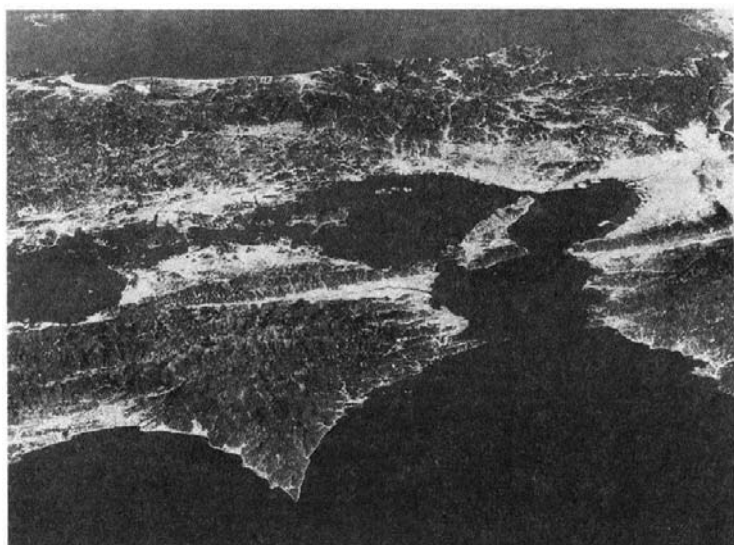


写真1 徳島県の地形

2 徳島県の森林林業の状況

検討会の調査内容をお話する前に、徳島県の地勢、森林林業の状況についてご説明したいと思います。徳島県の県土の7割は山地で占められ、阿讃山脈と四国山地が東西に走り、その山々の間を河川が縫うように流れている。（写真1）

四国三郎「吉野川」はその源を遠く愛媛・高知との分水嶺、^{かめもり}瓶が森（標高1892m）に発し、また阿波八郎「那賀川」は、四国第2の霊峰、剣山（標高1955m）の南斜面から流れ出て、2つの大河の流れは紀伊水道に注ぐ。東に向かう川の流れは、中央、^{みかぶ}御荷鉢、^{ぶつぞう}仏像の3つの構造線が東西に横断するという四国の地質構造に由来している。それぞれの構造線に沿って小盆地や低地が並ぶが、こうした地域には地すべり地帯が多く密集している。地すべり地帯は土地の生産力が高いことから、人々の生産の場となり、スギの適地ともなってきた。

また本県の気候は多様で変化に富んでいる。吉野川と阿讃山脈に挟まれた県北部は瀬戸内気候に属し、四国山地の剣山山系を中心とした山岳部は日本海側気候（山岳気候）で、南国ながら季節風が強く積雪も多くなっている。また剣山山系の南面から海岸部にかけては太平洋側気候に属する（図2）。そして吉野川南岸から剣山の周辺地域にかけては、全国有数の多雨地帯である。

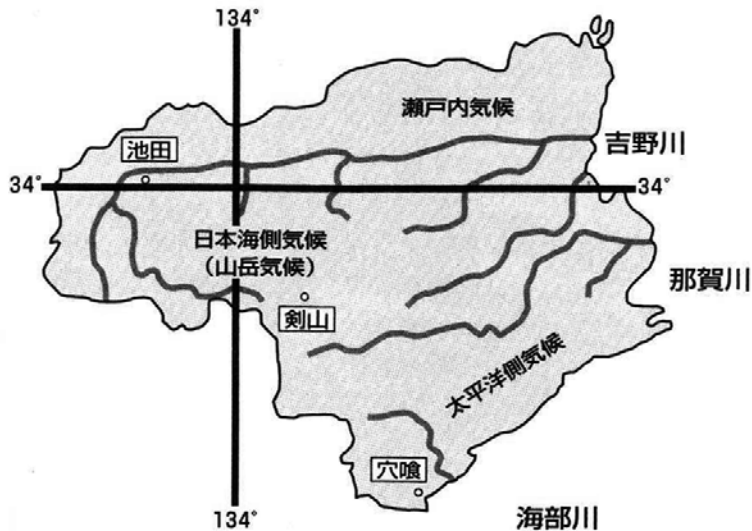


図2 徳島県内の気候区
(資料：徳島地方気象台)

このような高温多雨の気候と地質から樹木の生育に適した肥沃な土壌が形成され、古い時代から、山々には天然生のモミ、ツガ、スギを中心とした針葉樹と多くの広葉樹が繁茂してきた。

とくに那賀川上流の木頭地方は気候、土壌条件に恵まれていた。木頭周辺の地域は急峻な山岳地帯で農耕地が少なく、古くは焼畑農業が行われており、そこではアワ、ヒエ、ミツマタなどが耕作され、焼畑跡にはスギが植えられた。木頭スギはジスギと呼ばれる母樹から種をとったと言われている。

一方、吉野川上・中流域の三好郡、美馬郡などの山村においても、広葉樹による木炭の生産が盛んになり、その伐採跡地にミツマタやタバコを栽培し、最後にスギを植えるという林地利用が進んだ。水を好むミツマタはスギと相性が良いため、こうした地域においてスギ植林地が拡大していったようである。

3 徳島県の森林資源

徳島県の森林面積は31万3000haで、県土の76%を占めている。このうち、県の所管する民有林面積は29万4000haで、森林の94%を占め、国有林は他の都道府県に比べ少なくなっている(図3)。

民有林のうち、人工林は18万6000haと63%に達し、そのうちスギが13万6000haと73%を占めるように、徳島県はスギ産地となっている。スギ、ヒノキ人工林の年齢構成(図4、図5)を見ると、約17万2000haのうち、4~9年齢級の「間伐対象林」は10万1000haと、全年齢級の59%を占め、依然としてこの年齢範囲に大きく偏っている。

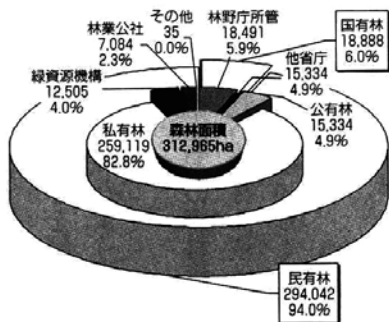


図3 管理形態別の森林面積

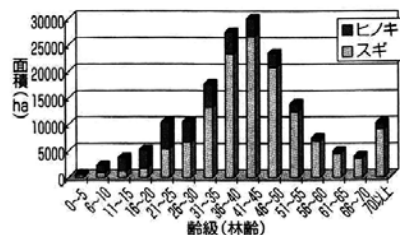


図4 スギ・ヒノキ人工林年齢別面積 (民有林) (H17.3.31現在)

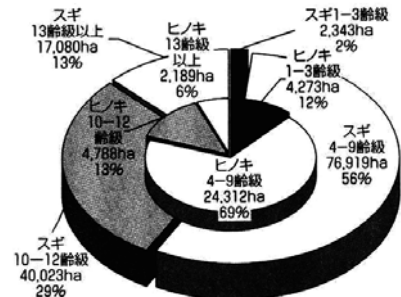


図5 スギ・ヒノキ人工林年齢別割合 (H17.3.31現在)

一方、今後伐期を迎える高齢級に目を向けると、10～12 齢級はスギが 4 万 ha、ヒノキが 5000ha と、圧倒的にスギが多く、スギ・ヒノキ合わせた 10～12 齢級の面積は 4 万 5000ha (26%) に及び、資源の成熟度が上がっている。

そして県内の一般的な伐期である 60 年に達している人工林 (13 齢級以上) は、スギ 1 万 7000ha、ヒノキ 2000ha を合わせた合計面積は 1 万 9000ha (11%) になっており、昭和 55 年度末の齢級配置と比較しても資源内容が充実してきていることが窺える (表 1)。

表 1 スギヒノキ人工林の面積比較 (H16末対S55末)

単位：ha				
齢級	スギ	ヒノキ	計	S55対比
1-3 齢級	-49,733	-6,770	-56,503	10%
4-9 齢級	2,954	15,479	18,433	122%
10-12 齢級	29,575	3,502	33,077	382%
13 齢級以上	15,372	1,939	17,311	984%
計	-1,832	14,150	12,318	108%
10 齢級以上	44,947	5,441	50,388	468%

4 長伐期施業に向けた森林整備

スギ・ヒノキ人工林の間伐は、1981 (S56) 年度の間伐対策事業の開始から現在に至るまで、延べ 13 万 9795ha が実施されてきた。年間約 6000ha が間伐されてきたことになる。そして近年は緊急間伐 5 ヵ年対策によってさらに実施量が増加している。(図 6) この間、齢級構成も当初の 3～4 齢級を中心としたものから、現在では 8～9 齢級に移行し、その事業形態も搬出間伐へと移行している。

