

# 民有林の地域森林計画における収穫予測に関する研究(第1報)

## —減反率法による収穫予測上の問題点と改善策—

野田 巖<sup>(1)</sup>

森林総合研究所九州支所経営研究室

NODA, Iwao : A Study on Forecasting Yield for Regional Private Forest Planning (I)

- Problems and improvements on the gentan probability methodology -

要 旨：わが国の豊かな森林を持続的に維持・造成するために不可欠な森林計画立案の際の最重要項目として収穫予測が挙げられる。しかし、これまで民有林の地域森林計画において収穫予測のために使用されてきた減反率法は、予測値が現実値と大きく異なるという欠点があり、そのためより精度の高い新たな収穫予測法の確立が急務となっている。本研究は、減反率法の問題点を論議し新たな収穫予測法を開発するとともに、その成果を全国森林計画に導入することを目的に実施されたものである。

本報告では、予測値と現実値が乖離する原因を減反率理論の特性分析と岐阜県民有林を例にした諸要因の現状分析をもとに考察したところ、減反率法に「伐り控え」「伐期の延長」等、経済的条件に対応できる仕組みがないことを明らかにした。一方、その他様々な収穫予測法と比較検討したところ、前記の欠点はあるが、数多くの森林所有者から構成される民有林の収穫予測法としては、現在のところ減反率法が最も優れているようであった。そこで、減反率法の改善策を検討したところ、「経済的条件の変化に応じた減反率パラメータ決定」「減反率算出方法改良」「最高齢級の取り扱い」等の改善策を取り入れることが必要であると認められた。

### 目 次

1 緒論 .....	54
1.1 はじめに .....	54
1.2 研究の目的 .....	55
1.3 研究の方法と構成 .....	56
2 減反率法による収穫予測上の問題点 .....	57
2.1 森林計画制度における減反率法の位置づけと利用の現状 .....	58
2.2 収穫予測量と現実収穫量との乖離の事例 .....	58
2.3 減反率理論からみた問題点 .....	60
2.3.1 減反率理論の概要 .....	60
2.3.2 減反率パラメータが将来予測に及ぼす影響 .....	62
2.4 収穫予測に影響を及ぼす諸要因の現状分析 .....	68

2.4.1	分析の目的と使用データ	68
2.4.2	樹種による減反率曲線の違い	69
2.4.3	伐採面積の動き	69
2.4.4	林道開設等が伐採に及ぼす影響	70
2.4.5	林道からの距離別による間伐傾向の違い	76
2.4.6	所有規模と伐採傾向の関係	77
2.4.7	更新に伴う樹種転換の現状	80
2.5	考察	80
3	収穫予測上の改善策	82
3.1	収穫予測手法の立場からみた減反率法の有用性	82
3.2	経済的条件の変化を考慮した減反率パラメータの決定	84
3.3	減反率算出方法の改良	85
3.4	最高齢級の取り扱い	88
3.5	減反率法の適用領域と適用しない領域の区分	89
3.6	計算単位の細分化	92
3.7	考察	92
4	結論	92
	謝辞	94
	引用文献	94
	Summary	98

## 1 緒論

### 1.1 はじめに

林業の収穫物である木材は、その生産のために長期を要し、林木の蓄積と成長量を正確につかみにくい特徴を持つ。生産期間の長い林木を維持・造成しながら経営を続けるためには、しっかりとした経営方針と定期的な収穫量並びに森林資源推移の予測を欠かすことができない。このような森林計画樹立に関する研究は、森林経営学の中で重要な位置を占める。

森林経営学の中心的課題の一つに収穫規整がある。合理的に許容伐採量、標準伐採量を予測する収穫規整法は、古くは単なる材積収穫の保続を目的としたものから、法正林思想の誕生により連年の材積収穫が永久的に保続される法正林造成を目的とするもの、さらには保続と同時に収益追求を目的とするものへと時代の流れとともに生まれてきた。本研究で取り上げた減反率法もその流れの中で誕生した一つである。

