

持続可能な森林経営研究会
第2回セミナー
2008年10月21日
議事概要

「長伐期林は伐期をのぼすだけで作りうるのか」

この議事概要は、事務局でとりまとめたものであり、発言によっては、趣旨を取り違えていることもありえますので御容赦下さい。

1. 講演

1-1. 要旨

「長伐期林は伐期をのぼすだけで作りうるのか」

森林総合研究所

千葉幸弘

長伐期林を考えると、それにまつわる様々な疑問にぶつかります。例えば、施業計画を変更して伐期を単に延長するだけで長伐期林になるのか、長伐期林にする利点とは何か、長伐期林の弱点は何か、そもそも長伐期林と短伐期林の構造や成長に違いはあるのか、長伐期林を目指す理由は何か、長伐期林にメリットがあるとしたら誰がそのメリットを享受できるのか。また伐期を延長すれば、どんな施業履歴の森林にも再生の可能性はあり得るのか。

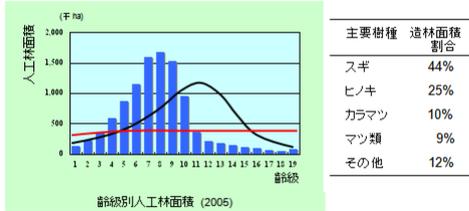
長伐期林にまつわる問題を考えるためには、森林資源整備の長期計画に照らして、今後目標とする森林の有り様・将来像における長伐期林の具体的なイメージが必要です。主林木の樹齢が高いという意味では、複層林も混交林も天然林も長伐期林と同様であり、そもそも伐期の概念自体が必ずしも明瞭ではありません。そうした点にも触れながら、短伐期林を長伐期林に誘導・管理する上での技術的諸問題について、最近の研究成果や関連情報を紹介しながら考えたいと思います。

主な内容としては、高齢林に適用可能な成長予測、林木の形質（形状比や年輪幅）の評価と予測、林冠再開鎖の所要期間、間伐管理の考え方、樹形の変化と気象害リスクなどです。こうした技術的課題を解く上でもっとも厄介な問題は、短伐期一斉林を長伐期林・複層林・混交林等に転換することによって森林の構造が複雑になるということです。つまり、森林の見極め方も取り扱い方法も単純ではあり得ません。長期間にわたる複雑な要因が関与する森林の施業・経営には、客観的かつ科学的な根拠に基づいた予測手法が必要と考えます。

1-2. 講演

長伐期林は伐期をのばすだけで作れるか

千葉幸弘 (森林総合研究所)



日本の森林の将来像は…?

・7～10 齢級にモードがある現在の人工林の齢級配置（左図）が、将来的にどのような分布形にするのが望ましいのか、現在の森林資源計画からは見えない。かなりの人工林を高齢林へと誘導することになるかどうか。その見通しによって、人工林施業の実行態勢を考えていく必要がある。齢級配置を含めた長期的見通しが必要に思われる。

森林整備の長期計画



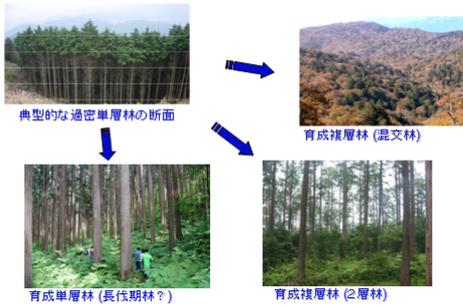
・林野庁が掲げる長期計画では、結果的に、育成複層林も育成単層林も長伐期林にせざるを得ないのではないかと懸念される。ただし、この長期計画は国レベルの希望的な資源計画なので、個々の林家に期待される長伐期化の問題とは切り分けて考えるべきなのかもしれない。

話題の概要

1. 目標とする森林のイメージ
2. 林分成長モデルの現状
林分成長、樹幹形、林内光環境
3. 林冠の再開鎖速度
4. 高齢林の成長ポテンシャル
5. 気象害に対する抵抗力
6. 林分密度管理図の限界
7. 高齢林への移行に際して

1. 森林イメージが無い
→イメージできたとして、どうしたらその形に持っていけるか。
→2. 予測モデルが必要だろう。
3. 林冠の再開鎖速度…施業のメインは間伐である。間伐後どのくらいで林冠は閉鎖するのか、知っておく必要がある。
4. 高齢林の成長ポテンシャル…施業の見通しを立てる前に知っておく必要がある。
6. 林分密度管理図は、高齢林、長伐期林に使えるのか。

目標とする(望ましい?)森林とは



- 典型的な過密単層林…閉鎖しており、樹冠は短く、幹の形状比も高く、林内は暗くなっている。
- 理想とする森林のイメージによって施業形態が異なる。どういう形態であれば自分の山に適用できるのかを知る必要がある。だから、目標とする森林のイメージを持つことが重要なのである。

複雑化する構造・成長への対応



- 複層林等では、施業が複雑になるため、一斉林で得られるメリットが減り、間伐に関する悩み・戸惑いが避けられない。
- そもそも「伐期」の概念は意識する必要があるのか。林家の人がそれをどのくらい考えているのか。伝統がある大規模林家であれば、伐期を想定しているかもしれないが、大多数の中小林家で伐期を意識しているかどうか、疑わしい。

森林経営のためには、効果的で、信頼できる Modeling approach が必要

将来予測

どんな施業をしたら、どんな森林に誘導できるのか
どんな施業をしたら、どんな木材が生産できるのか
どんな施業をしたら、どれだけ儲かるのか

森の診断書/処方箋

貴方の山はこんな山です……
こんな施業が考えられます……
体質改善が必要です……

- 森林経営者としては森林の健康診断のようなものを求めているのではないか。これは県や研究者の役割と考える。今では、施業に深い知識を持ち合わせていない林家もいるからなおさらである。
- 森の診断書/処方箋として、林家に山の状態を知らせ、今後の施業をアドバイスする、あるいは体質改善案を提示する…そんな処方箋があってもよい。

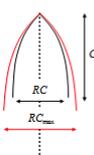
人工育林のシミュレーション(個体サイズ)

モデル化の考え方

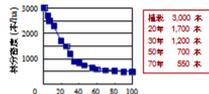
樹冠は、林分の混み具合に対する“センサー”

樹冠幅は林分密度によって変化する。

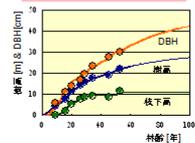
間伐材分では、樹冠幅と樹冠長には密接な関係あり。



典型的な間伐パターン



個体サイズのシミュレーション



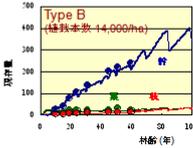
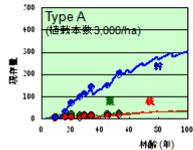
- 枝葉は森林の混み具合を示す役割を持つのに、従来は幹の直径と樹高くらいしか入力しないモデルが多かった。枝葉の情報を組み込まないのは問題と考え、それを含むモデルを作成したところ、あてはまりの良いモデルができた。(スライド右下のグラフ)

人工林のシミュレーション (現存量)

各器官重量は個体サイズから推定
典型的な間伐施業を想定した
バイオマス成長のシミュレーション

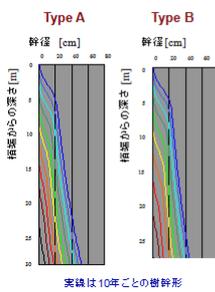
計算に用いた間伐パターン	
Type A	Type B
植栽	3,000 14,000
20 yr	1,700 3,500
30 yr	1,200 2,000
40 yr	850 1,500
50 yr	750 1,000
60 yr	590 900

(本/ha)



- Type B は、高密度植栽、強度間伐の施業形態である。吉野杉などが実際に行っている。Type A は国有林等の一般的な施業体系。
- Type A,B ともに実測値とよく合っていたので、この林分成長モデルでシミュレーションが可能であろうと考えられる。

人工林のシミュレーション (樹幹形)



樹冠構造に基づいた樹幹形モデル
林分密度 (間伐効果) を反映した
幹の形状や年輪幅の予測が可能

計算に用いた間伐パターン	
Type A	Type B
植栽	3,000 14,000
20 yr	1,700 3,500
30 yr	1,200 2,000
40 yr	850 1,500
50 yr	750 1,000
60 yr	590 900

(本/ha)