こうした中、長伐期に向けて健全な森林育成を図る観点から、10～12 齢級において、抜き切りが行われる森林も増加している。本県では 2005 (H17) 年度から「林業再生プロジェクト」(図 7) を実施し、高性能林業機械システム(写真 2) 15 セット 45 台の導入を行い、間伐や抜き切りでの搬出を促進している。これにより、素材生産量の確保を行い、高齢級の健全な人工林を育成すると同時に、豊かな下層植生を繁茂させ広葉樹等との混交を図るなど、多面的な森林機能を高め、「経済面」と「環境面」が両立した森づくりを進めているところである。

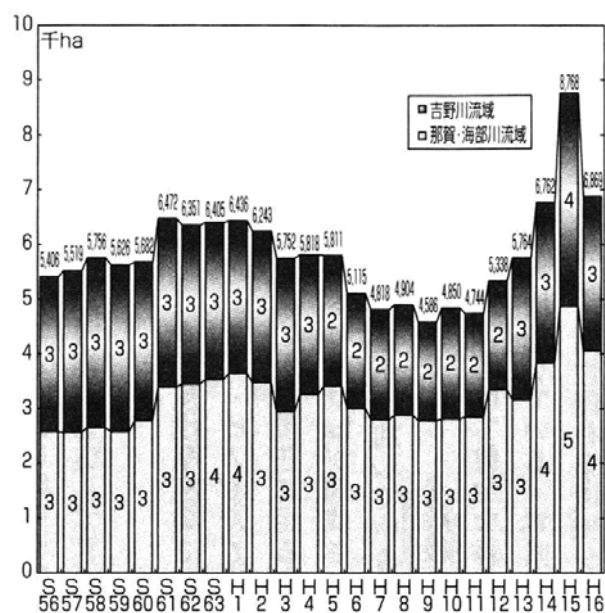


図 6 徳島県の間伐実施面積の推移



図 7 林業再生プロジェクトの概要



写真 2 新間伐システム（高性能林業機械）

5 長伐期林の現地調査

さて、検討会の調査内容をご紹介します。検討会では実際に長伐期林から試験材料を採取し、樹幹解析を行うとともに、細胞観察や抽出成分の分析を行い、長伐期材の性能を把握することから始めた。ヒトが歳をとると骨が脆くなったりするように、スギが加齢に伴い、細胞が脆くなったり、精油成分が少なくなってしまうことが果たしてあるのだろうかと考えたからである。

我々はこれまでに、葉枯らし乾燥材や黒心材について成分抽出やシロアリ加害試験を実施し、60～80年生程度の材料に優れた耐殺蟻性能や抗菌成分があることを検証していたので、さらに歳を重ねた高樹齢木でもそうした性能が上がるのか下がるのか興味のあるところだった。

そこで、那賀郡那賀町沢谷（旧木沢村、以下木沢と称する）の100年生スギ林と木頭村折字（旧木頭村、以下木頭と称する）の130年生スギ林を対象林分とし、林況調査を実施した。表2に調査地の状況を示した。木沢100年生スギ林（haあたり成立本数133本）は2003年3月に択伐するまで20～30年ごとに間伐されていたが、木頭130年生スギ林（haあたり成立本数218本）では2003年3月まで間伐はされていなかった。この2つの林分から3本ずつサンプル木を提供していただき、伐根位置から採材位置ごとに4～10個の円盤を採取した。2つとも典型的な木頭林業、すなわちジスギの苗でhaあたりの植栽数が少ない、いわゆる疎植造林地である。

表2 調査地の概要

面積	旧木沢村沢谷		旧木頭村折字		
樹齢	1.3ha		0.4ha		
面積	100年		130年		
立木密度	133本/ha		218本/ha		
間伐歴	20～30年毎		なし		
	樹高m	胸高直径cm	樹高m	胸高直径cm	
試料木	A	34.9	80	32.2	63
	B	33.6	64	40.7	79
	C	30.7	70	34.3	46
	平均	33.1	71.3	35.7	62.7

また円盤から材質指標（年輪幅・容積密度数等）の経年変化を軟X線デンシトメトリーで調べた。この装置は、年輪における早晚材の密度と透過する軟X線の量が良好な相関関係を示すことから、迅速にかつ精度よく数値データをとることができる。そして、ここでいう容積密度数とは材の単位体積あたりの重さのことである。密度は強度に関係するので、加齢と強度との関係をこの数値から推察することとした。

さらに、各年輪における仮道管細胞の数や細胞の放射径・接線径を光学顕微鏡で観察した。こうした基礎データから形成層における細胞形成が樹齢によってどう変化するのかを把握することができる。なお、これら細胞レベルでの材質調査については主に京都大学農学部が担当した。



写真3 那賀町木頭折宇の調査地（スギ130年生）

写真4 那賀町沢谷の調査地（スギ100年生）

6 長伐期材の成長曲線

図8に6本の供試木について材積成長の経年変化を示した。すべての木は、おおむね樹齢100年前後までは順当な材積成長が認められる。しかしながら木頭の2本（A・C）については材積成長が頭打ちになっていた。これは周囲の林分状況から被圧木となっているためであると推察された。現場で見ると、3本の木はほとんど隣り合っていたが、ごくわずかな生育環境の違いでも、成長に差が生じることがわかった。一方、木沢の調査地では3本のうち1本は他の2本に比べ旺盛な材積成長を示していた。

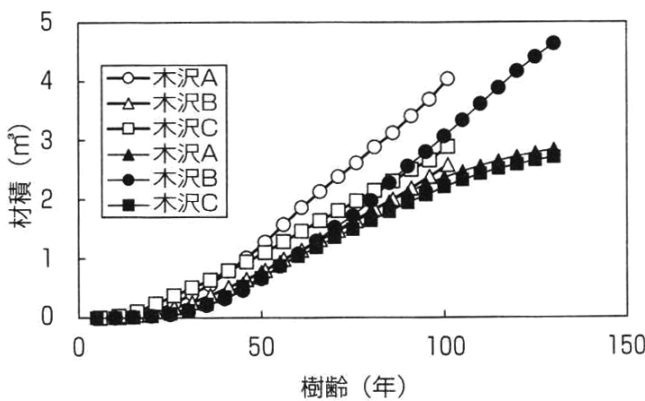


図8 供試材の材積成長

図9、図10は、木頭130年生3本と木沢100年生3本の成長曲線である。凡例にある連年成長量とは、ごく簡単に言えば1年でその木がどれだけ太ったかというもの。また平均成長量とは、それまでの育成期間内の太りの平均値を示す。連年成長量は、ある樹齢で最大となり、それから徐々に減少する。一方、平均成長量のピークは連年成長量のピークよりも後に現れ、平均成長量が最大となったときに連年成長量の曲線と交わる。

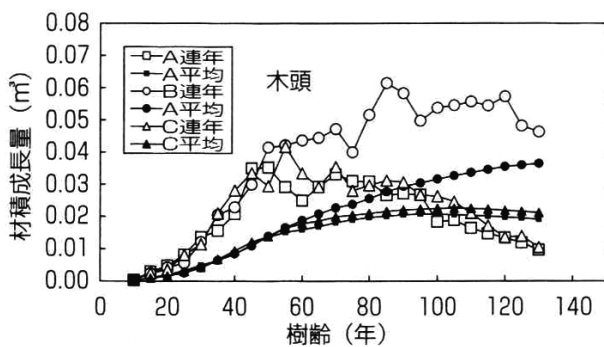


図9 木頭130年生スギの成長曲線

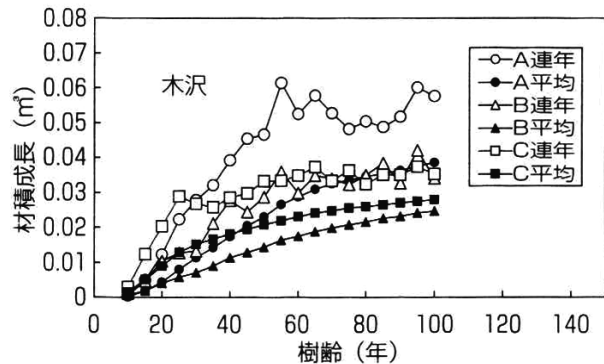


図10 木沢100年生スギの成長曲線

注) 連年：連年成長量、平均：平均成長量

木頭の林分で連年成長量は樹齢40年から80年で最大となり、樹齢100年まで平均成長量を上回った。2本の木(A・C)は100年を越すと両曲線が交わり、連年成長量は減少していくことがわかったが、1本の木(B)は130年を超えても、曲線は交わっていなかった。一方、木沢の林分では、2本の木(B・C)は連年成長量が60年を過ぎる頃からピークに達し、その後横ばいで推移し、100年生を越える頃ようやく両曲線が近づいてきた。もう1本の木(A)は100年を越えても平均成長量が伸び、まだ両曲線は交わりそうになかった。木頭と木沢の成長曲線のこうした違いは林分密度や施業が影響していると推察される。