わが国の高度経済成長期に誕生した減反率法は、民有林の地域森林計画に適用されて30年以上になる。誕生当時は、わずかずぎ50m<sup>3</sup>の収穫量が、1年分の農家所得に匹敵する収入を稼ぎ出す「林業にとって異常に恵まれた時代」であった。しかし、昭和40年代後半以降、低成長期になるにつれ、わが国民有林経営

を取り巻く経済的条件も当時と一変していった。国産材需要に与える安価な輸入外材圧力、賃金・生産費の高騰、山元立木価格の下落・低迷から、昭和50年代後半には年間農家所得相当のスギ収穫量は250m<sup>3</sup>へと急増する。しかも、生産コストの上昇から経営の収益性指標である内部収益率は、1961年8%→1981年3%と急減したが、この事実は民有林経営を取り巻く経済的条件の悪化を物語っている。本来、積極的な林業経営を前提として誕生した減反率法が、ここ10数年来、地域森林計画樹立担当者から、現実に見合う収穫量をはるかに越える量が予測されると指摘されてきたのも、こういった林家の苦しさからくる生産活動意欲の低下を背景にするといえよう。

戦中・戦後の過伐で荒廃したわが国の森林は、山村の林業に携わる人々を中心とした森林経営努力に支えられ造成・整備されてきた。その結果、森林面積は30年間2500万haを維持し、森林率は67%と世界でも高い水準を維持するに至っている。森林資源内容も、この30年間に蓄積で1.7倍となり、人工林面積は1000万haにまで達した。

国民の価値観の変化から、森林・林業に対する認識も変わった。森林は、木材生産のみならず、多様な公益的機能を有する場、すなわち「緑資源」として認識されるようになり、他方で林業は、充実した緑資源の創造に貢献する重要な役割を担うものとして期待されるようになった。

このような国民の森林・林業に対する要請の一方、わが国森林の69%、1700万haを占める民有林の中には、近年の林業生産への意欲の低下から、適正な管理の行われていない森林が増加している。森林が持続的再生産可能資源であるとするのは、適正な管理を前提にしたときである。わが国は、21世紀に向けて山村と森林・林業を再生していけるかどうかの岐路に立たされているのである。

このような森林管理の必要性から、平成3年に森林計画制度の中へ「流域管理システム」が導入された。これは従来、国有林と民有林が個別に樹立していた地域の森林計画を、両者の連携がとれた地域ぐるみのものとし、適切な森林整備を行おうとするものである。このようにみると、今後一層地域ごとの森林計画の重要性が増すことになるが、適正な地域ごとの森林計画樹立のためには森林資源内容の将来像を明らかにし、これをもとに一定期間ごとの適正な整備目標、政策方針（例えば、地域の特徴に即した経済効率的な林業生産システムの確立等、地域林業を発展させる方策）を計画に盛り込む必要がある。特に、多数の森林所有者からなる民有林の地域森林計画において、森林資源現況と森林所有者の伐採に対する傾向に基づき精度の高い収穫予測手法を確立することは最重要課題といえる。

ところで、現在、民有林の地域森林計画の現場で使用されている減反率法は、最近ではその本質的な役割を果たしていないとされる。しかし、森林資源現況と伐期齢の平均と分散から将来の収穫量・資源現況を予測するこの方法は、計画樹立担当者にとって非常に簡便という長所を備えている。そこで、減反率法が近年、うまく機能しなくなった理由を明らかにし、それを改善して予測精度の高い新たな収穫予測法を探索することは、適正な地域森林計画樹立の助けとなる望ましい一つの方策であろう。

## 1.2 研究の目的

前項では、わが国の森林・林業は適正な地域森林計画を必要としており、収穫量と資源の推移に関する精度の高い予測が最重要課題とされる背景について述べた。また、現在まで民有林の地域森林計画立案作業で、減反率法は将来の森林資源の推移と収穫量の予測に使われてはいるが、本質的な機能を果し