同様に Type A および B を想定した樹幹形のシミュレーションも行った。植栽密度、間伐パターンによって、樹幹形・年輪幅が異なってくる様子を予測できる。

林内光環境のシミュレーション

70年生ヒノキ林に生じたギャップ

人工林の体質改善には、様々な間伐・伐採が想定される
パソコン内に創る“ヴァーチャル森林”
3次元構造を変換して、全天空写真を編いて、開空度を計算する。

開空度 13%

Model tree

開空度 14%

開空度 20%

複層林化や広葉樹林化では林内光環境の予測が必要である。全天空写真による開空度を光環境の指標とするのが一般的である。

- 左上写真は、立ち枯れによって生じた実際の写真である。
- スライド下は、コンピュータ内に林木を配置させて、全天空写真と同様の座標変換により描画したシミュレーション画像である。立枯れ木を残したり、伐ったりした場合等の様々な開空度を推定できる。

林内光環境のシミュレーション (例: 列状間伐)

“ヴァーチャル森林”設定
間伐パターンの想定
全天空写真のような“Hemi-Forest”に変換

↓

施業実行に先立って
様々な間伐等を
試行錯誤できる

立木間隔 4m; 樹高 20m; 林下高 13m
(林分面積 100m x 100m)

無間伐: 13%

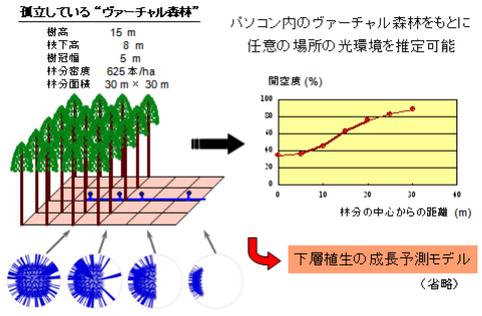
1列 (4m): 23%

3列 (12m): 40%

5列 (20m): 52%

- この方法であれば、列状間伐で列幅を変えた場合の林内光環境を自由に計算・評価することが可能である。

孤立林分の周辺の光環境



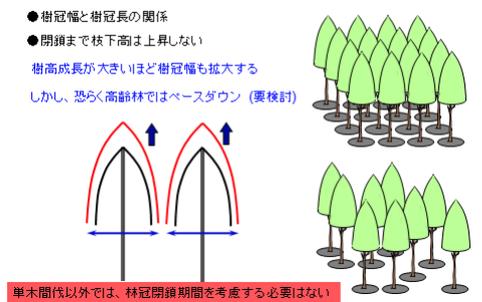
- ・ 孤立した林分を想定して、林内から林外に向かって変化する地表近くの光環境を評価することもできる。
- ・ 長期育成循環施業などでは、植栽木の育成を図ることが求められるので、こうした光環境の評価が必要であろう。

皆伐後の隣接林分とその周囲



実際、こうした写真のような林地が存在するわけで、こうした場所の林床植物の再生過程や植栽下木の生育を予測する事などが求められるであろう。

林冠が再閉鎖するまでの所要期間



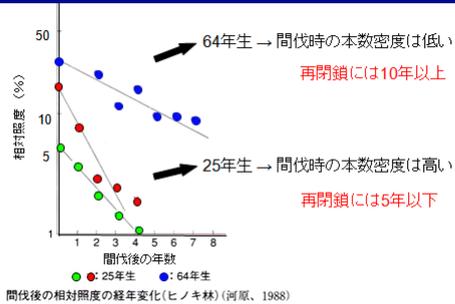
- ・ どのような施業であるにせよ、林冠・樹冠の管理という視点は不可欠である。
- ・ 林冠が再閉鎖するまでの所要期間は、今まで計算された例がない。しかし、これが分からないと間伐計画を立てられないから、知っておくべき情報である。
- ・ 間伐前後の樹冠の変化をもとに、林冠が再閉鎖するための所要時間を計算できる。

早見表 (試算)	当初本数 本/ha	再閉鎖に要する年数						
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
年間樹高成長 30 cm の場合	4000	1	2	3	5	7	11	16
	3800	1	2	3	5	8	11	17
	3600	1	2	4	5	8	12	18
	3400	1	2	4	6	8	12	18
	3200	1	2	4	6	9	13	19
	3000	1	2	4	6	9	13	20
	2800	1	2	4	6	10	14	21
	2600	1	3	4	7	10	15	22
	2400	1	3	5	7	11	16	24
	2200	1	3	5	8	11	17	26
	2000	1	3	5	8	12	18	28
	1800	2	3	6	9	13	19	30
	1600	2	4	6	10	14	21	33
	1400	2	4	7	11	16	24	37
	1200	2	4	8	12	18	27	42
	1000	2	5	9	14	21	31	50
	800	3	6	10	16	25	38	62
	600	3	8	13	21	32	50	83
	400	5	11	19	31	48	76	131
	200	9	22	39	65	106	177	328
	100	21	51	95	164	291	511	1,060

■は、理論上再閉鎖し得ないケースを指す

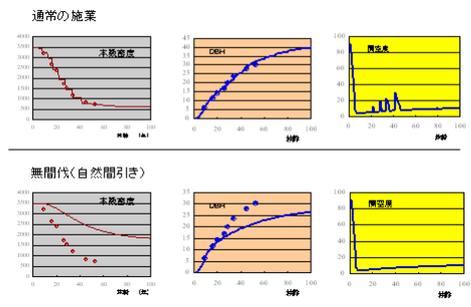
- ・ 樹高成長量が大きいほど、再閉鎖に要する年数は短くなる。再閉鎖年数を計算するには、樹高成長量の情報が必要である。
- ・ 間伐強度から閉鎖にかかる年数を読み取る、という表の用い方ができるが、逆に、施業回数を減らしたい時に1回の間伐強度をどうしたらよいかを読み取る(再閉鎖までにかけたい年数から間伐める)、という使い方も可能である。

間伐後の林内照度の変化 (再閉鎖の類推)



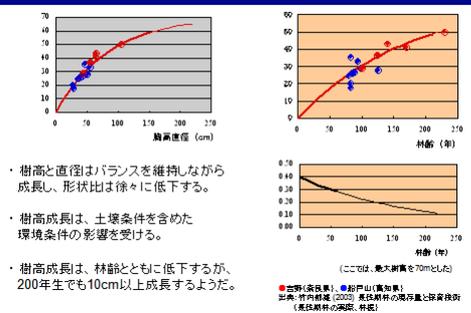
間伐後の相対照度の変化から林冠閉鎖を類推できる。64年生ヒノキ林では10年以上を要し、25年生では数年で閉鎖していた。上述の表と比較するためには、間伐率や間伐前の立木密度の情報が必要だが、間伐後の林冠再閉鎖年数はほぼ、同じような年数になっているようである。

間伐後の成長、林冠閉鎖、光環境 (試算)



以上述べたように、人工林のモデルから、林分構造、生産量、林内光環境等を予測できるようになってきている。

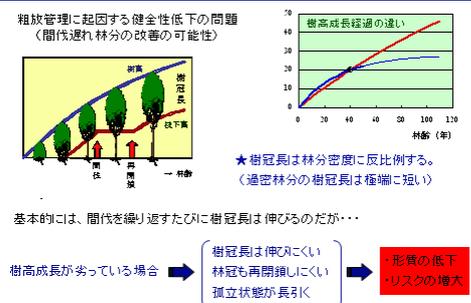
スギ高齢林の成長能力



長伐期林を考えるためには、そもそも高齢林の成長能力がどの程度なのか、知っておく必要がある。

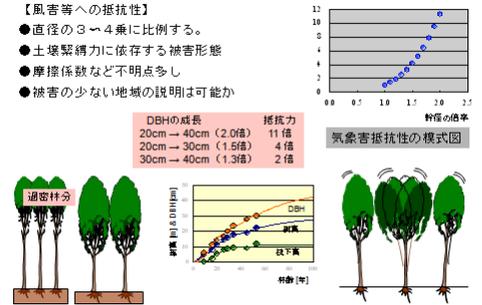
- ・ 右上のグラフは林齢と樹高の関係。立地条件によって樹高はばらつくが、林齢ごとの樹高成長量が分かる(右下図)。
- ・ 林齢とともに樹高成長は低下するが、200年生でも年10cm以上は伸びることがわかる。

施業判断基準としての成長ポテンシャル



- ・ 間伐によって下枝が枯れ上がらなくなる。その後林冠が再閉鎖すると、また枯れ上がりが始まる。
- ・ 右上のグラフ：土地条件の良し悪しで、成長の余力が違う。間伐効果も異なる。
- ・ 樹冠長がどのくらい伸びる余裕があるか、が長伐期化できるかの指標になる。える。森林の持っている成長のポテンシャルを把握することが重要である。

