

システム収穫表の成長モデルを低密度の予測に適用するための生態的検討

Ecological Considerations for Applying The Growth Model of The System Yield Table to Lower Stand Densities

白石 則彦

Shiraishi, Norihiko

キーワード: システム収穫表、成長予測、人工林管理、長伐期施業、密度管理

要約:

固定試験地の時系列データを用い、人工林における間伐効果の表れ方や密度管理の水準について解析し、システム収穫表の成長モデルをより低密度の予測にも適用するための検討を行った。システム収穫表で密度別の成長予測を試みた結果、林分密度がかなり低い場合でも伐期を延長すれば主副林木合計の幹材積収穫量は仕立て密度の影響をほとんど受ないことがわかった。この結果より、水土保持林においても低密度・長伐期で管理することで木材生産機能をさほど損なわず環境機能も同時に発揮されることが示唆された。

Abstract:

The thinning effects and the stand density level were analyzed from ecological viewpoints using continuous forest inventory data in order to apply the growth model of System Yield Table to lower stand densities. Growth simulations under different stand density conditions showed that the total yield volume changed little if the cutting age is long enough. This result suggests the soil and water protection forests had better be managed in lower density with long rotation for not only environmental purposes but also timber production.

Key Words: System Yield Table, growth prediction, plantation forest management, long rotation, stand density control

はじめに

1980年代、我が国では森林の成長と収穫に関わる分野の研究が発展し、多くの成長モデルが考案された。同種・同齢の一斉人工林を対象とした成長モデルとしては、竹内（1980）、箕輪（1983）、内藤（1984）、伊藤（1985）、白石（1986）、Tanaka（1986）らの研究成果が挙げられよう。これらの成長モデルは、Mitscherlich式やGompertz式、Richards関数など林齢を変数とする数式で林分成長が表現されており、林分密度も考慮され間伐モデルが組み込まれたものもある。

その後、木平は「システム収穫表」という新語を作り、科研共同研究を起こして、多くの研究者が取り組んできた成長モデルを取りまとめた（木平1992）。システム収穫表とは、「林分の状態を初期条件として入力すると、さまざまな施業に応じた成長経過を予測して結果を出力するコンピュータプログラム」の総称である（Konohira1995）。従来の収穫表が正常な密度の林分の成長を表現し、それはいわば仮想的な林分を想定していたのに対し、システム収穫表はより柔軟な間伐設計に対応することを目指している点が特徴である。システム収穫表の中には収穫される林木の直径分布やさらには素材生産量までも予測できるモデルがあり、一般的な収穫表に比べて個別林分への適用をより意識したものであるといえよう。

ただしこうした成長予測の着想や素材生産量の予測が可能なプログラムは、木平がシステム収穫表という新語を作る以前から存在していた。筆者の知る限りでは、そうした要件を備えたプログラムを最初に開発したのは真邊（1982）である。また筆者の開発した収穫予測プログラムLYCS（Local Yield Table Construction System）も、林分の任意の初期条件を入力できる仕様とはなっていないが、システム収穫表の要件の多くをすでに満たしていた（白石1986）。LYCSはその後入出力部分を中心に改訂が加えられ今日に至っている。比較的最近でもこのシステムをベースに用いて異なる地域・樹種への適用が開発者以外の研究者によって試みられ、いずれも良好な推定結果

を得ており（Matsumoto1997、田中2002）、組み込まれた成長モデルの表現力や柔軟性、操作性など基本的性能の高さが確認されている。

LYCSが開発された当時は、我が国の林業を取り巻く環境は今ほど悪くなく、人工林の主伐収穫とそれに続く再造林も比較的多く行われていた。LYCSもそうした時代の要請に対応すべく、一斉人工林を効率的・経済的に管理する指針を作成するため、さまざまな伐期齢や間伐設計に対応した成長予測を提供することを目的としていた。