ていないと指摘される現状についても触れた。これらのことから、新たな収穫予測法の確立が不可欠な状況にあるといえる。

わが国森林面積の大半を占める民有林の特徴は、非常に多くの森林所有者から構成されていることである。これは、諸外国にはまれな特徴である。鈴木は、この特徴をもつ民有林の森林計画における収穫予測のためマルコフ過程を適用して減反率法を考案した(科学技術庁資源局, 1961)。

減反率法以外にみられる収穫予測手法については、第3章で詳しく触れるが、線形計画法が最も代表的で、主として北米で実用化されている。わが国でも科学技術庁資源局(1963)、南雲(1970)、熊崎(1974)等の研究がみられるが、減反率法のように現場で実務に供されるまではいたっていない。自然環境条件が複雑であり、異なる考えを持った数多くの森林所有者らによって施業がなされる民有林の場合、森林施業体系がとりわけ複雑である。このため、線形計画法で用いるデータ数は膨大になるので、計算コスト、実行の困難性等も考慮すると、本方法は民有林の森林計画に適しているとは言い難い。なぜならば線形計画法を実用化するためには、北米のように単位林分面積が広く、森林の林相、施業体系が単純でなければならないからである。このような事情から、わが国では線形計画法よりもむしろ減反率法、シミュレーション手法が発達してきたのである。

マルコフ過程による減反率法は、実行に際して、森林現況と二つの減反率パラメータ(平均伐期齢、伐期齢分散)を用いて将来の森林現況と収穫量を予測でき、シミュレーションの実験も可能である(科学技術庁資源局, 1963)等の利点をもっているので、計画実務担当者にとっては非常に便利な手法である。減反率法が誕生した当時、鈴木は、Table 1で示す群馬県民有林の伐採データをもとに実際の伐採率と理論減反率を比較してその信頼性を確認している(科学技術庁資源局, 1963)。減反率法の適用上の問題点に関して行われてきた研究については、第3章で詳しく述べるので、ここでは研究目的との関係から説明する。田中(1979)、野田ほか(1983)、BLANDON(1991)は減反率算出方法の問題点を指摘し、その改善策として野田らは、伐採面積率から求めた平均伐期齢、伐期齢分散を使って減反率を算出する方法を、田中、BLANDONは伐採統計の最高齢級が低く設定されることによる誤差をなくすため、打ち切り時間標本による方法を示した。田中(1980)、野田ほか(1983)、天野ほか(1984)、BLANDON(1994)らは、減反率法では減反率が計算期間を通じて一定であると仮定されているが、実際の減反率は時間とともに変化していることを見いだした。田中、BLANDONの打ち切り標本としての処理方法を除いては、減反率法的前提条件が現在合わなくなっていることを指摘するにとどまり、改善策を示してはいない。そこで、減反率法を改善して、民有林の地域森林計画樹立に当たって有効な新しい収穫予測法を確立するとともに、その成果が全国森林計画樹立に寄与することを最終目的として本研究を実施した。

### 1.3 研究の方法と構成

本研究は減反率法による予測値と現実値が合わない原因を理論、実践両面から検討し、その結果から減反率法の欠点を改良した新しい収穫予測モデルを開発することを目的とするものである。第1報である本論文はその内の減反率法の問題点と改善策を明らかにしたものである。本研究を進めるにあたって最も重要なことは、現状分析およびモデルあるいはシステムの再現性と予測精度を検証するに必要なデータを得ることであり、データが豊富な岐阜県内の民有林を研究対象として取り上げた。

Table 1. 昭和30年代の減反率計算例  
Gentan probabilities in the period of 1955-1965

伐採齢級 Age class	伐採面積 Area harvested	伐採比率 Harvesting rate	理論減反率 Gentan probability
4	94 ha	5 %	2 %
5	204	10	9
6	316	16	17
7	333	17	22
8	339	18	20
9	378	20	14
10	161	8	9
11	63	3	4
12	19	1	2
13	2	0	1
more than 14	9	0	0
計 Total	1 918	100	100

注) 科学技術庁資源局 (1963) の表を転載した。群馬県民有林での例で、平均伐期齢7.52齢級、伐期齢分散3.553齢級<sup>2</sup>である。  
Notes : Reprinted from Science and Technology Agency (1963). This is the example of private forests in Gunma prefecture. The mean and variance of felling age class are 7.52 and 3.553.