気象リスクの考え方



- 直径が太いほど風害への抵抗性は急増するので直径成長を促進させるのが有利。
- しかし、そのためには間伐等により、林冠が疎開されることになる。結果、林内を吹き抜ける風が強くなる。
- 木の太りにより物理的抵抗力は増すとしても、風の通り道等を考えると、どちらの効果も大きいかわからない。

高齢林の林冠の状態



- 広葉樹の二次林 (写真左上) …閉鎖している。
- 40年生スギ林 (写真右下) …1本1本が小さい。林冠は閉鎖している。
- 90年生ヒノキ林 (写真中央) …林縁部を除くと、林冠はほとんど閉鎖していない。これが一般的な高齢林の林冠の様子であろう。

林分密度管理図の適用除外

【林分密度管理図 (数学モデル) の守備範囲外】
林冠が閉鎖状態に到達し得ない林分には適用できない。

- 最終収量一定則の成立が大前提である。

$$Y(t) = w(t) \rho = \text{一定}$$
 ただしY(t)最終収量、w平均個体重、 ρ 個体密度である。

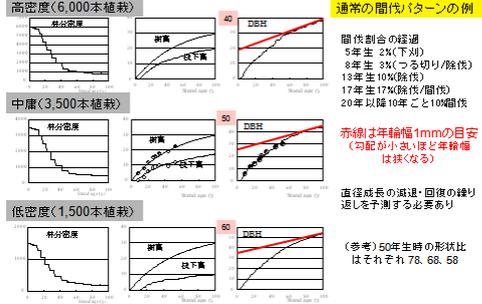
林分密度にムラがある場合 (生物系が均質でない)、成長経過・自己間引き過程を表現するのは困難

まして、列状間伐や群状間伐は論外 (そもそも林分密度の概念が通用しない)

密度理論の基本要件を再確認

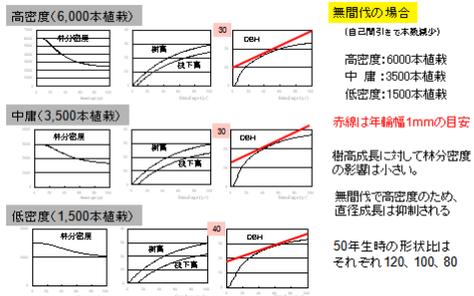
広く普及している林分密度管理図 (あるいは密度理論) は、林冠が閉鎖する状態を前提としているので、林冠閉鎖しないような高齢林や長伐期林に、林分密度管理図は、理論上使えないという問題がある。それに替わる何らかの指標・理論が求められる。

間伐繰り返し判断材料



- 短伐期林を想定してきた人工林を、これから長伐期林に転換しようとするとき、さまざまな課題が考えられる。
- 保育遅れの問題が重要。間伐を手抜きすると直径成長が著しく低下する。
- 右側のグラフの直線は、年輪幅 1mm になるときの基準値である。年輪幅が 1mm になると、その後成長が期待できず、林分としても不健康と言えるであろう。

長伐期転換の判断に向けて

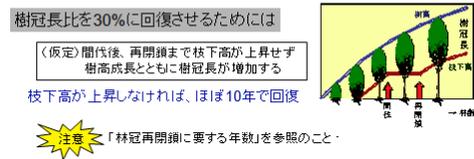


無手入れ状態の林分では、かなり早期に直径成長が低下する。しかも樹冠長も極端に短くなる。シミュレーションで確認できる。

無手入れ林分を長伐期林に誘導できるか??

3,000本植栽で放置した場合、40年生時点では...

樹高 20m
 枝下高 15m } 樹冠長 5m → 樹冠長比 25%
 DBH 20cm
 樹高成長速度 = (ほぼ 25cm/年)



3000本植栽で、以後、無間伐林分の40年生時点の状態を、スライドに示した。おそらく樹冠長比は25%程度であろう。これを30%までに回復させるには、10年かかる。

無間伐林40年生	当立本数 本/ha	再開伐に要する年数						
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
2,200本/ha 形状比100 DBH 20cm	4000	1	2	3	5	7	11	16
	3800	1	2	3	5	8	11	17
	3600	1	2	4	5	8	12	18
	3400	1	2	4	6	8	12	18
	3200	1	2	4	6	9	13	19
樹冠長比30%に 回復させるには 間伐後10年を要す	3000	1	2	4	6	9	13	20
	2800	1	2	4	6	10	14	21
	2600	1	3	4	7	10	15	22
	2400	1	3	5	7	11	16	24
	2200	1	3	5	8	11	17	26
省力を狙って 強度間伐は論外	2000	1	3	5	8	12	18	28
	1800	2	3	6	9	13	19	30
	1600	2	4	6	10	14	21	33
	1400	2	4	7	11	16	24	37
	1200	2	4	8	12	18	27	42
	1000	2	5	9	14	21	31	50
	800	3	6	10	16	25	38	62
	600	3	9	13	21	32	50	83
	400	5	11	19	31	46	76	131
	200	9	22	39	65	106	177	333
100	21	51	95	164	291	511	1,089	

こうした状態の林分の樹冠長比を回復させるのに、一回だけの強度間伐で済ませることは無理。弱度間伐を繰り返すほかない。

高齢林への移行に際して

長伐期林の適正管理法

- 間伐履歴による施業判断
- 気象害等リスクの回避
- 長伐期林の適地判定

- 林分構造 (密度、直径、樹高 etc)
- 土地条件 (傾斜、土壌肥力 etc)
- 成長ポテンシャル (地位、精節 etc)

長伐期林導入の是非

- 長伐期林の収益性
- 森林の健全性
- 森林整備の見直し

- 誰のための長伐期林か
- 安心して森林管理するためには施業モデルと経営モデルが必要
- 不確実性の認識 リスク、収益、担い手...

- しかし手入れ不足の林分で弱度間伐を繰り返す余裕は一般林家にはあるはずがない。
- 基本的にはこうした保育不十分な林分は、容易に樹冠を回復させることは困難であり、長伐期林に誘導するのは望めないであろう。

長伐期林は伐期をのばすだけで作れるか

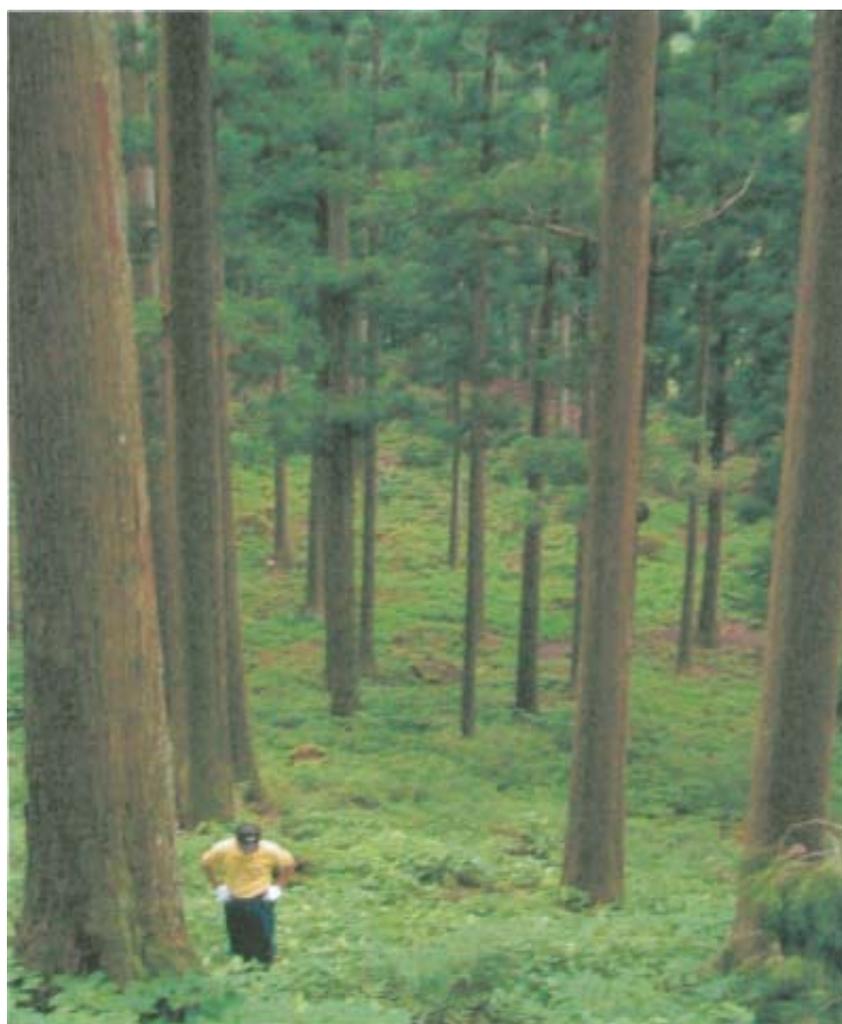
1. 目標とする森林のイメージ	伐期延長で長伐期林に？
2. 林分成長モデルの現状	長伐期林にする利点は？
3. 林冠の再開鎖速度	長伐期林の弱点は？
4. 高齢林の成長ポテンシャル	どんな施業履歴の森林にも再生の可能性はある？
5. 気象害に対する抵抗力	長伐期林の管理法は？
6. 林分密度管理図の限界	長伐期林を目指す理由は？
7. 高齢林への移行に際して	長伐期林は誰のため？