今日、林業の採算性は当時と比較してさらに悪化し、間伐遅れや再造林放棄など森林所有者の林業離れが深刻な問題となっている。こうした事態を受け、平成13年に森林・林業基本法が改訂され、新たな森林法の下で、すべての森林は循環利用林、水土保持林、森林と人との共生林のいずれかに分類されることとなった。林野庁によれば、循環利用林に区分された森林は全国で約660万haに留まることから、すでに造成された1000万haの人工林のかなりの部分は、木材生産を目的とする森林から環境機能の発揮を優先する森林に振り向けられることになる。その場合は造林木の林冠を疎開して広葉樹の侵入を積極的に図るなど、外観は人工林でもこれまでとは異なる森林施業が求められよう。

本研究は、筆者が開発したシステム収穫表LYCSを本来想定していた正常な林分密度よりもさらに低い密度にも適用するため、成長モデルの中核的部分を生態的な視点から再検討したものである。具体的には、まず間伐効果がどの階層にどのように及んでいるのかを明らかにすることにより、一斉林の間伐効果について考察する。次にモデルが開発された千葉演習林の密度管理を客観的に比較することを試みる。そして仕立て密度と収量の関係を異なる密度で比較し、成長モデルの特性を林分密度管理図を例に考察する。

1. 成長モデルの概要

東京大学千葉演習林に設けられた複数のスギ成長測定試験地の成長経過を解析した結果、以下のような知見が得られた。なおこの成長解析の詳細は白石の既報（1986）を参照されたい。

まず本数密度と平均胸高直径のあいだには、全体として両対数軸上で直線的な関係が認められた。これをさらに詳しく見ると、間伐直前および直後の本数密度と平均胸高直径の関係もそれぞれ直線的であり、しかもそれらはほぼ平行であった（図1.1）。2本の回帰直線の中に直線を設定し、これを平均管理曲線と名付けた。平均管理曲線は平均的な密度管理の仮想的な軌跡を想定したものと考えることができる。

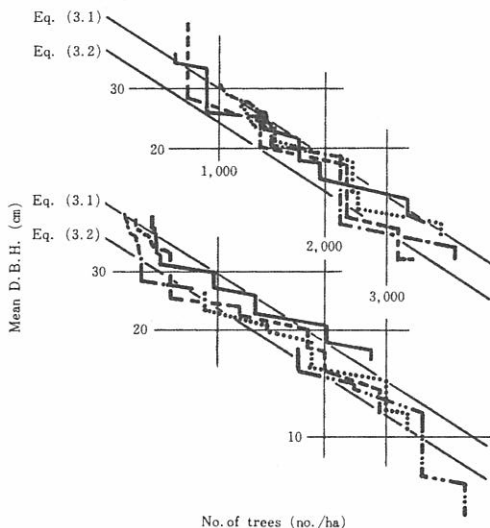


図1.1 成長試験地における本数密度と平均胸高直径の関係

また時間方向の成長に関しては、間伐後に成長率が增大すること、および平均胸高直径の成長率が林齢とともに指数的に減少していく傾向が認められた。その際、減少速度すなわち対数軸に対して成長率をプロットしたときの傾きが、密度管理の仕方によって異なることが認められた（図1.2）。やや強い間伐を受けた後しばらく間伐されない林分Aは、弱い間伐を何度も受けた林分Bと比較して、成長率の減少速度が大きかった。

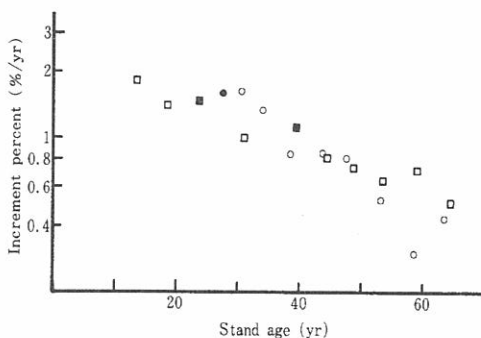


図1.2 成長試験地における林齢に対する直径成長率の変化

こうした異なる成長経過を説明するために、本数密度と平均胸高直径の関係を図1.3に、また林齢に伴う平均胸高直径の成長率の変化を図1.4に示して、両者の関係を結びつけた。図1.3においてB₀からD₀の部分は林分が弱い間伐を何度も受けながら平均管理曲線の近傍を成長していく経過を表している。他方、BからDはやや強い間伐の後、本数密度を変えずに成長していく経過を表している。それぞれの状態に対応した成長率を図1.4において考えると、平均管理曲線にほぼ添って成長した場合の成長率の変化がB'₀からD'₀で表されている。これに対し状態BはB₀に比べてより強く間伐された状態であるのでB'₀よりも大きい成長率が見込め、また状態DはD₀に比べて本数密度が高い状態であるので、D'₀よりも小さな成長率になると考えられる。このことから、やや強く間伐した後の成長率の変化はB'からD'のようになると推察され、成長率の変化の様子が異なる仕組みを説明することができる。