本論文の第2章以下の構成は次の通りである。

第2章では、減反率法による予測値と現実値が合わないことを、木曽川地域森林計画区を例として具体的に示す。次に、その乖離の原因(減反率法の問題点)を、①減反率理論の特性、②岐阜県における民有林の伐採傾向に対する現状分析、の両面から明らかにする。

第3章では、前述の問題点をふまえて、減反率法の改善策について検討する。

第4章では、本論文を要約、総括した結論を導く。

なお、この研究で使用した各種分析プログラムはFORTRAN言語で作成し、その実行には、ACOS-8000(農林水産研究センター)とDEC VAXstationを使用した。減反率算出に必要な $\chi^2$ 分布上側確率を求めるためのアルゴリズムは、ABRAMOWITZ et al.(1964)、PEIZER et al.(1968)の近似方法をもとに作成した。

## 2 減反率法による収穫予測上の問題点

本章では、まず、森林計画制度における減反率法の位置づけを明らかにするとともに、その利用の現状について述べる。次に、木曽川地域森林計画区を対象として、減反率法による予測値が現実値に合わない事例を示す。そして、その乖離の原因(問題点)を減反率理論の特性、具体的には平均伐期齢と伐期齢分散、期首資源構成が予測結果に与える影響に関して、いくつかのケースを設定して実施したシミュレーション実験をもとに分析する。さらに、岐阜県下の民有林の伐採傾向に関する現状分析結果を用い、林業を取り巻く経済的条件の変化と関連づけながら、問題点を明らかにする。

## 2.1 森林計画制度における減反率法の位置づけと利用の現状

減反率法は民有林地域森林計画で適用されて30年以上になる今日、森林計画立案の現場担当者から、減反率法で算出される量と実行可能量の間に大きな差があると指摘されるようになってきている。しかし、現在でも地域森林計画樹立時の立木竹の伐採に関する事項で、減反率法を利用することが推奨されている(森林計画制度研究会, 1992)。その理由として、減反率法が計画期首の森林現況と伐採傾向を示す平均伐期齢、伐期齢分散の二つのパラメータで将来の収穫量、資源の推移を予測できるという実行容易性を持つことが挙げられる。

地域森林計画は、その上位計画に即して樹立される。政府が、林業基本法により必要と認められたときに改定する「森林資源に関する基本計画」、「林産物の需要及び供給に関する長期見通し」が最上位計画となる。これらの計画期間について特段規定はないが、昭和62年樹立計画では「資源基本計画」が向こう50年間、「長期需給見通し」が20年間であった。これに即して、5年ごとに農林水産大臣は「全国森林計画」を1期15年として樹立し、全国の44広域流域別に、資源整備の目標、収穫量、造林量等の計画量が作成される(農林水産省, 1991)。計画単位となる広域流域は、平成3年森林法改正に伴う「流域管理システム」の導入によって再編成されたものである。流域管理システムは、計画樹立体系を別にしていた国有林と民有林について、両者の連携を図りながら森林整備を推進する必要性から導入され、計画単位が、従来の29ブロックから44広域流域とされた(小沢, 1992)。地域森林計画は、全国を158に分画した森林計画区ごとに知事が民有林について、営林局長が国有林について、5年ごとに10年を1期として樹立する。このように平成3年の「流域管理システム」導入に伴い、国有林と民有林は連携をとりながら計画を樹立し、森林整備を行なうこととなった。

広域流域ごとに提出された収穫の計画量は、当該都道府県の各森林計画区の前・中・後期分の数量として割り振られ、地域森林計画樹立における基準収穫量として適用される。同時に、全国森林計画による到達すべき森林資源の状態も、地域森林計画樹立における森林整備目標として適用される。このような背景のもとで、平均伐期齢、伐期齢分散、期首資源構成から将来の収穫量、資源の推移を同時に予測できる減反率法は、現実的な数量が予測されないといわれつつも、地域森林計画樹立に広く活用されてきた。しかし南雲(1981)が指摘するように、減反率法は計画樹立の中で本質的な機能を果たしておらず、利用の現状は必ずしも満足できるものではない。そこで以下では、減反率法の現状と問題点を明らかにする。