2. レポート

2-1. 配布資料

私の考える吉野林業における 高伐期施業に関するレポート (現状と展望について)

清光林業株式会社
代表取締役 岡橋清元



—はじめに—

私は吉野林業地帯で代々山林を経営しています。

吉野林業の歴史は古く、植林においては文亀年間で400年以上の歴史があり、施業基準はha当たり8,000～12,000本の極端な密植と弱度の間伐の数多くの繰り返しによる高伐期をとる施業であります。杉に関しては、主として酒樽、樽丸の生産を目的として年輪巾がせまく(1cmで8年輪以上)、かつ均一な材を尊重したため、この密植と弱度の間伐による高伐期施業を生んだものと考えられます。又これらは、建築用材としても通直完満、無節、しかもその優れた技術(山守制度・山林労務者の施業技術)と、立地条件があいまって良材として吉野材が生まれ、市場で珍重されてきました。

しかしながら近年、優良材生産地として成果をあげてきた吉野林業は、長期に亘る木材価格の低速、建築様式の変化、山林労働者の高齢化、林業の担い手不足、住宅品質確保の促進法の施行等、経営環境が大きく変化する中で、森林施業の遅れや木材産業の不振等、吉野林業自体が存亡の危機に直面する状況に至っています。

私は、1979年より大橋慶三郎氏に師事し、氏の指導のもと作業道づくりを中心に山林経営を行ってきました。

今回、吉野林業の高伐期施業の現状と展望についてのレポートですが、あくまで私の長年の経験をもとにした私見であり、山林経営の一つの参考として読んでいただければ幸いです。

第1章

吉野林業の現状について

森林は、木材や特用林産物を生産するだけでなく、国土保全や水資源の涵養、レクリエーションの提供等、多様な機能を持ち、国産材の供給を柱に安全な国土と豊かな暮らしの形成に大きく貢献してきました。

このような森林の多様な機能は、特に人工林においては、保育や間伐などの施業を適切に実施することにより高度に発揮され、林業経営はそうした活動を通じて、健全で活力のある森林の整備を担ってきました。

吉野林業も御多分に漏れず、わが国に於ける最も優秀な林業地の一つとして、木材の安定供給や公益的機能の発揮に寄与してきました。

しかしながら、全国的に長期に亘る木材価格の低迷を大きく受け、経営コストの上昇による林業経営の採算性の悪化は、森林所有者の経営意欲を著しく低下させ、保育や間伐、木材・特用林産物の生産等林業生産活動の停滞を招き、木材の安定供給だけでなく、公益的機能の発揮にも大きな支障を与えていると考えます。

図-1-(1) 吉野杉価格の推移(著作原図2008)
(平均値)

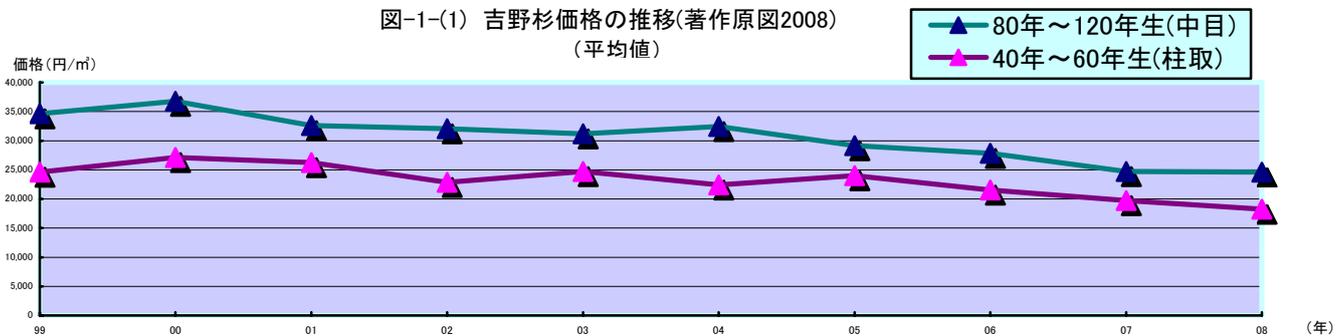


図-1-(1) 吉野杉価格の推移(著作原図2008)
(平均値)

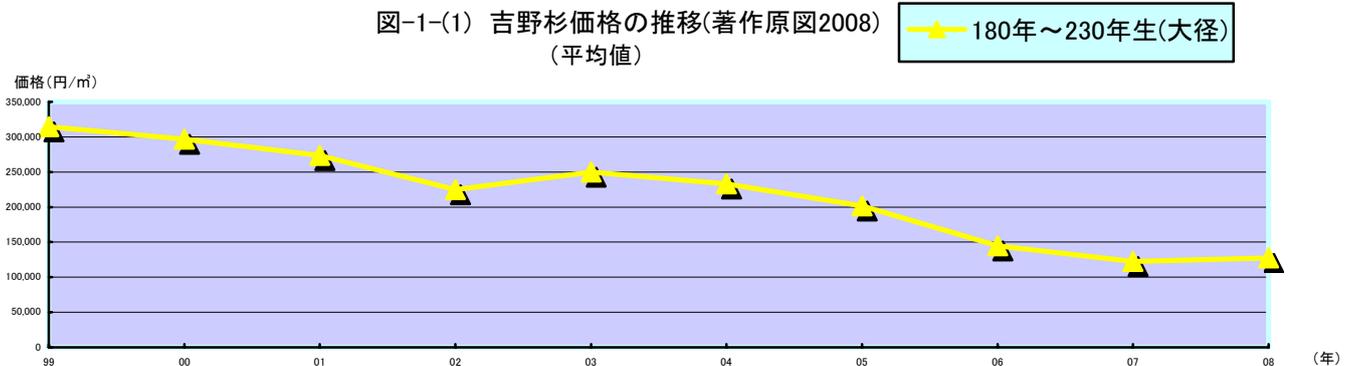


図-1-(2) 吉野檜価格の推移(著作原図2008)

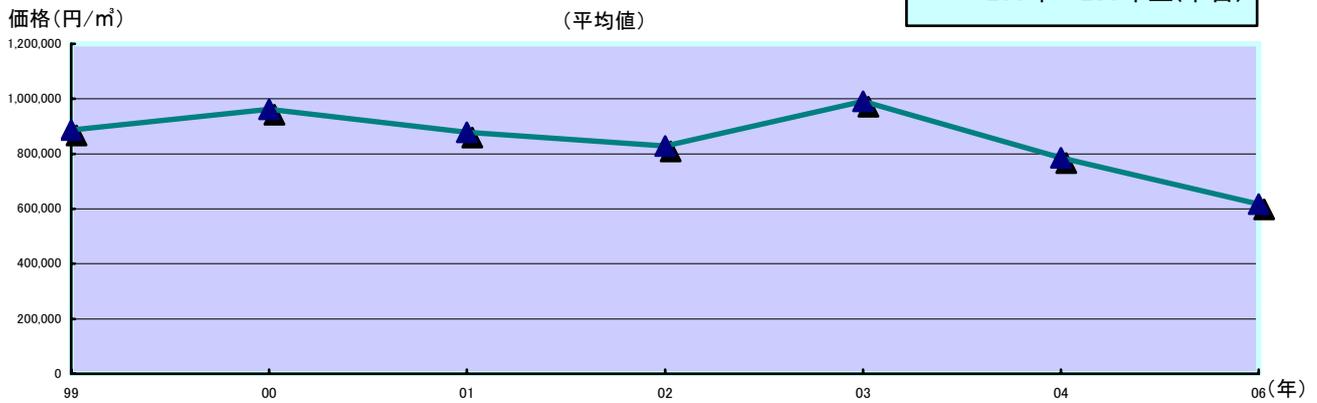


図-1-(2) 吉野檜価格の推移(著作原図2008)