林分密度の高低に応じて成長率が加減されると考え、上に記したような成長モデルを数式に表現すると次のようになった。

$$[1] \quad \frac{1}{x} \frac{dx}{dt} = m \exp(-kt) + p(K - \ln p - a \ln x)$$

ここで独立変数 x は林分の平均胸高直径、 t は林齢を表す。 ρ は本数密度で間伐以外の要因により変化することのない定数である。また m 、 k 、 p 、 K 、 a はそれぞれデータから推定されるパラメータである。

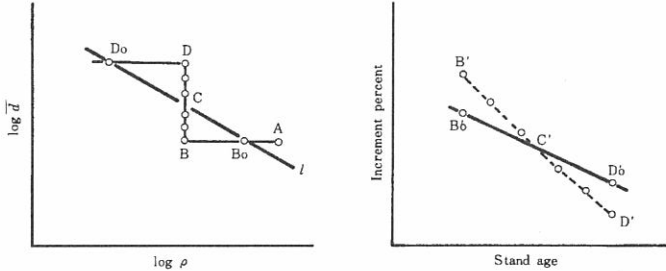


図1.3 $\log \rho \sim \log d$ 平面における異なる密度管理経路の模式図(左)

図1.4 異なる密度管理に対応して想定される直径成長率の変化の模式図(右)

左辺は平均胸高直径の相対成長率の微分形で、右辺第1項はその相対成長率が時間に対して指数的に減少することを表している。右辺第2項の括弧内はある時点での林分の平均胸高直径と本数密度の状態が平均管理曲線からどれくらい隔たっているかを表している。

右辺第1項、第2項をそれぞれ単独で左辺の相対成長率に等しいとする微分方程式を立てたとき、その解はいずれも Gompertz 関数となる。すなわち [1] 式の成長モデルは、微分方程式において Gompertz 関数の時間依存型表現 (第1項) とサイズ依存型表現 (第2項) を重ね合わせた形で表現されているとすることができる。

[1] 式を実際に解くと、次のような関数が得られる。

$$[2] \quad z = C_1 \exp(-apt) + \frac{m}{ap-k} \exp(-kt) + \frac{K - \ln \rho}{a}$$

ただし $z = \ln(x)$ で、 $C1$ は積分定数である。右辺には指数関数 \exp を含む2つの項があることから、 x に対する解は成長係数の異なる2つの Gompertz 関数の積として表現されていることがわかる。

成長データに直接 [2] 式の関数を当てはめてパラメータを推定することは困難であるので、実際には固定試験地の時系列データから算出された期間ごとの定期成長率に対して [1] 式を離散的に当てはめ、パラメータを推定した。なお平均管理曲線を表す式は地位によって変わらないものとして事前に定めた。スギとヒノキについて複数の試験地で [1] 式のパラメータを推定し、比較・検討した結果、パラメータ m 、 k 、 p はいずれも地域、樹種に依存して変化するが、地位に対しては一定とみなせることが分かった。

2. 間伐効果の解析

上で説明した成長モデルは、いわゆる正常な林分密度の下で平均胸高直径の変化を予測する林分モデルである。そこには林木間である程度の競争が存在することが前提されている。他方、林冠の閉鎖を長期間にわたって破るような強い間伐を行った場合、林木間の競争は弱まり、間伐後の反応も異なる可能性がある。そこでここでは、間伐の効果がどのような階層の林木にどのよう及んでいるのかを知るため、林木を優勢度に応じたグループに分解し、胸高直径成長率の比較を試みることにした。