ちなみに、これまでに森林林業研究所で調査した那賀町(旧上那賀町)のデータ(95年生)でも同じように、100年生に近づくと連年成長量が平均成長量に交わる傾向を示していた(図11)。

これだけではサンプル数が少なく、今後さらに数多くの樹幹解析を必要とするが、「収穫量最多(単木)」の考えからあえて推察すると、木頭林業で育った長伐期材の伐採齢は100年生以上のところにありそうである。

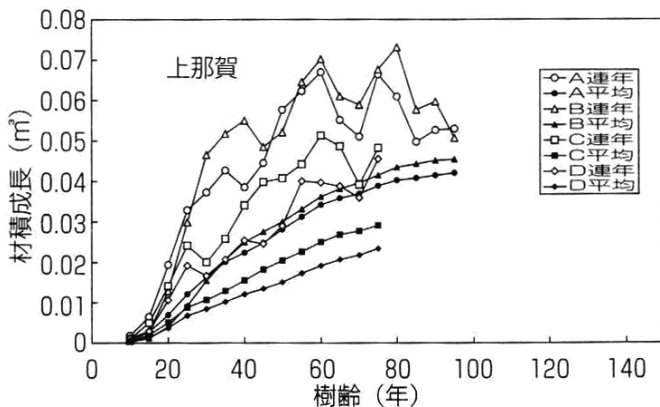


図11 上那賀スギ95年生の成長曲線

7 長伐期材の細胞観察

木頭と木沢の林分から採取したそれぞれ2つの円盤で測定した、容積密度数のデータを図12に示した。随付近では値が高く、樹齢40年以降で漸減していく傾向が見られる。針葉樹材の随付近の密度は低いのが普通だが、スギの場合、逆に高くなると言われており、今回のデータもそのとおりになっている。また、被圧木や老齢過熟木では、きわめて年輪幅の狭い材が見られ、晩材における仮道管の壁肥厚が減少し、低比重になるとされているが、今回調査木では密度が漸減しつつも極端な低下は見られなかった。

また、すべての試料木について細胞の接線径を測定したところ、樹齢 100 年前後までは緩やかに増加していく傾向が見られた (図 13)。その大きさは 100 年生で形成された細胞で 30~35 マイクロメートルだった。形成層の細胞分裂によって、樹幹直径が増大し、それに伴って形成層は円周の拡大に対応することとなる。文献では形成層の拡大は主として円周上に並ぶ始原細胞の数の増加で対応するとされているが、データをみると、その大きさを広げることで太りに対応しているように見受けられる。接線径の増加、すなわち細胞が広がるのが材質にどう影響を与えるのか、たとえば脆さなどに関わってくるのか、検討材料となることと考えている。

樹幹解析や細胞観察の結果からは、徳島すぎは年齢を重ねても成長を続けること、周囲の環境や施業に左右されること、成長に伴い材質が変動する可能性があることなどが示唆された。

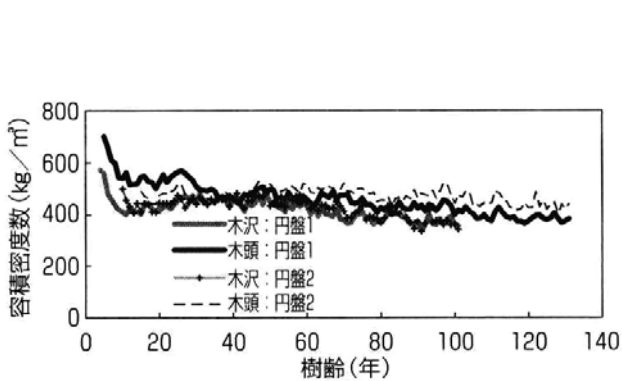


図12 細胞の容積密度数の変動

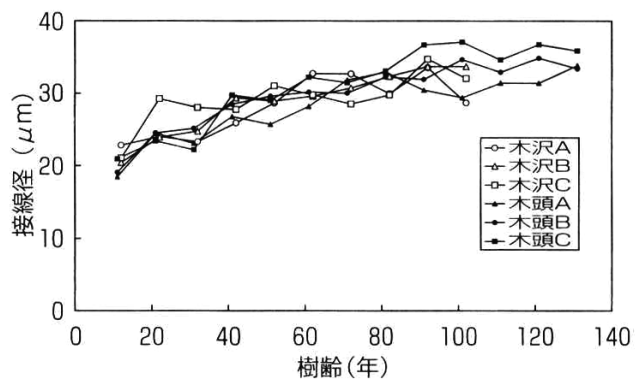


図13 細胞の接線径の変動

8 成分抽出試験

木頭の 130 年生スギ林、那賀町大戸 (旧上那賀町) の 80 年生、48 年生スギ林の伐採木から採取した円盤について心材中のヘキサン抽出物の樹幹内での分布を調べるとともに、液体クロマトグラフィーで成分分析を行った。成分抽出については徳島文理大学薬学部が担当した。

これまでの研究から、徳島すぎ葉枯らし乾燥材の心材に優れた殺蟻、抗菌物質が存在することが明らかとなっている (図 14、図 15)。その際、そうした活性を示す化合物の多くがヘキサン抽出部に集中したことから、ヘキサン抽出量で長伐期材の性能を把握することとした。

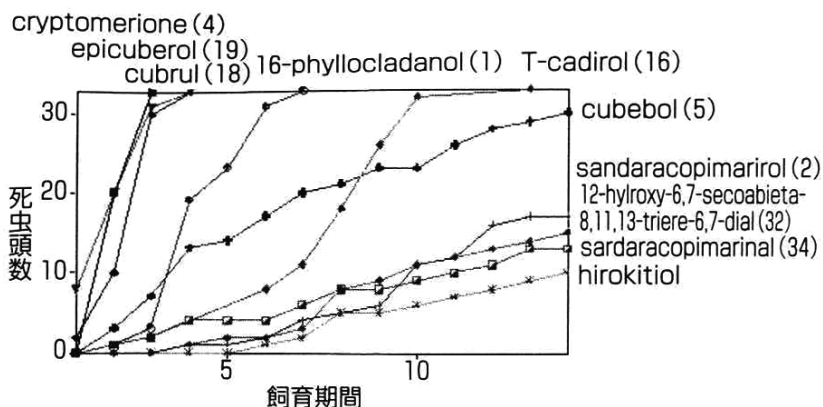


図14 心材成分の殺蟻活性 (黒心)

注) シャーレに抽出成分を含浸させたろ紙を置き、イエシロアリ職蟻30頭、兵蟻3頭を投入。27℃で14日間飼育し死虫頭数を観察した。

最小発育阻止濃度
MIC (μg/mL)
黄色ブドウ球菌

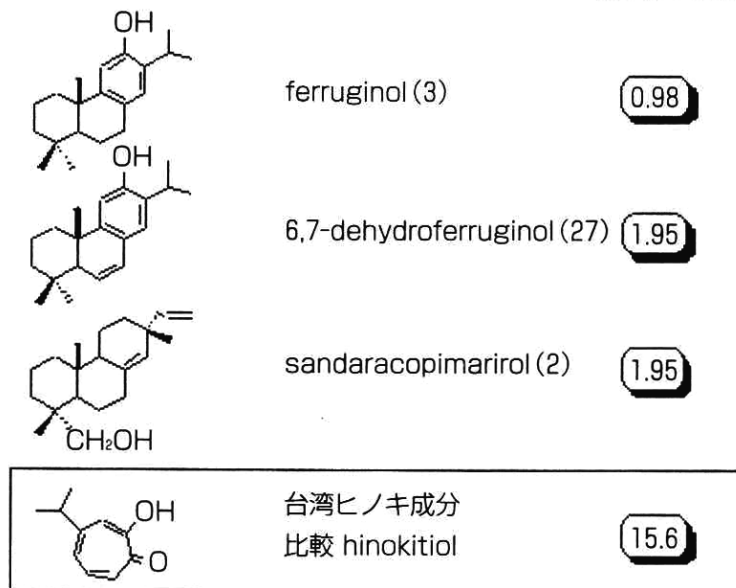


図15 スギ黒心の抗菌活性

まず樹幹解析に用いた円盤を、図 16 のとおり心材部で外層、中間層、内層に 3 等分し、それぞれの層からつくった 5g の木粉をヘキササン (45ml) で 30 日間浸漬して得た抽出物の量を図 17 に示した。