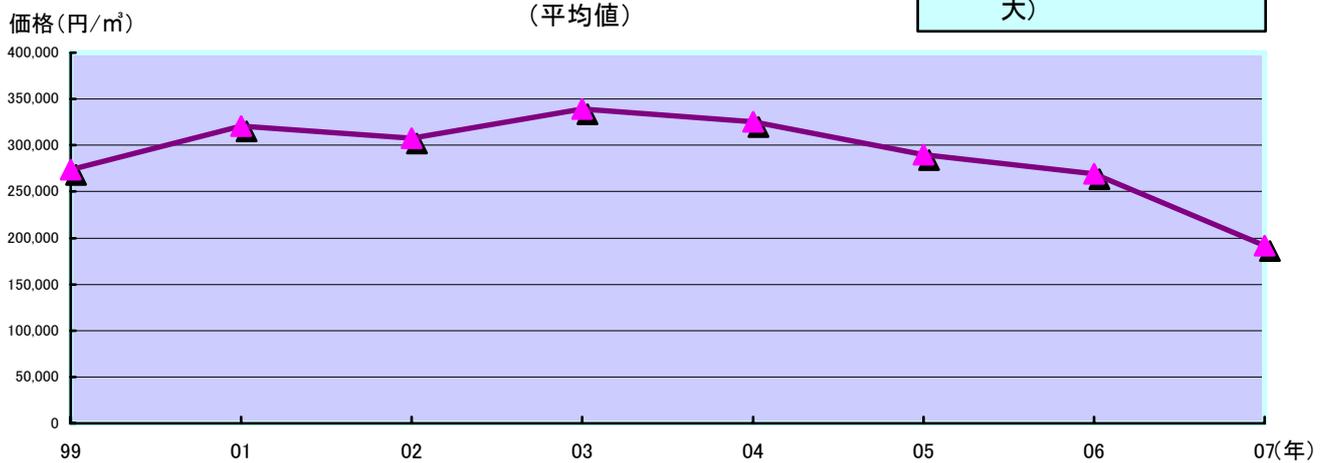
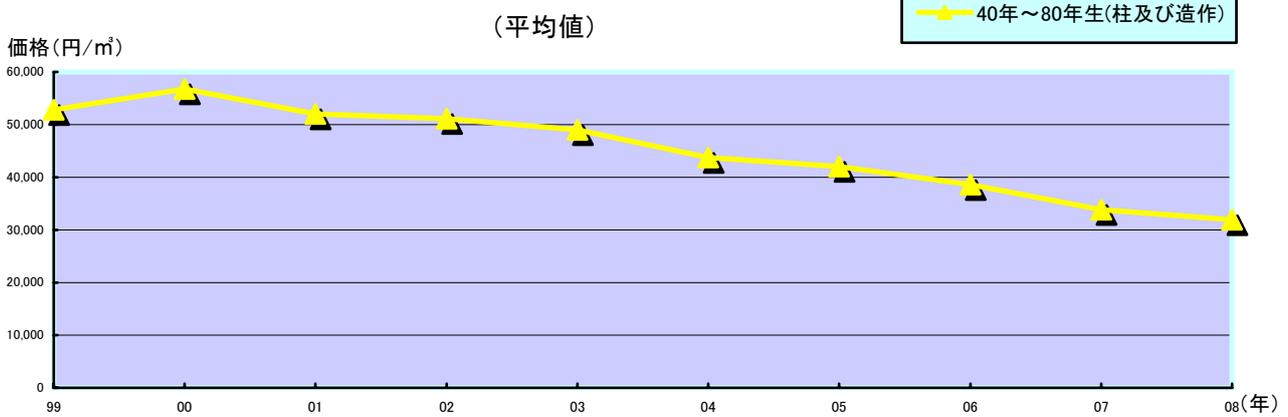


図-1-(2) 吉野檜価格の推移(著作原図2008)



2008年9月現在

ご覧いただいた図-1-(1)及び(2)は、過去 10 年間の吉野杉と檜の立方単価の価格推移のグラフであります。

グラフには記していませんが、1998 年 9 月に近畿地方を直撃した台風 7 号は数多くの風倒木を発生させる原因となり、杉檜とも、立方単価が前年比 30～55%も下落するという未曾有の災害となりました。

今回は台風以降の 10 年間の価格推移となっておりますが、杉 40～60 年生(柱取)・80～120 年生(中目)、檜 40～80 年生は(柱取及び造作)吉野林業地帯の面積の 60%以上を占める主力の経済林であります。台風 7 号以降の 10 年間で杉・檜とも平均の 30～55%の下落率となっております。

又、吉野林業のシンボルであり高伐期施業の中心を成す吉野杉の大径木(180 年生～230 年生)は、ここ 10 年で 60%近い落ち込みに遭い、近い将来、需要が殆んど無くなるという可能性を感じているところであります。

次に木材の搬出コストについてのデータを記します。

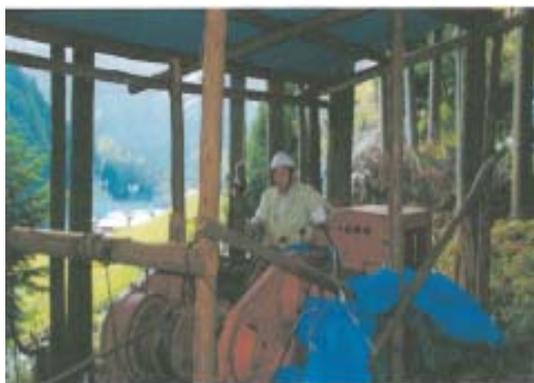
搬出方法	経費/単価当たり
①集材機架線	9,650 円±1,500 円
②ヘリコプター系	21,700 円±1,200 円
③作業道開設系	5,120 円±1,000 円

図-2 搬出方法別経費 (著者原図 2007)

注) 伐出林分 吉野林業地帯 2ha 杉 80 年生 2 割間伐 林道より現場までの直線距離 800m±100m 山元土場までの経費合算

①②③とも同一現場・同一条件にて算出。

①集材機架線 エンドレスタイラー式索張り・1点集材方式・
スパン 500m±100m、伐採玉切り(造材)費含む集材機・主索・搬器・滑車等の
償却含まず。



②ヘリコプター搬出距離 (現場～荷おろし場) 1,500m±100m機種 SA350B(ラ
マ) 最大積載重量 800kg 伐採・玉切 (造材) 費含む大空輸量 (基地から現地へ
リポートまでの往復料金)・作業飛行料・諸経費の合算、ワイヤーの償却含まず。



③作業道 ha 当たり 200m±50m 高密路網 2 t トラックによる搬出 伐採・玉切り（造材）費含む 作業道開設及びグラップル付きユンボ・2 t トラック等すべての作業機材の償却含まず。



図-2 は搬出方法別出材経費を表したものであります。

吉野地方では、30 年近く前より高い木材価格を背景にヘリコプターによる搬出作業が始まりました。現在では、吉野材の 90%以上がこのヘリコプターによって搬出されているのが現状です。

図-1-(1)及び図-2 の相関により、40 年～60 年生の杉は採算ベースにのらず赤字となり、80 年～120 年生の杉に関しても、搬出経費とトラック運賃及び原木市場経費（売上代金の 7%～10%）を差引くと赤字になるケースが多々発生しているのです。

近年における吉野林業地における杉・檜の素材生産量の著しい下降傾向は、このような構造的システムの崩壊によって引き起こされているのです。

第 1 章の最後に高伐期施業によって造られた高齢林（大径木）についての現状についてであります。

私どもの会社では、30 数年に亘り毎年一定量の吉野杉の大径木を市場に供給してまいりました。1970 年代の立方単価から比較すると現在は 8 分の 1 程度まで落ち込み、林業経営における収益率の低下を招き、経営基盤の弱体化を余儀無くされています。