解析には、千葉演習林成長試験地資料（竹内・長谷川1975）から、牛蒡沢スギ試験地を選んでその時系列調査データを用いた。牛蒡沢試験地は面積が 0.54ha あって立木本数が多いために全体として成長経過が安定しており、38年生で間伐して以降長期間無間伐で、今回の目的に適している。同試験地は35年生で設定された後、5年間隔を原則に2ないし8年間隔で継続調査されてきたが、林齢とともに成長量は減少傾向にあるため、ここでは約10年の期間を単位とした。解析方法としては、期末時点で生存している林木を大きい順に並べ、同数の林木が含まれるよう10分位直径階に分配し、各10分位直径階に含まれる林木について胸高直径の成長量、成長率の平均を比較した。

まず全体の傾向を見るために、林分レベルでの平均胸高直径の成長量、成長率を計算した結果を表1.1に示した。林齢35年生で試験地が設定され、そ

の時点での立木本数は458本（ha当たり本数密度は848本/ha）であった。それから3年後に本数間伐率29%で間伐され、その後は若干の枯損を生じながらも間伐されることなく林齢76年生に至っている。直径成長率（%/年）は間伐直前の3年間の平均値1.71%を、間伐直後の7年間の平均値1.74%が僅かに上回っている。その後は10年ごとに成長率がおよそ7割に減少する傾向にあることから、間伐されなければ減少していたところを、間伐によってその直後の成長率が増加したことが推察される。

表1.1 林分レベルで見た平均胸高直径の成長率の変化

林齢(年)	35	38	45	55	66	76
本数(/plot)	458	326	325	321	303	296
成長期間(年)		3	7	10	11	10
期首直径(cm)		27.9	29.4	33.0	36.9	40.0
期末直径(cm)		29.4	33.0	36.7	39.7	42.1
直径成長率(%/年)		1.71	1.74	1.11	0.69	0.52

次に、こうした成長率の変化が林分内の各階層にどのように及んだか見てみよう。間伐を挟んで、各成長期間について10分位直径階ごとの成長率を図1.5に示した。この図によれば、間伐前の期間（林齢35～38年）では最下位の直径階を除いて成長率はほぼ一定であったが、間伐直後の期間（同38～45年）では最下位の直径階でも成長率が同一水準に達している。その後時間の経過とともにいずれの直径階でも成長率は減少するが、減少の程度は下位の直径階ほど顕著であった。

間伐直後にいずれの直径階でも成長率がほぼ同一水準になったことについては次のように考察することができる。林齢38年生の間伐では約3割の下層木が除かれたことにより、間伐前には上位から数えて第1から第7までの直径階にあった7割の林木が、間伐後には第1から第10直径階に引き伸ばされて直径階が再編された。そして成長率を比較すると、間伐直前の第7直径階の成長率と、間伐直後の第10直径階の成長率がほぼ等しくなっていた。このことから、この間伐の効果すなわち林木間の競争の緩和は、残存木のすべての階層にほぼ等しく及び、その程度は間伐直前の期間から通して成長率を低下させず維持できるほどであったといえる。このように直径階を10分位に分割し