その結果、ヘキササン抽出物は、心材部において樹幹内側から外側に向かって増加する傾向が認められた。天然林などで老齢木を伐採すると随付近が空洞となっているのを目にするが、そのことと関係するのかもしれない。

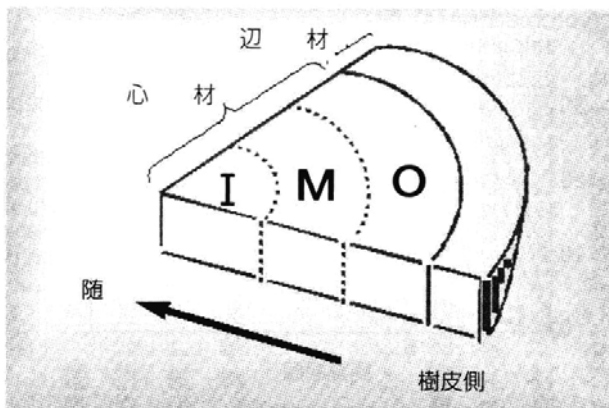


図16 成分分析用供試材
O：外層、M：中間層、I：内層

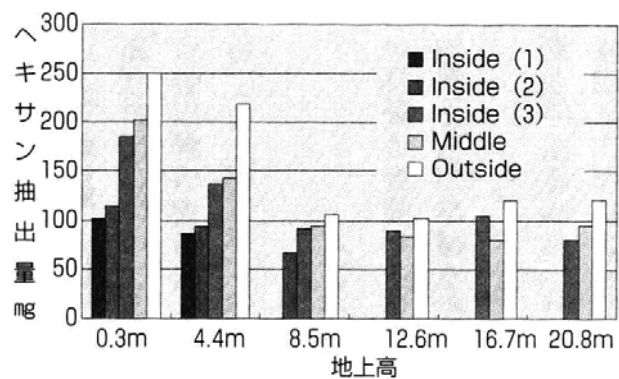


図17 樹幹内のヘキササン抽出物の変動 (木頭130年生スギ)

一方、樹高方向ごとの抽出成分含有量については、元材付近に多かったものの、8~20m の部位にも一定量が均等に存在していた。

また、各年代別の材料についてヘキササン抽出量で比較したのが図 18 である。48 年生、80 年生に比べ、130 年生の抽出量が多いことが確認できた。

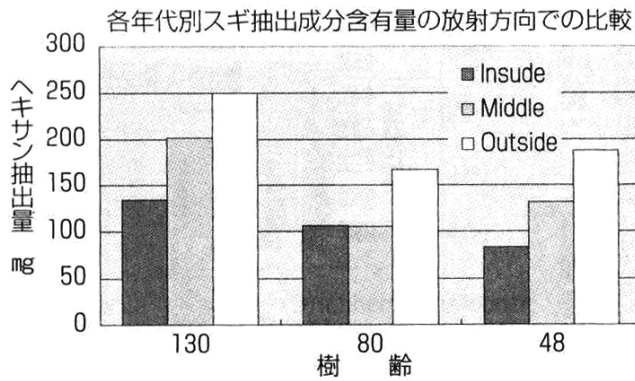


図18 樹齢別のヘキサソ抽出量

高樹齢材に殺蟻活性、抗菌活性に富む成分が多いということは、長伐期材の優位性となり、商品の差別化につながるものであり、このデータをさらに解析したいと考えている。

つぎに液体クロマトグラフィーで成分ごとの分布を調べた(図19)。抗蟻成分のセスキテルペン(クリプトメリオン)、ジテルペン(16-フィログラダナノール)は心材外層に向かって増加する傾向が見られたが、抗菌成分であるジテルペン(フェルギノール、サンダラコピマリノール)は部位によって多寡の傾向が異なった(図20)。

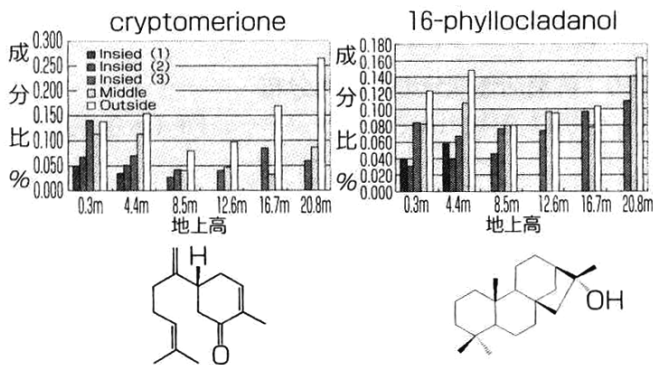


図19 殺蟻活性成分の樹幹内変動

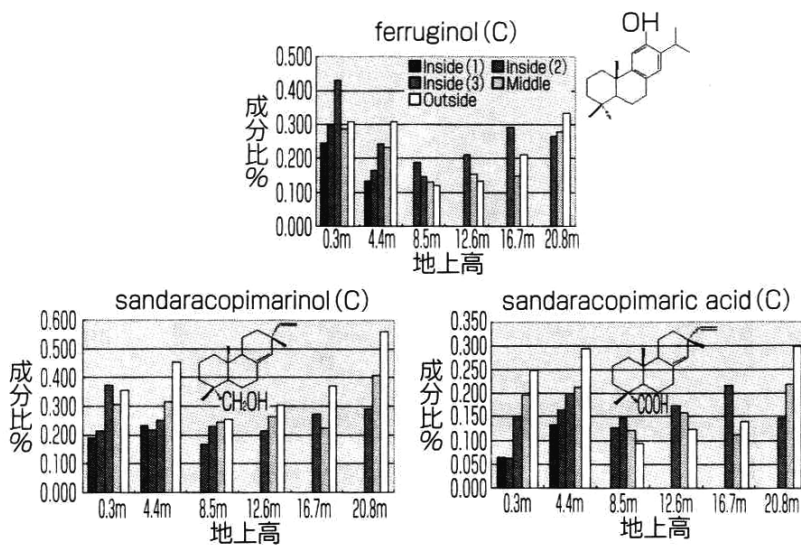


図20 抗菌活性成分の樹幹内分布

注) 分析は液体クロマトグラフィー、RI(示差屈折計)で行った。

抗蟻、抗菌成分のこのような量的分布等は、スギ材の適材適所の利用において重要な示唆を与えるものであると考える。

(注) セスキテルペン、ジテルペンは木材の精油成分である。ジテルペンは不揮発性だが、セスキテルペンやさらに分子量の小さいモノテルペンは揮発性で、木材の香り成分となっている。

9 資源シミュレーション

将来の資源予測についてシミュレーションをすると、突出した8～10 齢級の齢級配置の偏りが影響し、全体の傾向が支配されている。(図 21)

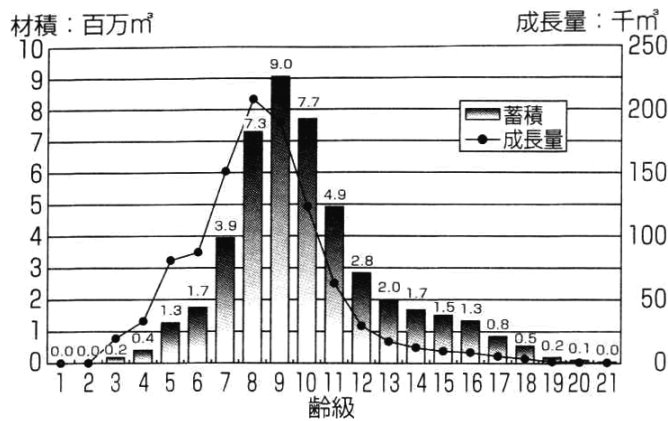


図21 スギ・ヒノキ人工林蓄積・成長量 (齢級別)
H17.3.31現在

本県では、13 齢級 (61～65 年生) が平均的な伐採期であることから、その齢級以上のスギ人工林の面積、蓄積を試算することとする。すると、20 年後には 13 齢級以上が急速に増加し、この間の年間伐採量を現在の伐採水準の約 2.5 倍 (46 万 6000 m³、約 1000ha) と仮定した場合でも、40 年後には、13 齢級以上の蓄積量だけで、現在のスギの総蓄積量 (4241 万 m³) を超える水準となる (表 3)。