材価低迷の大きな要因は、建築様式の変化により大径木の生命線ともいえる最高級の天井板を始めとして、鴨居や長押などの高級化粧材および化粧用単板、

床柱などに用いる赤柱角など、大径木より採材されるすべての製材品の需要が無くなりつつあることに起因します。

又これらの製材品の代替可能な工業製品の目覚しい進歩と普及も、このような現状に拍車を掛ける結果となりました。

このような現状を踏まえると、杉の大径木の未来は極めて暗く材価の底値が想像できない状況にあります。

又、檜の大径木については、第2章の展望で説明します。

最後に資料として、吉野林業における施業基準ならびに、保育の基準、間伐を実施すべき標準的な林齢及び間伐基準を添付しました。

林業施業の参考になればと思っています。

資料 (1)

施業基準

仕立目標		スギ長伐期仕立	スギ一般仕立	ヒノキ優良材仕立
目 標		優良大径材生産	優良材生産	優良材生産
植栽密度		9,000 本/ha	9,000 本/ha	7,500 本/ha
下 刈		1~3 年・年 2 回刈 4~6 年・年 1 回刈	1~3 年・年 2 回刈 4~6 年・年 1 回刈	1~3 年・年 2 回刈 4~6 年・年 1 回刈
雪起こし		1~12 年 必要に応じ	1~10 年 必要に応じ	1~7 年 必要に応じ
枝 打		7~16 年 3 回・必要に応じ	3~16 年 3 回	10~37 年 5 回
除 伐		7~16 年 3 回・14~22%	7~16 年 3 回・14~22%	7~16 年 2 回・20~30%
間 伐		20 年~ 10 回・17~30%	20 年~ 7 回・17~29%	7~16 年 5 回・15~30%
成 林	林 齢	40 年	10 年	40 年
	本 数	1,350 本	1,350 本	1,250 本
主 伐	林 齢	150 年	90 年	70 年
	本 数	360 本	720 本	850 本
	材 積	1,480 m ³	1,050 m ³	350 m ³
主 伐 時	樹 高	35.6m	28.0m	20.5m
単 木	胸高直径	58.0cm	45.0cm	22.9cm
材 積	材 積	4.11 m ³	1.46 m ³	0.42 m ³

資料 (2)

保育の基準

保育の種類	樹種	実施すべき標準的な林齢					保育方法
つる切	スギ	5~10年					下刈終了後 6~8 年生の間に 1 回地上 1~1.5mの枯枝を払い林内の通風と管理のためひも打作業を実施し合わせてつる切りを行う。
ひも打	ヒノキ	6~8年					
除伐	スギ	7	12	16		年	ひも打、つる切終了後、発育不良木、枯損木、過密木を対象に林分の状況に応じてスギで 14.1~22.5%、ヒノキで 20~30%の除伐率で除伐を実施する。
	ヒノキ	10	15			年	
枝打	スギ	7	12	16			林分の樹冠のうっ閉後除間伐と並行して枝打ちは実施する。材の変色等挽材にしたとき欠点のないよう作業実施時期、程度、方法に注意し慎重な作業を行う必要がある。打ち上げる高さとして林木成長にもよるが一般にスギでは 7 年生で 1.5m、12 年生 3m、ヒノキ 10 年生 1.5m、15 年生 3.5m、20 年生 5m、25 年生 6.5m、37 年生 8mの枝下高を基準とする。
	ヒノキ	10	15	20	25	37	

資料 (3)

間伐を実施すべき標準的な林齢及び間伐の基準

樹 種	植栽本数 (ha 当たり)	間 伐 実 施 林 齢				間 伐 方 法
		初回	第二回	第三回	第四回	
	本	年	年	年	年	
ス ギ	9,000	20	25	32	40	間伐は林冠がうっ閉し、林木相互間に競争が生じ始めた時期に開始するものとする。
ヒノキ	7,500	25	30	40	—	間伐は林冠がうっ閉し、林木相互間に競争が生じ始めた時期に開始するものとする。

第2章

吉野林業における高伐期施業の展望について

近年、地球環境への負荷の少ない経済社会への移行が求められています。環境への負荷が少なく、持続的発展が可能な経済社会をどのように構築していくかが、21世紀の人類に課せられた大きな課題であると思われま

一方、森林に対する国民の関心や期待も大きく、最近では地球温暖化問題への関心の高まりから、二酸化炭素の吸収源や貯蔵庫としての期待も高まっています。

このように、森林に対する国民の要請は、経済社会の発展に伴い、今後も一層多様化・高度化していくものと考えられます。

これらを前提にした持続可能な林業経営の新たな枠組みの構築は近々の課題であり、森林や木材の特性を活かしながら、森林の利用と再生を繰り返す大きな循環を形成することが求められているように考えます。

この循環の最終として高伐期施業は位置付けされ、ここからは高伐期施業について述べたいと思います。

高伐期の施業を行う場合、重要な条件の一つとして立地条件が考えられます。立地条件とは、地形・気温・土壌等が複合的に関係し、構成されるものです。

特に檜の高伐期施業においては、立地条件は大きな要因となり、150年・200年の成長を成立させるものであります。その中でも土壌は特に重要であると思われ吉野林業の中心地である川上村・東吉野村・黒滝村の土壌については、古生代生成地（秩父古生層）であり、壮年期山地地形を有しており、また腐植質層も特に発達しており土壌条件は特に良好であると考えます。

又第一章での図 1-(2) 吉野檜価格の推移のグラフにおいて檜(大径)は若干の下落が見られるものの、依然として高い数値で推移しています。これは、檜材の大径木は非常に数が少なく、木造建築として社寺仏閣など伝統的建築用材(文化財)として、品質が高く、他の木材では代替しがたい存在となっているからです。

文化財（国宝及び重要文化財）における建築主要材である柱材の樹種については、圧倒的に檜による建築使用が多く見られ、奈良県においては、法隆寺金堂柱(奈良時代)・東大寺南大門（鎌倉時代）・東大寺大仏殿(江戸時代)を始め有名などころでは、出雲大社御柱(奈良時代・島根)。伊勢神宮卸柱(奈良時代・三重)・平等院鳳凰堂(平安時代・京都)・三十三間堂(鎌倉時代・京都)・鹿苑寺金閣(室町時代・京都)・現代でも薬師寺三重塔(西塔)や、2010年に奈良県にて開催される、

平城京遷都 1300 年記念事業による大極殿の柱材も、200 年生の檜であります。

文化財をはじめ、日本の社寺仏閣には、柱材(構造)・下地・外部及び内部造作等に多くの檜材の使用を見ることができます。

このような諸事象をもとに、総合的に判断するに、私見として檜による高伐期施業は、林地・林分等の厳密な選定を条件とし施業実施された場合にのみ、高伐期施業は成立の可能性を見出すことができると思います。

又杉の高伐期施業については、現在判断できない現況にあるのが実際なのであります。

ただ最も重要な点は、20 年生の幼齡林から 200 年の高齡林が出来上がる訳がなく 50 年・100 年・150 年と数世代の林業経営者の手を渡って出来上がるものです。

そのためには、各齡級において経済林として成立することが絶対の条件になります。

これまで我が国では、高度経済成長期に制定された「林業基本法」に従って林業の復興が進められてきました。その基本的な考え方は、旺盛な木材需要と森林所有者の高い林業経営意欲を前提として、木材生産の量的な拡大に向けて林業を振興しようというものであります。

しかし、小規模な森林所有者を中心に森林に対する関心や林業に対する意欲や能力が失われつつ今日では活発な林業生産活動を前提に構築された従来 of 林野行政の政策では十分な効果を発揮できない状況が生じているように思います。

森林を育てるには長い時間を必要とし、その成果を得る為にはほとんど人の一生を費やすことになります。めまぐるしく変化する現代社会において森林を守り育てていくためには、森林所有者が責任をもってこの危機に取り組むことはもちろん森林を守り育てることの重要性が幅広く国民に理解され、社会全体でこの難局に取り組んでいけることを切に願うところであります。

最後に私自身、挫折することなく未来ある林業経営に向けて、前進する覚悟であります。明るく、次世代につながる林業経営を想像してレポートの完とします。

2-2. レポートに関するコメント

- 吉野林業の9割はヘリコプター集材である。しかし、費用対効果は作業道を整備して行う搬出の方が大きい。ヘリ集材ではなく、作業道整備が必要である。
- 吉野林業は長伐期化の一つの完成形ではないか。

良い材を作ろうという姿勢から施業が充実し、健全で強い森林づくりと合致している。初めは太り抑制のために高密度に植栽し、後で大きく成長させるために間伐を行って低密度管理をする。均等な年輪幅を目指しているのである。太いと風倒害に強いし、枝打ちを行うことで病虫害（枯れ枝があることで増加する）も防ぐことができる。