## 2.2 収穫予測量と現実収穫量との乖離の事例

地域森林計画において伐採材積の予測のために採用されている減反率法を使って、将来の伐採面積、森林面積を予測した例をTable 2に示す。使用したデータは、岐阜県の木曾川地域森林計画区の1962年から1982年までの森林資源構成である。今回はヒノキ(*Hinoki*, *Chamaecyparis obtusa*)について1967年を計画期首にし、5年を1分期間とする15年(3分期)間の伐採面積を予測し、4分期までの齢級別森林面積を算出した。なお現実の伐採量は、資源構成表から求めた。

予測に用いた減反率パラメータ(平均伐期齢、伐期齢分散)は、減反率法で一般的に行われているように、計画期首以前の伐採傾向を表すものとして1962年~1966年の齢級別伐採面積から求められている。

Table 2. 減反率法による分り別伐採面積の予測値と現実値の比較  
(木曾川地域森林計画区, 樹種: ヒノキ)

The harvested areas forecasted by the gentan probability methodology and the areas actually harvested (Kisogawa forest planning area, Hinoki)

Unit:ha

年齢級 Age class	1分り		2分り		3分り	
	1st period		2nd period		3rd period	
	実績 Actual	予測 Forecasted	実績 Actual	予測 Forecasted	実績 Actual	予測 Forecasted
1	0	331	66	290	0	298
2	228	776	31	552	0	484
3	0	646	75	931	0	663
4	54	340	131	700	725	1 009
5	0	247	28	313	357	646
6	111	307	12	206	233	261
7	47	388	0	276	90	185
8	42	412	61	302	98	215
9	244	392	13	295	81	216
10	271	393	32	314	175	236
11	143	302	34	295	132	235
12	94	163	38	201	289	196
13	74	90	42	163	151	201
14	9	36	10	45	87	81
more than 15	3	16	9	85	67	153
計 Total	1 321	4 839	580	4 968	2 485	5 079

Table 3. 減反率法による分り期首森林面積の予測値と現実値の比較  
(木曾川地域森林計画区, 樹種: ヒノキ)

A comparison of the standing area forecasted by the gentan probability methodology and the actual standing area (Kisogawa forest planning area, Hinoki)

Unit:ha, %

年齢級 Age class	2分り期首			3分り期首			4分り期首		
	2nd period(1972)			3rd period(1977)			4th period(1982)		
	現実値 Actual	予測値 Forecasted	誤差率 Error rate	現実値 Actual	予測値 Forecasted	誤差率 Error rate	現実値 Actual	予測値 Forecasted	誤差率 Error rate
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5 625	5 193	-7.68	-	-	-	-	-	-
3	7 068	6 520	-7.76	5 594	4 641	-17.04	-	-	-
4	4 544	3 877	-14.67	6 994	5 589	-20.08	5 725	3 978	-30.52
5	1 826	1 541	-15.63	4 412	3 177	-28.00	6 268	4 580	-26.93
6	1 262	967	-23.39	1 799	1 228	-31.74	4 055	2 531	-37.58
7	1 330	1 134	-14.71	1 251	761	-39.15	1 566	967	-38.25
8	1 550	1 208	-22.04	1 338	858	-35.87	1 161	576	-50.39
9	1 607	1 238	-22.98	1 489	906	-39.14	1 239	643	-48.10
10	1 405	1 256	-10.59	1 595	943	-40.86	1 407	690	-50.96
11	1 300	1 178	-9.36	1 372	942	-31.36	1 419	707	-50.18
12	1 064	905	-14.98	1 266	883	-30.24	1 241	707	-43.03
13	637	569	-10.72	1 026	704	-31.40	977	687	-29.68
14	241	225	-6.61	596	406	-31.86	875	503	-42.51
more than 15	233	193	-17.10	455	288	-36.70	897	460	-48.72
計 Total	29 692	26 004	-12.42	29 186	21 326	-26.93	26 830	17 029	-36.53
平均誤差率 Mean of error rate			-14.16			-31.80			-41.40
誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate			5.51			6.81			8.37

注) 表中の '-' は、拡大造林の影響が考えられるため除いた箇所である。誤差率は、残差 (= 予測値 - 現実値) の現実値に対するパーセント値である。

Notes: The mark '-' shows omitted data including effects of afforestation. Error rate shows percentage of residual error for actual value.