表 3 13 齢級以上のスギ人工林

	面積	蓄積	伐採した場合	
			面積	蓄積
現在	17,080ha	7,641千m³		
20年後	83,721ha	37,108千m³	63,721ha	27,788千m³
40年後	132,333ha	61,210千m³	92,333ha	42,570千m³

*伐採は1,000ha/年、466千m³/年とした
(現在の伐採水準の2.5倍)

図 22 は、スギ長伐期林の調査から求めた樹高成長曲線 (徳島県林総セ・宇水、2001) である。40 年生時の樹高を指数とし、たとえば、指数 10 は樹高 10m、指数 20 は樹高 20m を表す。地位指数 12 を森林簿の地位級 1 とし、地位指数 2 ポイントごとに段階的に地位級を定め、地位級 9 まであてはめた。

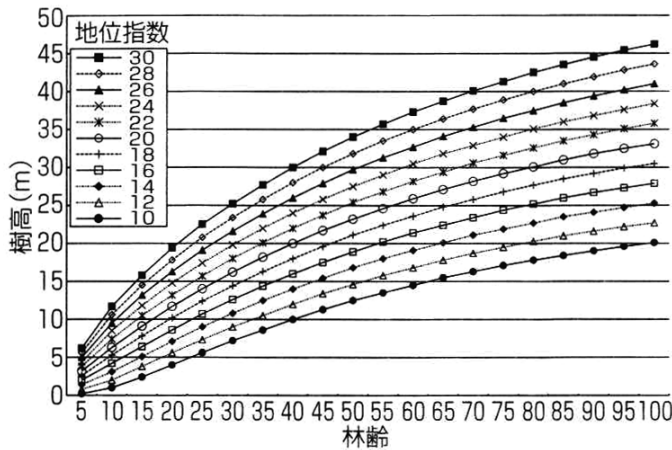


図22 スギ林分樹高成長曲線（地位指数別）

そして、この数値と南近畿・四国地方スギ林分密度管理図を併用して、ha 当たりの材積を求めた（図 23）。図中の「材積 30」等の表記は、「地位指数 30」の場合の材積成長を表している。これらを使って、地位級別の面積から蓄積量を検討し、13 齢級以上のスギ人工林の地位級別蓄積量を求めた（図 24）。その結果、現在のスギ 13 齢級の蓄積約 1000 万 m^3 は、20 年後には約 3800 万 m^3 、40 年後には、5700 万 m^3 に達すると試算された（図 25）。

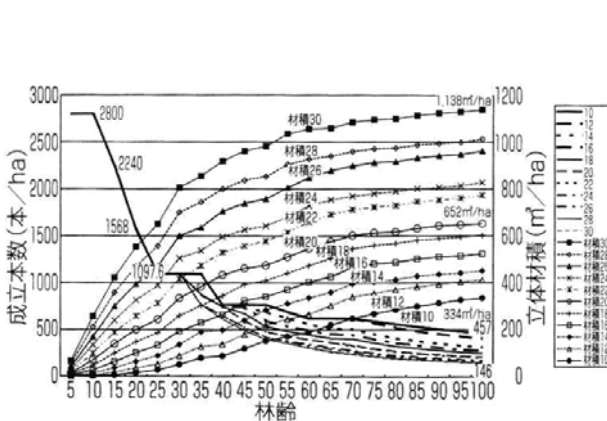


図23 スギ人工林成立本数と立木材積(地位指数別)

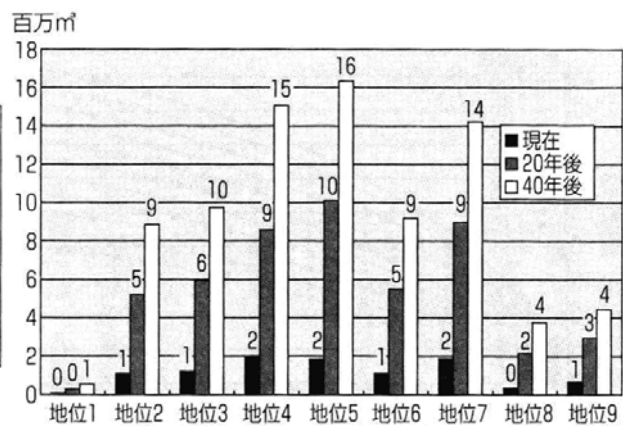


図24 スギ人工林地帯別蓄積量

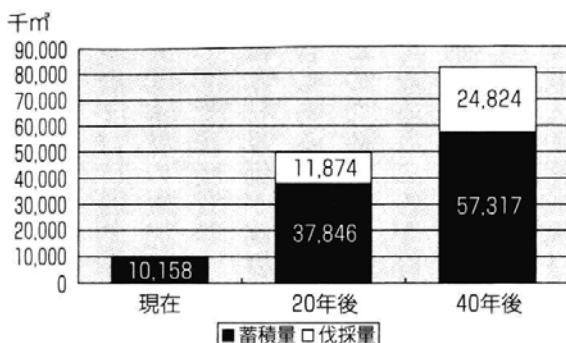


図25 スギ人工林13齢級以上の蓄積量（伐採を考慮した場合）

なお、この資源を貨幣価値に換算すると、現在のスギ山元立木価格（全国平均）4801 円/m³として、現在 487 億円だが、20 年後には 1817 億円に、さらに 40 年後には 2752 億円になる。しかしながら、すべての森林に適正な成長を期待するには、長伐期施策に向けて、複数回の間伐や抜き切りを繰り返す必要がある。人工林の保育管理が低下しつつある現在、できる限り適正な管理を行いたいものである。

10 長伐期化に伴う林業経営のシミュレーション

(1) 伐期の最適化

林業経営が成り立つ伐期は、収入から経費を差し引いたときに収益が出る期間で設定するわけだが、単に長伐期化を図れば利益が良くなるものではないと考えている。逆に、経費と収益が見合えば、伐期が短いほど資本回転率が高くなり、経営効率が良くなる。利益は「①収穫量×②木材の販売単価－③造林経費または取得経費－④保育経費－⑤伐採搬出経費－⑥販売経費－⑦管理経費等」と表される。伐期を延ばしていくと収穫量は年ごとに大きくなるが、最近では木材単価が高樹齢だからといって変わらないばかりか、太い末口径では逆に下がっている場合もあるし、施業期間が長いほど管理経費も増え、実際の利益はわかりにくいところである。

このため、収入と支出を構成する①から⑦までの項目を伐採時期ごとに試算し、利益がプラスになるところが経営的に最適な伐期と考えた。なお、通常は森林環境の保全や災害のリスクを加味して、最終的な伐期を判断することになる。

(2) 収入の構成因子

樹木の成長と共に 1 本当たりの材積が大きくなるが、林分密度と林木の成長の関係から、1ha 当たりの蓄積量に差はないと考えられる。ただし、蓄積量（立木材積）は同じでも、素材生産時には丸太として販売されるため、立木材積より小さな値となる素材材積（丸太材積）を「①収穫量」とする必要がある。

また、採材する末口径や丸太の長さによって販売価格が変わってくる。そこで、資源シミュレーションの基礎となった樹高と胸高直径から、4m採材でどのような末口径の丸太が採材できるか検討し、立木 1 本当たりの素材材積を積算した。これに立木の成立本数をかけて 1ha 当たりの素材材積を求めた（図 26、表 4）。

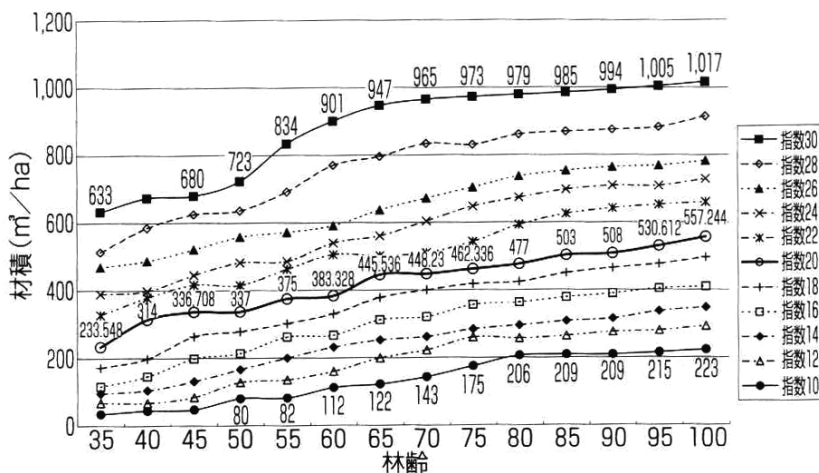


図26 スギ人工林の地位指数別素材材積

表4 スギ人工林の地位指数別素材材積

単位：m³/ha

地位指数	35年生	40年生	45年生	50年生	55年生	60年生	65年生
指数10	35	45	48	80	82	112	122
指数12	68	68	84	128	135	160	199
指数14	96	105	131	166	200	232	252
指数16	116	146	198	214	262	267	312
指数18	172	198	264	278	302	330	378
指数20	234	314	337	337	375	383	446
指数22	328	379	417	415	463	505	502
指数24	390	398	446	482	486	540	560
指数26	470	487	521	558	572	591	637
指数28	514	585	625	636	692	770	796
指数30	633	674	680	723	834	901	947