問題は、一般の森林の長伐期化はこれではなくて植栽本数も少なく間伐もきちんとできていない状況にありこれを吉野的施業からみれば長伐期化がどうなるかということである、という点や、吉野のやり方自体、今後続けていけるかどうかという点である。

3. ディスカッション

3-1. ディスカッション

(発言者の表記について：説明者→説、委員→委、アドバイザー→ア)

委：20年間手入れをしていない森林を預かって管理している。強度間伐では山を崩してしまうため、弱度間伐を繰り返し行わなければならない。コスト計算の結果、強度間伐の方が多少のコストダウンにはなるが、実際の生産性はあまり変わらない。

間伐→その後林冠の再開鎖、という話だったが、林冠を開鎖しないまま間伐を繰り返したらどうなるのか。枝葉が枯れ上がらないままなのではないか。

吉野では、やせた土地にヒノキを植え、肥えた所にスギを植えている。土壌を豊かにさせていくやり方でないと長伐期は成り立たないのではないか。

説：吉野は、高密度植栽をし、間伐により急速に減らしていく施業方法である。シミュレーションでわかったことだが、この方法だと確実に年輪幅が一定になるという優れた施業だった。これに対し、やや低密度植栽の場合には、枝打ちを併用することによって、成長を抑制してやれば、年輪幅を一定にすることが可能である。

委：例えば9000本植えても、20年ほどで3000本にまで減る。そこから先は、いろいろな施業でもそれほど変わらないように思う。ということは、はじめの20年間をどう管理するかさえしっかり考えれば良いのではないか。20年以降の施業は同じで良いはずである。要は、林地をやせさせてしまうと経営は維持できない。60年生以下で皆伐した所は、土壌がやせている。林地のsustainableを考えると、長伐期林が好ましいのではないか。土壌条件をしっかり考えるべきである。

委：結果的（消極的）な長伐期化になってしまっているのが現状である。どういう森林ならどのくらいまで伐期を伸ばせるのか、採算との兼ね合いを考慮する必要がある。また、長伐期を考える際には相続の問題も議論していかなければならないのではないか。

説：樹冠長比30%あれば長伐期に持っていけるのではないかという指摘がある。ただ、その時点の立木本数はどの位になるだろうか。単に長伐期林に誘導できるかどうかだけの問題ではなく、採算の問題もある。その兼ね合いを考える必要がある。手入れ不十分の人工林を長伐期林に誘導したとしても、直径はそう太くないであろう。そういう材の用途も考える必要がある。

委：採算については他のテーマも絡んでくる。今日は、長伐期によって山がどうなっていくかを中心に議論していきたい。

委：シミュレーションモデルの構成因子はどうなっているのか。

説：立木本数、樹高、樹高成長量、地位指数をもとに作られている。立木本数と樹高から

樹冠長が求まる。

委：毎日間伐遅れの山に行っているのだが、講演と実体験の異なる点をいくつか指摘したい。まず、間伐が遅れると太い木と細い木が明確に分かれてくる。太い木は胸高直径 30cm ほどで樹冠長比も 30%あるが、細い木は胸高直径 10cm 程度で樹冠長比も 10%と枯れる寸前である。これは、肥沃な土地の話であり、やせた土地では成長は見込めない。また、山にはひだがある。谷間の樹木は光を得るために伸びるが、尾根筋に生えた木は伸びる必要がない。これらのように、木が生えている土地の差もモデルに組み込まないと、現実には適用できないのではないか。

説：モデルに地位指数を組み込むことで表現している。地位指数とは、土地のポテンシャルを表す指数である。

委：列状間伐でギャップを形成することはできるが、ギャップの中心ではよく成長するが縁は育たないのではないか。間伐の指針がほしいので、シミュレーションモデルの早期完成を期待する。

説：モデルではギャップの中心だけではなく、縁の光環境も評価できるようになっている。

委：収穫量を明らかにしておきたい。短伐期と長伐期で材積はどう変わるのか。

説：それは計算可能である。

委：従来の収穫予想表が、高齢級部分で実態に合わないという問題もあると聞く。実際に収穫表を修正している県もあると聞いているが、高齢級の成長はどうか。例えば、成長量が 50 年生で最大だとしているが、高齢級も成長しているとする、50 年伐期で 2 回収穫するのと 100 年の長伐期で 1 回収穫するのでは材積は大きく変わるのか、そうではないのか。

説：計算結果を持参して来ている訳ではないが、そういうケースの計算も可能である。

委：長伐期と木材産業のかかわりについて。多様な材をとれるようになるので、中小規模の、独自の技術を持った製材工場が存立しうるのではないか。また、材質も向上するのではないか。40 年生と 50 年生の 10 年の違いだけでも、曲げヤング率と曲げ強度は 2 割向上する。

委：列状間伐の後、劣勢木が伸びるという意見もあるが、どう思うか。列状間伐と長伐期の関係をどう考えているか。

説：自分だったら、そもそも列状間伐をやらないでしょうけれど。列状間伐で間伐されなかった列の中央は無間伐状態で残ることになるが、これでは意味がない。長期育成循環施業では、間伐率の上限値ぎりぎりまで間伐してしまうと、残存部分は抜き切りができ

ないシステムになっている。残存する列にも間伐の手当てが必要である。

委：問題なのは、知識のない人が判断を迫られる場合である。シミュレーションはすぐに完成するのか？

説：できると思う。しかし、施業には経験と知識（ノウハウ）が大切なはずだが、モデルができてしまうと、それに頼り過ぎてしまう人たちが出て来てしまうことが心配である。

委：ではそれを国の政策として行っていいのか。

説：林野庁や県の担当者が使うとか、スキルアップのための練習に活用するという程度のスタンスで使用するのならいいのだが。

委：シミュレーションは必要であると考え。知識のない人、小さい山持ちさんを森林組合がまとめるときの第1歩の手段としてシミュレーションを使っていこう、という方針は良いと思う。

委：すべて信じてしまう人が多いのが現実である。だから精度の高いシミュレーションでないと危険である。

委：一般に分かりやすく説明することが必要である。森林総研がやってきたことを体系化して発表していくべきである。

委：研究発表をし、民間が現実を指摘、それによってブラッシュアップしていく、という作業が必要である。

委：形状比 110 くらいの、細長く育ってしまった木は間伐を行うことで助かるのか。捨てる覚悟で強度間伐を行って植えていく方がいいのではないか。

説：実態に即してだが、その通りだと思う。

ア：樹冠から捉える、という話で、興味深かった。間伐＝樹冠管理技術であるという話だったが、どのような樹冠管理をすべきかを示してほしい。気象害の点から、どのくらい樹冠長があればいいのか。また生産の点から、成長のためにどのくらい樹冠が必要か。

ア：成長は、土地生産性で測られるべきではないか、途中の施業についてはそんなに気にしなくてよいのではないか。

説：土地生産性は、管理せずに放っておいたらどのくらい育つかの指標であって、いい山にできるかどうかの指標ではない、と考えている。

ア：間伐を行わない＝衰退だ、という話だったが、どうなのか。100年くらいの長伐期であれば、種間競争で山は出来上がるのではないか。

説：人工林においては、きちんと管理して育てることが重要であると考え。

委：長伐期か放っておくか、ではなく、短伐期か長伐期か、の話なのではないか。長伐期の利点を示さないと短伐期から長伐期への移行は実現し得ないのではないか。

委：今後のセミナーで通常伐期での費用がどうかについて論じる。その後、長伐期と比較したいと考えている。

委：スギを植えて放置することを考える。実生であれば、多様な育ち方をするため成林する可能性がある。しかし挿し木だと、同じように伸びようとして優劣がつきにくく、気象害で被害が大きくなりやすい。間伐しなくても育つ場合もあるし、駄目な場合もあるということなのではないか。

ア：無間伐＝無価値になる、という議論があまりに多かったので、全てがそうではないということが言いたかった。例えば、北海道のトドマツ林は順調である。施業自体を否定しているわけではない。

委：段戸でみたヒノキの天然更新では、手入れをしない森が競争によってわりといい山に出来上がっている。少しだけ手入れをするのがいちばん駄目になっていた。一代の生産だけを考えるのなら無間伐で競争させるのも良いのではないか。

委：生育過程で生じる差をシミュレーションに組み込めるか、という問題に戻る。無間伐でうまくいった、という例は現段階では結果論であると感じる。技術は予測できること。その意味では、無間伐の成功例について分析し技術まで高めることが必要であるし、シミュレーションがうまくできればその辺りも読めるようになるかもしれない。