て解析する本論の方法は、間伐効果を階層別に明らかにするのに有効であったといえよう。

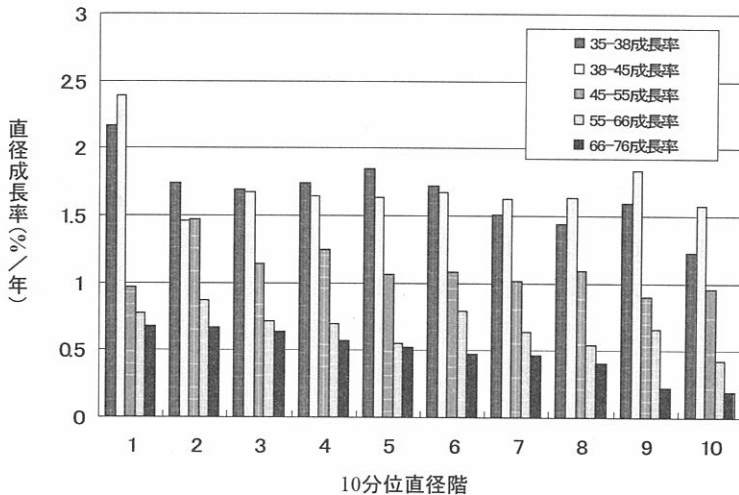


図1.5 10分位直径階ごとの平均胸高直径の成長率

以上の分析結果から、間伐効果に関して以下の3点にまとめることができる。

- ①下層間伐は、成長の減退した劣勢な個体を除き、成長の旺盛な個体を残すことで、林分全体の平均成長率を高める役割を果たしている。
- ②間伐の効果は、残存木の下位の階層だけでなく上位の階層の林木にも、生育空間の再配分を通じて成長率の増加という形で広く及んでいる。
- ③上に記した2通りの間伐の効果は、それぞれ異なる要因によって生ずると考えられる。

LYCSの成長モデルは、これらを右辺第2項のサイズに依存するGompertz関数の微分形でまとめて表現させていると見なすことができる。

ここで②の間伐効果について考えてみよう。間伐の組み込まれた代表的成長モデルである林分密度管理図においては、同一の本数密度、上層樹高を出

発点とした場合、途中の密度管理の径路が異なっても同一の到達点に至ることができ、このとき林分の直径、樹高、本数、材積、そして間伐収穫はすべて途中径路に依らず等しいと考えられている。これは、始めに強く間伐してから成長した場合と、しばらく込んだまま成長して間伐した場合と比較して、林分に残された立木本数が等しければどちらも同じ林分構成になることを示している。すなわち上層木は下層木の影響を全く受けず、間伐をしてもしなくても同じ成長をすることを意味しており、林分密度管理図には②のような間伐効果が組み込まれていないということである。

下層木が間伐されて残存木の成長が促進されるかどうかは、本論の限られた資料から結論することは困難である。しかし③でも記したとおり、LYCSの成長モデルは①と②の間伐効果を区別することなくまとめて表現しており、時系列の成長データからパラメータを推定するため、成長経過を帰納的によく近似していると考えられる。ただしこの成長モデルを低密度の林分の成長予測に適用しようとする場合、間伐によって増加する成長量の付加項（[1]式の右辺第2項）の大きさには上限があると考えられる。なぜなら、①に由来する成長率の増分は、被圧されて成長率の低下した部分の下層木が除かれてしまえばそれ以上強く間伐しても増加せず、また②の間伐効果があるとしても残存木が相互に影響を及ぼし合わないほどに低い林分密度では付加項の大きさは平均管理曲線からの隔たりに依存しないであろうと考えられるからである。

どのような林分密度の下で[1]式の右辺第2項が上限に至るかについては今後の成長解析に依らなければならないが、間伐効果には①と②がありLYCSの成長モデルがこれらをまとめて表現していることから、この成長モデルがより低密度の林分の成長予測にも適用できる可能性が確かめられた。

3. 千葉演習林の密度管理

千葉演習林で行われてきた密度管理を客観的に見るために、ここでは各地のスギ林分の標準地資料と比較することにする。

図1.6において、プロットされた1200余りの点は、山形、越後会津、茨城、天城、天竜、愛知岐阜、紀州、山陰、土佐、熊本、飢肥の各地方スギ取

穫表を調製するために現地調査されたすべての標準地（除外資料も含む）の主・副林木を合わせた本数密度と平均胸高直径の関係を示したものである（白石1982）。また同じ図1.6に描かれた2本の直線は、千葉演習林の成長測定試験地における間伐直前と直後の関係を回帰曲線で表したものである。なお図1.6は、縦軸横軸ともに対数に変換されている。

この図から明らかになった第一の点は、 $\log N \sim \log D$ 関係の傾きが千葉演習林人工林と全国の収穫表標準地によく一致していることである。このことから、千葉演習林で得られた傾き（約-1.57）はスギに関してかなり普遍的と考えられる。