ここでは、平均伐期齢6.83齡級、伐期齢分散14.48齡級<sup>2</sup>であった。Table 2に示した分期別伐採面積の予測結果と現実量をみると、減反率法による計画量は実際の値を数倍上回る伐採量となっている。

予測された分期別齡級別伐採面積から算出した齡級別森林面積を、分期別に示したのがTable 3である。なお、2分期では1齡級が、3分期では1～2齡級が、4分期では1～3齡級が、予測期間内で更新された新生林分に相当する。現実の新生林分面積には、拡大造林による面積の増大が含まれるため、Table 3ではそれらの齡級は予測値と現実値との比較から除かれている。

現実値と予測値の誤差を示す指標として、齡級ごとに誤差率(予測値から現実値を引いた残差を現実値で割ったパーセント値)を用い、また、分期別森林現況全体の予測精度評価の指標として、齡級別誤差率の平均(平均誤差率)と標準偏差(誤差率標準偏差)を用いた。

予測された森林面積の誤差率は、いずれの齡級もマイナス値となり、分期を経るにつれて誤差率絶対値は大きくなった(Table 3)。予測された齡級別森林面積は、分期を経るにつれ一層現実値に比べ少なくなり、4分期では平均で現実値の59%に落ち込んでいる。結果として、誤差率標準偏差が各分期を通じて9%以下で、全体に一樣な誤差率である一方、平均誤差率は-14%→-32%→-41%である。これは、減反率法による伐採面積の予測値が、各齡級で過大となってしまっていることに起因している(Table 2)。

このように、地域森林計画において減反率法で予測される伐採収獲量が、実行量を上回ってしまう現状は、計画樹立担当者によっても指摘されている(古川ほか, 1984; 三島ほか, 1984; 荻巢ほか, 1992等)。すなわち、期首の林業生産活動に基づく伐採傾向が、予測期間でも継続するという減反率法の前提に対して、実際には10年あるいはそれ以上の計画期間内で、既に減反率が変動していることを示している。

### 2.3 減反率理論からみた問題点

#### 2.3.1 減反率理論の概要

減反率法は、面積平分法から出発した鈴木の減反率理論に基づくもので、その理論の概要を科学技術庁資源局(1961)にしたがって述べておく。減反率 $q_j$ は、ある林分が植栽されて $j$ 齡級になったとき伐採される確率、保存率 $p_j$ は、林分が $j$ 齡級以上に存続する確率、と定義される。減反率は、 $\chi^2$ 分布にしたがうことがポアソン過程を用いて理論的に明らかにされており減反率、保存率は自由度 $n$ の $\chi^2$ 分布 $g_n(\chi^2)$ を用いて

$$q_j = \int_{2Mj}^{2M(j+1)} g_n(\chi^2) d\chi^2 \quad (1)$$

$$p_j = \int_{2Mj}^{\infty} g_n(\chi^2) d\chi^2 \quad (2)$$

ただし、

$$g_n(\chi^2) = \frac{2^{-n/2}}{\Gamma(n/2)} \cdot \exp\left[-\frac{\chi^2}{2}\right] \cdot (\chi^2)^{n/2-1} \quad (3)$$

と表される。ここで、 $M$ は齡級間の刻み幅である。 $n$ 、 $M$ は、林分の寿命の平均値である平均伐期齢 $\bar{t}$ と伐期齢分散 $\sigma^2$ を使って、

$$M = \bar{t} / \sigma^2 \quad (4)$$

$$n = 2 \cdot (\bar{t})^2 / \sigma^2 \quad (5)$$

と表される。従って、減反率 $q_j$ 、保存率 $p_j$ は、平均伐期齡、伐期齡分散から、自由度 $n$ の $\chi^2$ 分布で算出できるが、通常は、自由度 $n$ の $\chi^2$ 分布上側確率表を用いて、横軸に $\chi^2$ 値を、縦軸に上側確率をとって作成された減反曲線から求める (Fig.1)。