地位指数	70年生	75年生	80年生	85年生	90年生	95年生	100年生
指数10	143	175	206	209	209	215	223
指数12	223	260	257	264	276	280	293
指数14	262	285	295	308	315	337	348
指数16	321	356	363	378	389	404	410
指数18	400	418	424	459	465	477	497
指数20	448	462	477	503	508	531	557
指数22	510	543	593	625	642	653	660
指数24	604	648	674	697	709	709	729
指数26	672	704	737	753	764	769	783
指数28	834	831	861	869	875	883	915
指数30	965	973	979	985	994	1,005	1,017

その結果、地位指数 20 の場合、100 年生で 557 m³/ha となった。このとき、丸太の末口径ごとに、材積を集計してみると、樹齢が大きくなると、生産材積に占める大径材の比率が高まっていることがわかる（図 27 注：4m 採材で、欠点材が無いとした場合であるので、実際には末口径が下方に修正される）。

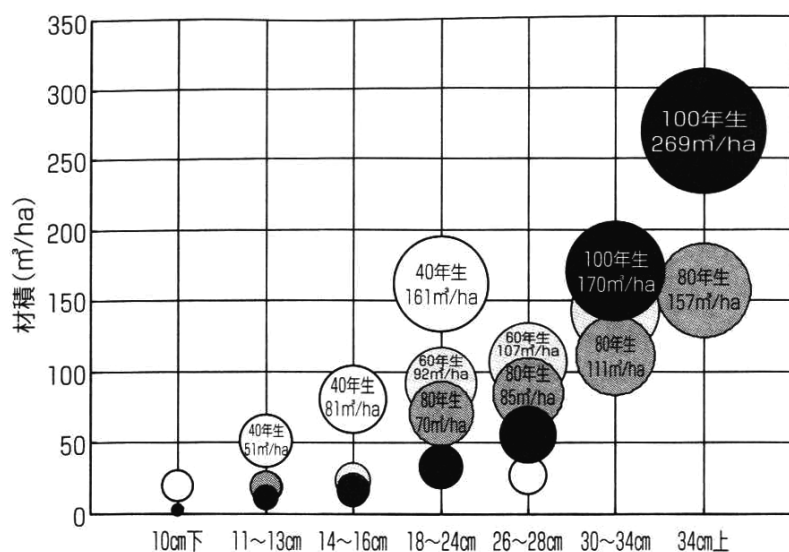


図27 加齢による素材径級の変化

そして、「②木材の販売単価」は、市場流通している素材価格とする。将来の単価予測は困難なので、2004（H16）年度の県営林の搬出間伐で販売された価格から末口径のグループごとに設定した（表 5）。この単価から採材する径級ごとの販売額を求め、それぞれ 1ha 当たりの販売総額を積算すると、地位指数 20 の 100 年生で 916 万 2000 円/ha となった（図 27）。

表5 試算に用いた木材単価（H16県有林販売単価から）

単位：円/m³

区分	10cm以下	11~13cm	14~16cm	18~24cm	26~28cm	30~34cm	34cm以上
40年生	6,962	8,122	10,691	11,281	10,823	13,616	9,600
60年生	6,962	7,716	13,898	15,793	11,252	13,616	14,400
80年生	6,962	7,716	13,364	15,229	13,395	15,658	17,600
100年生	6,962	7,716	12,829	14,665	13,395	16,339	17,600

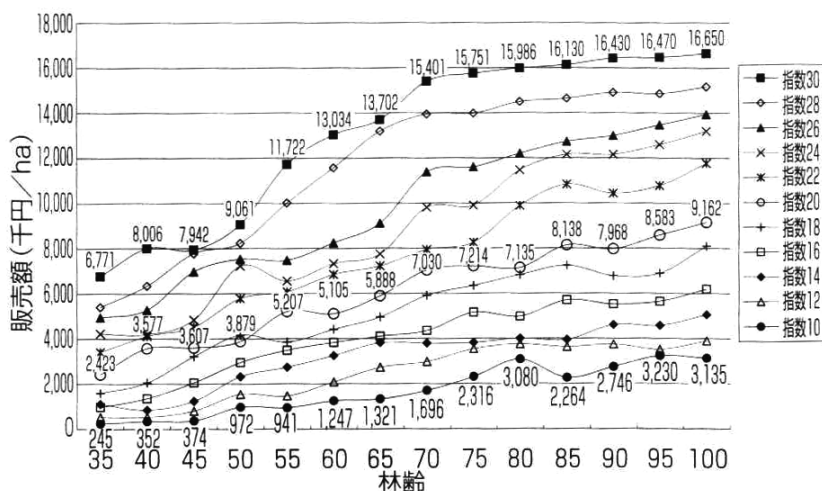


図28 スギ人工林地指数別販売額

(3) 経費の構成因子

人工林の一般的な 2500~3000 本/ha 植栽の中庸仕立ての育林体系として経費を 308 万 8000 円/ha と算出した（表 6）。現行の補助金制度では負担額が 132 万 2000 円/ha となる。

表6 試算に用いた育林経費

単位：千円/ha

造林または保育経費		1ha当たりの経費	補助金額	差引負担額
造林	(補植+鳥獣害防護柵)	2,078千円/ha	1,171千円/ha	907千円/ha
下刈	6回	603千円/ha	355千円/ha	248千円/ha
除伐	1回	136千円/ha	80千円/ha	56千円/ha
間伐	2回	271千円/ha	160千円/ha	111千円/ha
計		3,088千円/ha	1,766千円/ha	1,322千円/ha

注：平成17年度徳島県森林整備事業の標準単価から作成

なお、この施業では 30 年生で、1098 本/ha となり、木頭林業に見られる前項の調査林分のような植栽密度の低い林業とは差があるが、県内でもスギ人工林の多くは、7~8 齢級で 1000 本/ha 程度になっているので、この値を採用した。

次に、素材生産経費だが、この経費は生産方式によって大きく変化し、林道等の生産基盤の整備状況にも左右される。ここでは、搬出できる条件が整っていることとして「⑤伐採搬出経費」は生産性を皆伐方式で 10 m³/人日として算出し、「⑥販売経費」は運賃および市場手数料等とした。また、森林の管理経費については、規模・形態等によって大きく変わるため、算定しがたい経費だが、森林組合の受託手数料を「⑦管理経費」に相当するものとして、人工林の育成経費の 16%とした。

(4) 1ha 当たりの経費モデル

(2)、(3)項の資料を基に、簡単な 1ha 当たりの経費モデルを作成してみる (表 7)。地位指数 20 のデータで 100 年生まで間伐や択伐を繰り返した行った場合、約 200 万円の実収入が見込まれた (表 7)。

表 7 1ha 当たりの経費モデル

再造林・スギ3000本植え

林齢	令級	施業内容	条件	樹高	平均胸高直径	haあたりの幹材積	haあたりの伐採本数	haあたりの伐採材積	haあたりの搬出材積	販売単価	販売収入
1	1	再造林	3,000本/ha								
		防護柵	500m/ha								
2	1	下刈1									
		補植	30%								
3	1	下刈2									
4	1	下刈3									
5	1	下刈4									
7	2	下刈5									
9	2	下刈6									
11	3	除伐	23%	8	10	110	690	25			
		く	2,240本/ha			自然枯死は	-70本				
20	4	間伐1	30%	12	15	199	672	60			
21	5	く	1,568本/ha								
30	6	間伐2	30%	16	21	335	284	101			
31	7	く	1,098本/ha								
39	8	作業路2	2m 50本/ha								
40	8	搬出間伐1	32%	20	28	434	351	139	97	10	966
		く	746本/ha								
50	10	択伐	36%	23	33	475	620	171	128	11	1,411
51	11	く	478本/ha								
59	12	作業路3	2m 50本/ha								
60	12	択伐	17%	25	37	546	350	93	74	12	868
		く	396本/ha								
80	16	択伐	32%	30	46	617	125	195	146	15	2,255
		く	271本/ha								
100	20	皆伐	100%	33	53	653	271	653	557	16	9,162
		く									
		計					1,436	1,003	15		14,661
		100年伐期の年間換算									147