ア：重要なのは選木である。間伐収入のために優勢木を伐るのか、長伐期でよくなるであろう優勢木を残すのか。下層間伐か上層間伐か、など、間伐の際の選木をどうするか。

説：シミュレーションやモデルは目安でしかない。

選木については、モデル化が難しい。森林管理者の判断スキルがどうしても必要なのではないか。

委：アフリカで植栽された長伐期材を買って加工したことがある。結果的に材は、はじめ50年で大きく育って残りの50年はほとんど育たない、という状態になっていた。

委：間伐が収入になっているのは50年生以上の所である。主伐収入と半々くらいで考えたので、長伐期での間伐収入は絶対に必要である。

気象害について、その影響は、施業によるところよりも風が当たるか当たらないか、が大きいように思う。間伐よりも、作業道を整備して倒木を速やかに搬出する、といった事業の方が経営として重要である。

ア：山側重視の議論であったが、現在、市場がどんどん変化しているのでそちらから考える視点を持った方がいいのではないか。柱材よりも今後はB材（合板など）が増える、

といった需要構造の変化を考慮していきたい。そうすると、大径木である必要性が薄れていく可能性もある。

3-2. 木平会長による総括

本日のセミナーの内容をまとめると、以下の6点が挙げられる。

1. 意識した長伐期化と無意識の長伐期化、どちらにせよ複雑である。「どうするか」以前に「どうなるか」を把握する必要がある。処方箋を示すことが重要である。
2. 現状データからシミュレーションを作成するという話であった。シミュレーションは必要である。分かりやすいモデル、現場で使えるものを開発してほしい。モデルは、作ろうと思えばいくらでもできる。作る→使う→改良する、という機構が必要である。またモデルは目安に過ぎない。各々の地方版が必要である。
3. 弱度間伐の繰り返しが良い、という話であり、現場でもその通りである、という意見が聞かれた。
4. 木材が話のメインであった。土地生産性や多面的機能の保全性についても議論が必要である。
5. どのような齢級構成に持っていくかを明確にし、そのために取り組むことが今後の国の課題、本研究会の課題である。
6. 「伐期」の概念を考え直した方がいいのではないかということだった。単層一斉林の施業においては伐期が重要だったが、今後は意味が変わってくる。今後の検討材料の1つである。

4. 千葉講師の補足資料

(1) シミュレーションモデルの構成、従来の予測手法との違い・特徴

従来のモデルは、何らかの成長曲線を用いて経験的な近似式によって成長経過を近似して扱っています。しかもほとんどの場合、直径および樹高データだけで論理展開しています。しかし、間伐効果やその後の成長経過を表現する上で、葉の存在（樹冠構造と言ってもよい）を無視することには大きな問題があります。例えば、間伐直後は林木個体が持つ葉量は間伐前と同じはずであり、そのため間伐効果は間伐時点よりも2〜3年遅れて現れると思われませんが、直径・樹高データだけを用いた場合には、間伐効果が現れる時間のズレや反応度合いを知る術がありません。そもそも間伐という人為操作は、森林が成長する途中に、不連続なインパクトとして与えられるものですが、連続関数を用いた従来のモデルは、こうした不連続な現象を扱うことが不得手であり、汎用性にやや難点があると考えます。従来のモデルのこうした弱点を解決するためには、連続関数の成長曲線に依存しないシミュレーションモデルが必要です。

研究会でも多少触れましたが、今回紹介させていただいたモデルは、樹冠構造の変化（具体的には、樹冠長と樹冠幅）を記述するモデルをベースとしています。樹冠は林分構造が変化した時のセンサーのような働きをして、生育空間が空けば樹冠幅が広がり、空間が狭くなれば樹冠幅が広がるのを停止します。その様子をモデルとして組み込んでいます。一方、枝が合流して幹を形成していますから、合流する枝が多ければ幹はズングリと太くなり、枝が少なければスラリと細長い幹になります。その様子を樹幹形モデルとして組み込んであり、幹の形状は樹冠長で表現できることがわかっています。樹冠長は林分密度の影響を受け、高密度林分では樹冠長が短くなるため幹の直径成長は小さく、しかも合流する枝が少ないため、幹は細長くなります。つまり今回の樹幹形モデルは、樹形の成長・発達過程を組み込むことによって、林分密度を反映させることができるようになっています。以上のように、今回のシミュレーションモデルは、葉・枝・幹の相互関係に基づいた生物学的意味を備えたモデルとなっており、その結果、林分密度が変化したときの樹形や林分構造を柔軟に反映させたシミュレーションが可能になっていると言えます。

林内光環境のシミュレーションも紹介させていただきましたが、これは上述のモデルと関係しますが、林木の樹形（樹高、樹冠長、樹冠幅）、林分密度、林木の配置（列状間伐等に対応するため）を指定することによって、林分内の遮蔽効果を評価するものです。利用者の便宜を考えると、パソコン内に林分の様子を描画させる際の入力項目は簡便なものにする必要がありますが、現在、それについては検討中です。これまでこうした評価手法がなかったため、さまざまな間伐強度や間伐パターンを想定した林内光環境を事前に知ることが出来ませんでした。この林内光環境の評価手法が利用できれば、複層林化や広葉樹林化する際などの指標のひとつとして活用できるものと思われれます。

(2) 森林整備および長伐期化の問題に対する今回のシミュレーションモデルの意義

研究会の折にも触れましたが、長伐期林のイメージが確定しているわけではないため、長伐期林がどのようなものを指すべきかという議論があるものと思われます。高齢級に達する林木が含まれる森林という意味では、高齢単層林、複層林、混交林、天然林などにあつては、上層木はすでに高齢級に達しているはずですから、これらは広い意味で長伐期林の範疇に入るのかも知れません。国レベルあるいは自治体レベルの森林資源整備等においては、どうしても森林タイプの分類が必要になると思いますので、そのためには長伐期林の概念と定義を整理しておく必要があると思っています。

いずれにしても、高齢級の林木を含む森林（単層林、複層林、天然林等）は、一斉皆伐更新による短伐期人工林に比べて複雑になります。林木の大きさや配置が「均質」とは言えない状態になります。しかも、繰り返し間伐することは不可避ですから、林冠は閉鎖しなくならざるを得ません。このことが従来型の予測モデルが適用できない最大の理由でもあります。

今回のモデルでも、林木の大きさがバラバラな林分の成長を正しく予測出来るわけではありませんが、少なくとも、林冠閉鎖しなくなった林分の成長予測についても適用することは可能になっています。さらに光環境のシミュレーションと組み合わせることによって、下木の成長や更新木の成長予測（この点については時間がなかったので研究会では触れませんでした）が可能になりますので、複層林化や広葉樹林化の問題にも拡張することができるものと思います。

(3) 今後の課題として

短伐期人工一斉林を転換して、長伐期林、複層林、広葉樹林等へ誘導するという昨今の流れは、人工林を複雑化させることに他なりません。複雑化した森林を如何に表現するか、如何に成長を予測するか、ということが今後の大きな問題です。林分密度管理図のベースになる密度理論は、均質な群落を前提に誘導できる理論であり、不均質な林分の成長には適用できません。不均質で複雑な構造を持つ森林の成長を扱うためには、まったく異なる考え方が必要になると思われます。

もうひとつの課題。短伐期人工一斉林は、構造が単純であるだけに画一的な森林管理が可能でした。しかし高齢林化や複層林化させることによって成長予測や施業管理は難しくなりますが、複雑な森林をわざわざ誘導することの理由は何なのか、ということを整理しておく必要があると思っています。それは従来の拡大造林からの反省に立って、拡大造林がもたらす弊害を取り除こうとする意図があったはずです。つまり健全な森林を誘導するということだと思っています。

「伐期」を想定すること自体、森林管理する際の便宜上のものと思われますが、ひとつの林分でも成育状況がまちまちであることからわかるように、理想的には、成育状況に応じた保育・施業が必要であり、そのことが健全な森林の誘導・維持に必要なことと

思われます。しかし、そうすることによって森林が複雑になることは避けられません。

森林の「状態」を重視するか、森林の「管理」を重視するか、というふたつの目的（価値？）を如何に調整しバランスをとるのか。短伐期人工一斉林を転換して、わざわざ複雑な森林を誘導するというのであれば、その折り合いをとることも必要に思います。管理のしやすさを重視するならば、画一的な施業、画一的な人工林の方が効率的です。森林の健全性などを重視するのであれば、森林は複雑になり管理も複雑になり、管理する者には優れた技術が求められることになると思います。