保存率は、減反曲線の横軸 $\chi^2 = (2M), (2M) \cdot 2, (2M) \cdot 3, \dots$ に対応する上側確率を読みとって求め、減反率は、

$$q_j = p_j - p_{j-1} \quad (6)$$

の関係を使って求める。

既に  $j$  齡級の林分が  $j + 1$  齡級になるまでに伐採される確率 $r_j$ は、

$$r_j = q_j / (1 - q_1 - q_2 - \dots - q_{j-1}) \quad (7)$$

として表される。 $j$  齡級の林分面積 $a_j$ の1分期間の伐採面積 $y_j$ は、

$$y_j = a_j \cdot r_j \quad (8)$$

として計算される。収穫量は、伐採面積と林分収穫表から得られる。

ところで、森林資源の推移は、 $j$  齡級の林分が次分期に $k$ 齡級になる齡級遷移確率 $p_{jk}$ を成分とする林齡遷移行行列 $P$

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{21} & \dots & P_{n1} \\ P_{12} & P_{22} & \dots & P_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{1n} & P_{2n} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix} \quad (9)$$

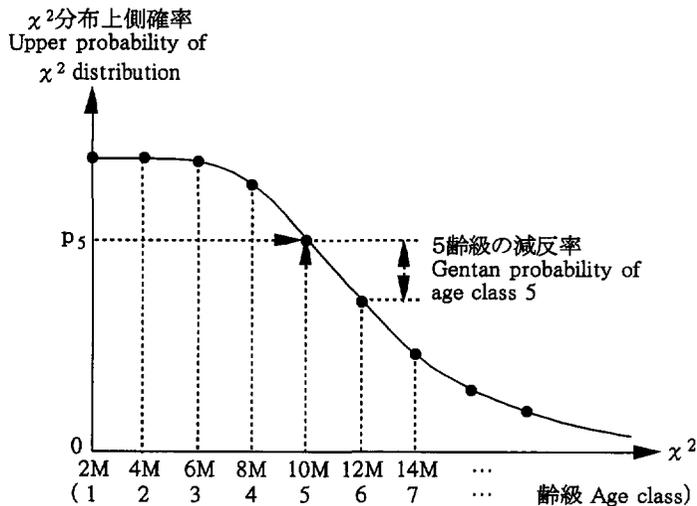


Fig.1. 減反曲線と保存率、減反率の関係  
Relations of Gentan-curve, Survival rate and Gentan probability  
注)  $P_5$ : 5齡級の保存率 Survival rate of age class 5

ただし、簡単のため $k=0$ は考慮しない

により、現在の林齢ベクトルを $a$ 、次分期の林齢ベクトルを $a'$ とすると、

$$a' = P \cdot a \quad (10)$$

$$\text{ただし、} \quad a = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} \quad a' = \begin{pmatrix} a'_1 \\ a'_2 \\ \dots \\ a'_n \end{pmatrix}$$

と表現できる。簡単のため、伐採された森林は、その分期内に更新されるとすれば、齢級遷移確率と減反率には、

$$q_j = p_{12} \cdot p_{23} \cdot \dots \cdot p_{j-1,j} \cdot p_{j1} \quad (11)$$

$$p_{j1} = q_j / (1 - q_1 - q_2 - \dots - q_{j-1}) \quad (12)$$

$$1 - q_1 - q_2 - \dots - q_j = p_{12} \cdot p_{23} \cdot \dots \cdot p_{j-1,j} \quad (13)$$