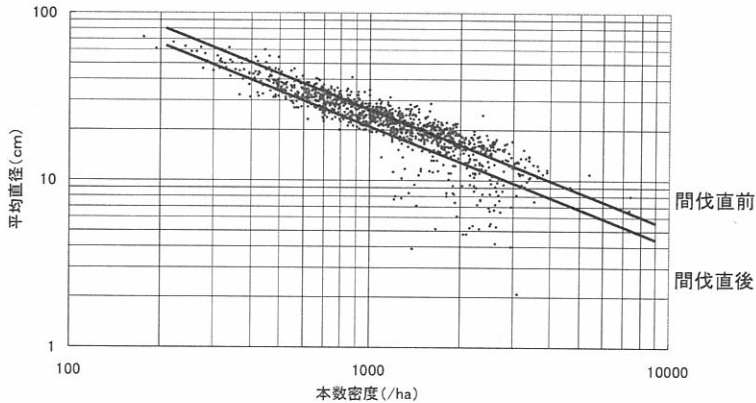


図1.6 収穫表標準地と比較した千葉演習林の密度管理

傾きがほぼ共通であるのに対し、密度管理の水準は千葉演習林において一般的に高い傾向が認められる。そして、千葉演習林の密度管理のレンジが比較的狭いことが指摘できる。千葉演習林の間伐直前、直後を表すのは回帰曲線であって、実際の本数密度と平均胸高直径はこの曲線の周囲に多少ばらつく。また収穫表の標準地には全国各地の値が含まれており、例えば肥沃林業など低い密度管理の地域も含まれていることもこうしたことの背景として考

えられる。それらを考慮しても、全国と比較すれば千葉演習林の密度管理の許容幅は低密度側に広いということができよう。

4. 仕立て密度と成長予測結果の比較

システム収穫表LYCSに組み込まれた成長モデルの表現力を検証するために、異なる仕立て密度で管理された場合の林分の成長予測を比較してみることにする。

LYCSでは管理する林分密度を定量的に示すため、立木本数比という相対的な指標を導入している。これは、同じ平均胸高直径を有し平均管理曲線上に位置する林分の立木本数に対する、実際の立木本数の比（百分率）として定義される。すなわち、両対数軸上で平均管理曲線に平行な直線の上では林分密度が等しいと見なすものである。立木本数比で表せば、間伐直前の立木本数と平均胸高直径の関係は約113、間伐直後のそれは約86となる。

ここでは比較のため、「中庸仕立て」（間伐時の林分密度を立木本数比108とする）、「やや疎仕立て」（同96）、「疎仕立て」（同84）の3通りについて検討した。千葉演習林においてはスギ人工林の間伐の目安は立木本数比113であるが、これまでの分析によりこの水準が全国と比較してもやや高いことが分かっているため、「中庸仕立て」においてはそれよりも5%低い水準とした。また「やや疎仕立て」および「疎仕立て」はそれぞれ「中庸仕立て」よりも12%、24%低い密度を上限とすることにした。「疎仕立て」の密度管理の上限は、千葉演習林の通常の施業における間伐直後の状態（立木本数比86）に近い水準である。しかし林冠の閉鎖を大きく破るほどではなく、いちおう閉鎖した一斉林として扱える範囲と考えられる。

同一の初期条件（地位Ⅰ等、林齢15年生の立木本数2400本）を与え、伐期120年としてそれぞれ成長予測シミュレーションを試みた。1回当たりの本数間伐率の上限を35%程度としたため、低い密度管理ではより本数が減少する結果、間伐が5回必要となった。伐期における予測結果を図1.7および表1.2に示す。

まず表1.2によれば、主林木に関する単位面積当たり総量（断面積合計、幹材積）は、仕立て密度が低いほど少なくなっている。また主林木に関する

林分の平均値（胸高直径、樹高）は、仕立て密度が低いほど大きい。こうした結果から、成長モデルLYCSは異なる密度のもとでの成長に関する一般的知見をよく表現していると考えられる。そして生育期間を通じて副林木・主林木を合計した総収穫材積は、最も林分密度の低い「疎仕立て」においてわずかに少ないが、その違いは約1%程であり、全体として大きな違いが認められなかった。