1haあたりの標準経費	施業の間接経費	その他経費	1haあたりの経費合計	搬出材1mあたりの経費	補助金(計画)	実質負担額	実収支	収支累計	投入労務数
772		124	896		525	371	-371	-371	41.5
787		126	913		535	378	-378	-748	8.9
232		37	269		111	158	-158	-907	12.5
104		17	121		71	50	-50	-956	8.0
104		17	121		71	50	-50	-1,006	8.0
104		17	121		71	50	-50	-1,055	8.0
104		17	121		71	50	-50	-1,105	8.0
104		17	121		71	50	-50	-1,155	8.0
117		19	136		80	56	-56	-1,210	8.2
117		19	136		80	56	-56	-1,266	8.2
117		19	136		80	56	-56	-1,322	8.2
378		60	438		189	249	-249	-1,571	7.5
426	505	68	999	10	290	709	257	-1,315	19.4
549	676	88	1,313	10	329	984	427	-888	25.7
126			126		63	63	-63	-951	2.5
549	395	88	1,032	14	329	703	165	-786	14.9
824	816	132	1,771	12		1,771	483	-302	29.2
3,226	3,148	516	6,890	12		6,890	2,272	1,970	55.7
10,464	5,540	1,378	15,658	16	1,966	12,692	1,970		298.6
105	55	14	157		00	127	20		3.0

(5) 長伐期における経費の分析

40年、60年、80年、100年で皆伐した場合を想定し、損益分岐点生産量から適合する1本当たりの素材材積に達する地位指数を求めた。なお、搬出間伐等の収入や経費は、高性能林業機械を使用した場合のように、補助金があれば販売収入が残り、むしろ、数回の搬出間伐や択伐で、造林や保育経費が賄えることも想定されることから、収入、経費として考慮しないこととした。

そして、損益分岐点の算出には、変動損益計算書を使用し、収入として、木材の販売額と造林補助金176万6000円/haを、経費として主伐の生産販売経費と30年生時までに必要な308万8000円/haの造林保育費を計上した場合(表8)と、間伐収入等で造林保育費が賄えた場合(表9:主伐生産経費のみとなる)の2種類で試算した。

(注) 変動損益計算は、数量に比例して変化する経費を変動費、数量には比例しない経費を固定費に分離する。変動費を売り上げから差し引いたものが限界利益、限界利益と固定費が見合うところが損益分岐点となる。

表8 スギ人工林素材生産の経費と分析(100年生 造林・保育経費を合算した場合)

100年生 地位指数20 作業日数 14日
 1ha当たりの素材搬出量 557m³/ha 作業員数 4人
 生産性を概ね 10m³/人日とした場合 延べ人工数 56人日
 単位: ha当は千円, 当は円, 人日当は円

項目	100年生(地位指数20)			左の損益分岐点			摘要
	9.95m ³ /人日			10.03m ³ /人日			
区分	1ha当り	1m ³ 当り	1人日当り	1ha当り	1m ³ 当り	1人日当り	
1売上高	10,928	19,610	195,143	11,020	19,610	196,786	
(1)素材	8,246	14,797	147,246	8,315	14,797	148,482	←木材販売額の90%
(2)チップ等	916	1,644	16,361	924	1,644	16,500	←木材販売額の10%
(3)補助金	1,766	3,169	31,536	1,781	3,169	31,804	←造林補助金
2変動費	3,920	7,034	70,000	3,954	7,034	70,607	
(1)燃料その他	1,672	3,000	29,857	1,686	3,000	30,107	
(2)運賃	1,114	1,999	19,893	1,124	1,999	20,071	
(3)市場手数料	1,134	2,035	20,250	1,144	2,035	20,429	
3限界利益	7,008	12,576	125,143	7,066	12,576	126,179	1m ³ 当り正味限界利益 10,781円/m ³
4固定費	6,058	10,872	108,178	6,058	10,781	108,178	1人1日当り固定費 108,178円/人日
(1)人件費	1,120	2,010	20,000	1,120	1,993	20,000	1人1日当り固定費
(2)減価償却費	1,250	2,243	22,321	1,250	2,225	22,321	29,000円/人日
(3)消耗品その他	600	1,077	10,714	600	1,068	10,714	
(4)造林・保育費	3,088	5,542	55,143	3,088	5,495	55,143	←造林育林経費 損益分岐生産量
5営業利益	950	1,704	16,965	1,008	1,795	18,001	561.914m ³ /ha (40.1m ³ /日)
6営業外損益	▲1,000	▲1,795	▲17,857	▲1,008	▲1,795	▲18,001	←注2
7経常利益	▲50	▲91	▲892	0	0	0	

素材生産費単価(造林・保育費除く) 6,890 千円/ha 12,364 円/m³

素材販売額 9,162 千円/ha 16,441 円/m³

注1) 現在の事例を参考に経費を設定したものである。

注2) 営業外損益には管理経費494千円(3,088千円×16%)を含み、支払利息等を合わせて年1万円とした。

表9 スギ人工林素材生産の経費と分析(100年生 主伐生産経費のみの場合)

100年生 地位指数20 作業日数 14日
 1ha当たりの素材搬出量 557m³/ha 作業員数 4人
 生産性を概ね 10m³/人日とした場合 延べ人工数 56人日
 単位: ha当は千円, 当は円, 人日当は円

項目	100年生(地位指数20)			左の損益分岐点			摘要
	9.95m ³ /人日			6.97m ³ /人日			
区分	1ha当り	1m ³ 当り	1人日当り	1ha当り	1m ³ 当り	1人日当り	
1売上高	9,162	16,441	163,607	6,414	16,441	114,535	
(1)素材	8,246	14,797	147,246	5,773	14,797	103,089	←木材販売額の90%
(2)チップ等	916	1,644	16,361	641	1,644	11,446	←木材販売額の10%
(3)補助金	0	0	0	0	0	0	←造林補助金
2変動費	3,920	7,034	70,000	2,747	7,034	49,053	
(1)燃料その他	1,672	3,000	29,857	1,171	3,000	20,911	
(2)運賃	1,114	1,999	19,893	781	1,999	13,946	
(3)市場手数料	1,134	2,035	20,250	795	2,035	14,196	
3限界利益	5,242	9,407	93,607	3,667	9,407	65,482	1m ³ 当り正味限界利益 7,612円/m ³
4固定費	2,970	5,330	53,035	2,970	7,612	53,035	1人1日当り固定費 53,035円/人日
(1)人件費	1,120	2,010	20,000	1,120	2,871	20,000	1人1日当り固定費
(2)減価償却費	1,250	2,243	22,321	1,250	3,204	22,321	29,000円/人日
(3)消耗品その他	600	1,077	10,714	600	1,537	10,714	
(4)造林・保育費	0	0	0	0	0	0	←造林育林経費 損益分岐生産量
5営業利益	2,272	4,077	40,572	697	1,795	12,447	390.173m ³ /ha (27.9m ³ /日)
6営業外損益	▲1,000	▲1,795	▲17,857	▲697	▲1,795	▲12,447	←注2
7経常利益	1,272	2,282	22,715	0	0	0	

素材生産費単価(造林・保育費除く) 6,890 千円/ha 12,364 円/m³

素材販売額 9,162 千円/ha 16,441 円/m³

注1) 現在の事例を参考に経費を設定したものである。

注2) 営業外損益には管理経費494千円(3,088千円×16%)を含み、支払利息等を合わせて年1万円とした。

(6)シミュレーションの結果

今回の試算および分析手法は、本来は製造業等における生産性と生産規模を診断する手法である。その考え方により、損益分岐点の生産量を立木成立本数で除した1本当たりの素材材積を判断指標とした。地位指数ごとに1本当たりの素材材積が損益分岐点に達する林齢以上となれば、利益が発生するというものである（これは事業規模を1haとして採算が合うとしたことと同じである）。

この結果、表10、図29のとおり、地位指数22~26といった中の上クラスを100年の伐期に設定していくことが適当のようである。逆に、地位指数16以下、すなわち40年生で上層木の樹高16m以下の森林では100年生までの長伐期化では経済的に困難となる可能性が高いことから、さらに長期とすべきだろう。

表10 変動損益計算による経費分析結果

スギ人工林素材生産の経費の分析結果-1ha当たり(地位指数20) 変動損益計算による

林齢	成立本数	素材材積	立木1本当りの素材材積	生産性	生産経費	販売額
40年生	746.0本/ha	314m ³ /ha	0.421m ³ /本	10.1m ³ /人日	4,579千円/ha	3,577千円/ha
60年生	396.0本/ha	383m ³ /ha	0.967m ³ /本	10.1m ³ /人日	5,230千円/ha	5,105千円/ha
80年生	271.0本/ha	477m ³ /ha	1.760m ³ /本	9.9m ³ /人日	6,122千円/ha	7,135千円/ha
100年生	207.0本/ha	557m ³ /ha	2.692m ³ /本	10.0m ³ /人日	6,890千円/ha	9,162千円/ha

試算結果1 (造林・保育費を含む)

林齢	成立本数	素材材積	立木1本当りの素材材積	生産性	損益分岐点の1本当たりの立木材積を満足する地位指数
40年生	746.0本/ha	616m ³ /ha	0.826m ³ /本	19.9m ³ /人日	地位指数28
60年生	396.0本/ha	598m ³ /ha	1.510m ³ /本	15.7m ³ /人日	地位指数24
80年生	271.0本/ha	587m ³ /ha	2.168m ³ /本	12.2m ³ /人日	地位指数22
100年生	207.0本/ha	562m ³ /ha	2.715m ³ /本	10.0m ³ /人日	地位指数22

試算結果2 (造林・保育費を含まない)

林齢	成立本数	素材材積	立木1本当りの素材材積	生産性	損益分岐点の1本当たりの立木材積を満足する地位指数
40年生	746.0本/ha	726m ³ /ha	0.974m ³ /本	23.4m ³ /人日	-
60年生	396.0本/ha	530m ³ /ha	1.339m ³ /本	14.0m ³ /人日	地位指数24
80年生	271.0本/ha	443m ³ /ha	1.636m ³ /本	9.2m ³ /人日	地位指数20
100年生	207.0本/ha	390m ³ /ha	1.885m ³ /本	7.0m ³ /人日	地位指数18

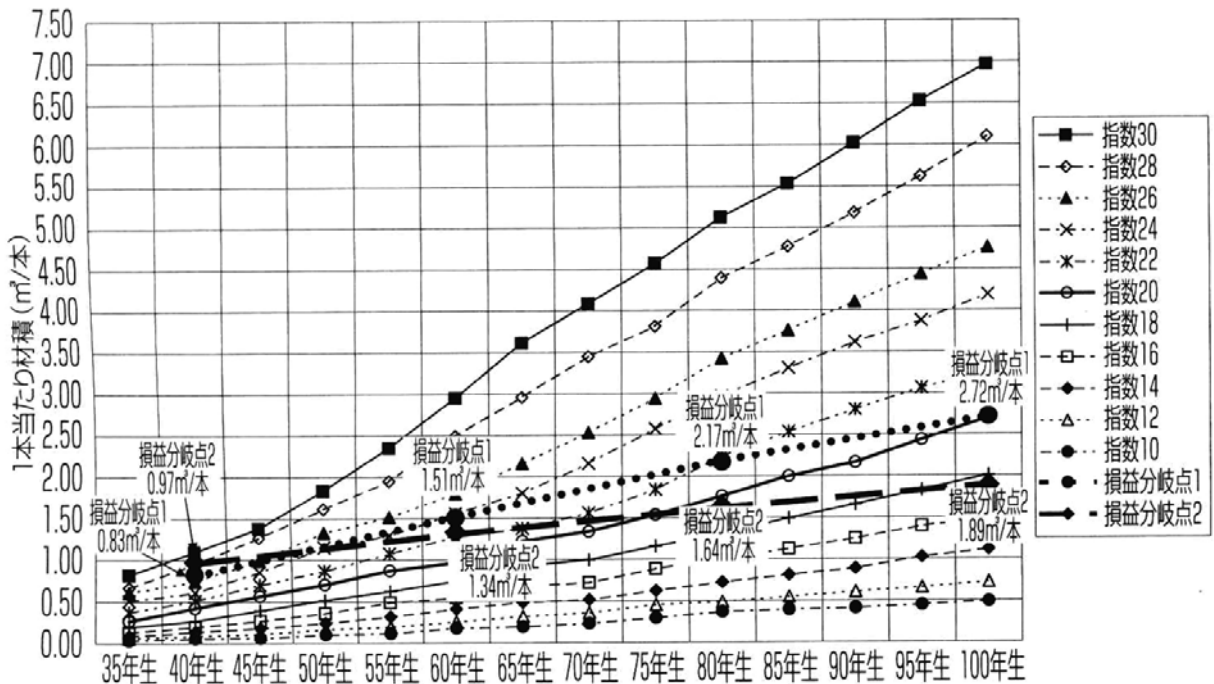


図29 立木1本あたりの素材材積と損益分岐点

このように長伐期にわたる施業方針を決める際には、地位指数を用いて40年生時の樹高から将来の収支見込みを判断することが有効となる。なお、樹高成長が良い場合は台風等の災害リスクも懸念されるので注意が必要である。

また、実際の素材生産事業の収支は生産性に支配され、40年生では20 m³/人日以上生産性が必要だが、60年生の約15 m³/人日は今の生産システムでも何とか採算が合うところであろうと思われる。現在の長伐期化は経営的に生産性の低さを補うために行われる面が強いが、資源が充実していく過程において、高い生産性を有することは、早期に伐採（収穫）が可能となるばかりか、長伐期でも採算性が高くなり、メリットが大きくなる。

さいごに

冒頭に述べたように、現在では化粧性の高い製材品は敬遠され、長尺、大断面の構造材は集成材化するなど、大径材から木取りされる製品の多くが需要先を失うようになっている。このような需要構造は、木材規格や木材販売等の価値観の項目に樹齢や耐久性という観点が重要視されていない木造住宅の現状を反映しているようである。このため、大径材価格が低迷し、長伐期経営のリスクも懸念されている。

徳島すぎ長伐期検討会では、材積調査、細胞観察、成分抽出等によって伐採齢等の検討を進めてきた。その検討からは長伐期材の優れた耐久性や材質等が明らかとなり、資源・経営シミュレーションでは、今後20年で大径材が急増し、適切な施業方針によっては経営的にも成り立つことがわかった。

現在、本県で推進している「林業再生プロジェクト」は林業の生産性を高め、将来にわたる健全な林業経営を実現するものである。それとあわせて、長伐期材の優位性をアピールポイントに販売戦略を進めていくことが、林業経営を次世代につなげていくこととなると考えている。

(主に1、2、5～8は網田、3、4、9～10は市瀬が執筆した)

引用文献

- (1) 網田克明 (2003)、「語りかける徳島すぎー地域林業の歴史的考察」、文化遺産を未来につなぐ森づくりの為の有識者会議会報
- (2) 「徳島県森林資源表」(H17・3・31現在)
- (3) 三好悠・野淵正 (2004)、「徳島県木頭地方における100年生スギの成長と材質」第115回日本林学会大会
- (4) (財)とくしま産業振興機構 (2003)、「徳島すぎの実態特性とその利用システムの可能性試験」地域研究開発促進拠点支援(RSP)事業可能性試験成果報告
- (5) 辻 直樹、梅山明美、吉川和子、在原重信、網田克明 (2005)、「スギ心材成分含有量の樹幹内での比較ーその1 徳島県産樹齢130年スギについて」、第55回日本木材学会大会
- (6) 在原重信、梅山明美、板東真也、吉川和子、網田克明、橋本茂ほか (2004)、「スギ黒心材の殺蟻成分」、木材学会誌 vol150、No. 6
- (7) 「木材の構造」文永堂 (1985)
- (8) 「木材の化学」文永堂 (1985)
- (9) 宇水泰三郎 (2001)、「スギ人工林の長伐期施業について」、林業とくしま 256号

長伐期林を解き明かす

2006年3月10日 初版発行

編者 ————— (社) 全国林業改良普及協会
発行者 ————— 高澤 修
発行所 ————— (社) 全国林業改良普及協会
〒107-0052 東京都港区赤坂 1-9-13 三会堂ビル 7階
電話 03-3583-8461
FAX 03-3583-8465
HP <http://www.ringyou.or.jp/>
振替 00180-7-83178
装幀 ————— 野沢清子 (S & P)
印刷・製本 ——— (株) 技秀堂

本書に掲載されている本文、図、表の無断転載・引用・複写を禁じます。
定価はカバーに表示してあります。

©zenrinkyou 2006, Printed in Japan

ISBN4-88138-168-7