また図1.7によれば、林齢70～80年前後に最後の間伐が終了して以降、伐期直前の30年間の幹材積成長量は、仕立て密度が低いほど大きくなっていることが分かる。これは、低めの林分密度により肥大成長が促進されているためであり、従ってさらに伐期を延長すれば主林木幹材積の差は縮小していくと考えられる。言い換えると、生育期間を通じた総収穫材積は伐期の延長によって密度が低いほど大きくなっていくと推察される。

表1.2 密度別成長予測の主伐時における結果の比較

	中庸仕立て	やや疎仕立て	疎仕立て
立木本数比	108	96	84
間伐回数(回)	4	5	5
主林木本数(本/ha)	464	333	237
平均胸高直径(cm)	46.2	53.1	60.6
平均樹高(m)	31.1	31.8	32.7
林分胸高断面積(m ² /ha)	85.8	79.6	71.6
主林木材積(m ³ /ha)	1313.7	1192.0	1080.8
総収穫材積(m ³ /ha)	1796.6	1797.4	1778.7
90～120年成長量(m ³ /ha)	281.0	303.3	341.6

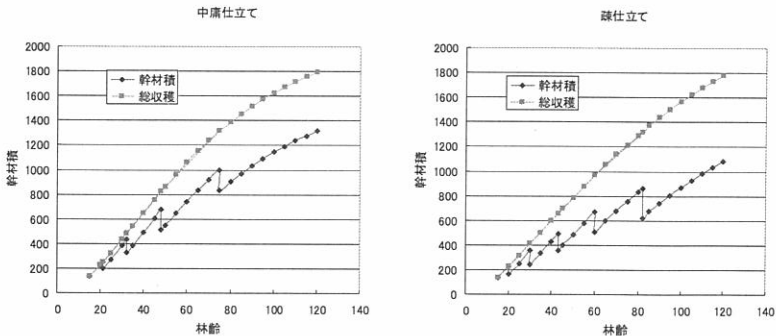


図1.7 密度別の幹材積成長量の比較

図1.7および表1.2に示した予測結果を林分密度管理図の性質と比較してみよう。林分密度管理図では、同一の本数密度、上層樹高を出発点とした場合、途中の密度管理の径路が異なっても同一の到達点に至ることができ、このとき林分の直径、樹高、本数、材積、そして間伐収量はすべて途中径路に依らず等しくなる性質をもつことを既に述べた。これに対し表2においては、「疎仕立て」の単位当たり立木本数237本は「中庸仕立て」464本の約50%減であるが、主林木の林分胸高断面積や幹材積はそれぞれ20%も小さくなっておらず、つまり低密度によって成長が促進された効果が単位面積当たりの総量の増加に結びついていることが明らかである。

植物群落を対象とした生態学における最終収量一定則とは、十分に時間が経過した後に単位面積当たりに存在するバイオマス量が、初期密度によらず一定であるとするものである（内藤1983）。この原則でいうところのバイオマス量は同時に生育できる生物量の総量であって、表2においては主林木材積がこの概念に最も近いと考えられる。森林の成長を表現するために開発された成長モデルにおいても、十分に時間が経過した後に主林木の総量（単位面積当たり胸高断面積あるいは幹材積の合計）が一定値をとることを組み込んだものは多い（内藤1983）。林分密度管理図においては、主林木についての最終収量が一定となるばかりでなく、始点が共通であれば途中で間伐された材積も必然的に等しくなるため、結果として総収穫材積も等しくなる。こうした制約は、林分密度管理図の成長モデルに間伐による成長促進効果が組み込まれていないことに起因している。

現実の林分においては、同一の本数密度、上層樹高を出発点とした場合、途中の仕立て密度が低いほど副林木材積は大きくなるので、もし十分に時間が経過した後に主林木幹材積が仕立て密度によらず一定値になることが仮定されるなら、総収穫材積は密度が低いほど大きくなるであろう。システム収穫表LYCSに組み込まれた成長モデルは、主林木幹材積の最終収量が一定値になるという性質を必然的に備えたものではなく近似的に成り立たせるだけであるが、その予測結果は林分密度管理図のモデルと比べても現実の林分成長に近いといえるだろう。

終わりに

本論では、システム収穫表LYCSに組み込まれた成長モデルを通常より低密度の林分にも適用するため、生態的視点から間伐効果、密度管理の水準、異なる密度管理の下での収穫量の比較などについて検討してきた。その結果、林冠の閉鎖を大きく破らない程度であれば、やや低い密度に対してもこの成長モデルがそのままの形で適用できることが示唆された。3通りの異なる仕立て密度を与えて一種の成長シミュレーションを試みたところ、「中庸」に比べて林分密度を24%下げても伐期における主林木材積は18%程しか減少せず、生育期間中の総収穫量（主副林木合計）ではほとんど差がなく、しかもさらに伐期を延長すれば総収穫量は密度が低いほど大きくなることがわかった。

この結果は、今日の森林・林業を取り巻く社会的状況を考えるとき、極めて大きな意味を持つと考えられる。新たな森林・林業基本法の制定により、これまで造成してきた1,000万haの人工林のうち3割余りが木材生産を主目的としない機能類型に振り向けられることとなった。このことだけに注目すれば我が国の木材生産のポテンシャルは確かに後退したかに見える。しかし本論の解析の結果、やや強い間伐を行って低い密度管理を行い林床に広葉樹等の侵入を促すなどの新たな森林管理の方針を導入しても、量的な木材生産機能を必ずしも犠牲にするものではないことが示された。低い密度によってもたらされる成長促進効果は二酸化炭素の吸収速度を高め、長伐期施業の下では主林木材積は通常の密度の林分と遜色ない水準まで高まっていく。しかも利用間伐によって林分から取り除かれる副林木の量は増大するため、間伐木が適切に利用されるなら、むしろ炭素が固定・貯留される量はより多くなるといえる。中下層に発達する自然植生の炭素固定量を加えれば、さらに多くなるであろう。もちろん明るい森林が生物多様性や水土保持などの点からも望ましいことはいうまでもないことである。

以上の通り、森林・林業に対する期待が変化している今日、やや低い密度での人工林管理はさまざまな側面から非常に優れた特徴を有していることがわかった。しかしながら裏を返せば、間伐の遅れた過密な人工林は成長が減退し、下層植生を失い、水土保持機能が損なわれるなどさまざまな弊害を生

み出していることを意味する。適切な間伐の重要性を再認識し、それが実践される有効な施策を期待するものである。

引用文献

- Ito, T. and Osumi, S. 1985. Growth models for total and average basal area in even-aged pure stands base on the Richards growth function(I) Derivation of the model, J. Jpn. For. Soc. 67:434-441.
- 木平勇吉 1992. システム収穫表、科学研究費総合(A)研究成果報告書、文部省、138pp.
- Konohira, Y. 1995. Definition of the System Yield Table, J. of For. Plann. 1:63-67.
- 真邊 昭 1982. トドマツ人工林の収穫量と収益の予測システムに関する研究、林試研報317: 1-65.
- Matsumoto, M. 1997. Consturction of yield tables for sugi (*Cryptomeria japonica*) in Kumamoto district using LYCS. J. For. Plann. 3:55-62.
- 箕輪光博 1983. 林木の生長に関する理論的考察 (III) 三次元log-Mitscherlich式系、日林誌65: 417-426.
- 内藤健司 1983. ロジスティック理論と密度管理—その展開過程一、林統研誌8: 1-13
- 内藤健司 1984. Richards functionに基づいた林分生長解析 (III) w-N曲線、日林誌66: 454-461.
- 白石則彦 1982. スギ人工林の直径、樹高、密度の関係について、日林関東支論34: 23-24.
- 白石則彦 1986. 同齢単純林の成長予測に関する研究、東大演報75: 199-256.
- 竹内公男 1980. 間伐された林分の蓄積生長式、日林誌62: 294-300.
- 竹内公男・長谷川茂 1975. 千葉演習林における林分生長資料、東大演習林19: 69-175.
- Tanaka, K. 1986. A stochastic model of diameter growth in an even-aged pure forest

stand, J. Jpn. For. Soc. 68:226-236.

田中邦宏 2002. 秋田地方スギ林を対象としたシステム収穫表のパラメータ推定、第113回日本林学会大会学術講演集436.