の関係があることから、減反率から林齢遷移行列を作成して、将来の森林資源の推移を計算することもできる。

### 2.3.2 減反率パラメータが将来予測に及ぼす影響

MINOWA et al. (1981), 南雲(1983)は、地域における長期計画の重要性から、その樹立方法の研究で、寿命分布に本来の $\chi^2$ 分布を使うよりも現実的であるとしてワイブル分布を使い、複数の減反率を設定して、資源構成と伐採面積の推移の違いを確かめた。しかし、それは $\chi^2$ 分布をワイブル分布に変えただけであって、予測に大きい影響を与えると想定される齢級分布の違いに関する検討は、これまで行われていない。そこで、本来の減反率法の特徴を確かめる目的から、寿命分布に $\chi^2$ 分布を使用し、二つのモデル林について数ケースの減反率を設定し、減反率パラメータと資源構成・伐採面積の推移の関係をシミュレーション実験で分析する。計算分期(1分期：5年)は、長期計画を考慮してMINOWAらの10分期よりも長い15分期とした。

#### (1) 平均伐期齢、伐期齢分散と減反曲線

平均伐期齢 $\bar{t}$ と伐期齢分散 $\sigma^2$ が、将来の資源に与える影響を調べるため、「短伐期／長伐期」, 「ある齢級に偏った伐採／分散的伐採」を想定した $\bar{t}$ と $\sigma^2$ の4通りの組合せを設定した(Table 4)。以後、各々の組合せをケース a, b, c, dとする。各々の減反曲線、減反率の分布をFig.2, Fig.3に示す。

減反曲線は、植栽された林分がすべて伐採されるまでの過程を表す。例えば、j 齢級の保存率を $p_j$ とし $p_1=100\%$ ,  $p_{10}=52\%$ とすると、100haの林分が植栽されて、その林分が10齢級になったときに52haしか存在しないことを示す。

ケース a と c, b と d のように、 $\sigma^2$ が一定で $\bar{t}$ のみ増減すると、減反曲線の傾斜部分はほとんど変化せず、およそ $\bar{t}$ の増減分だけ左右にシフトする(Fig.2)。ケース a と b, c と d のように、 $\bar{t}$  が一定で $\sigma^2$ が増減すると、 $\bar{t}$ を変曲点とする傾斜部分は、 $\sigma^2$ が増加すると緩やかになり、 $\sigma^2$ が減少すると急になる。すなわち、減反率パラメータが減反曲線に与える効果は、

(a)  $\bar{t}$ は傾斜部分の横方向の位置を決め

(b)  $\sigma^2$ は傾斜部分の緩急を決める

といえる。これを、減反率分布との関係でみると、(a)の効果は減反率分布のピークがどの年齢になるかを、(b)の効果は減反率分布の広がりを決めることが明らかである (Fig.2, Fig.3)。

(2) 平均伐期齢、伐期齢分散と伐採面積の推移

10年を1期として5年ごとに樹立される地域森林計画で、伐採材積の算出のために減反率法を適用する際には、5年を1分期とし数分期後まで予測することが多い。そこで、減反率法で予測される将来の伐採面積に $\bar{t}$ 、 $\sigma^2$ が与える影響について考察する。

ここで、森林面積がともに10万haで、年齢分布が異なる二つのモデル林を設ける (Table 5)。一つは、4、5年齢に面積が集中しているわが国の森林資源構成に近いもので、この森林を「モデル1」とする。もう一つは、減反率理論における「広義の法正状態」(鈴木, 1969)に近い「モデル2」である。鈴木は、減反率法による極限の年齢分布は減反曲線と相似で、永久に同じ状態を保持し、同じ収穫量を上げることができることから、この理論的に安定な極限状態を「広義の法正状態」と呼んだ。

二つのモデル林に対して、先の $\bar{t}$ 、 $\sigma^2$ の組合せからできる4ケースを取り上げ、減反率法による収穫予測を第15分期まで実行した。ただし、簡単のため拡大造林、林地の転入出、更新面積の繰越し等は考慮しないこととする。モデル1について第1~15分期の伐採面積の推移をFig.4に、年齢分布の推移を第1、8、15分期についてケースごとにFig.5~Fig.8に示す。同様にモデル2の伐採面積、年齢分布の推移をFig.9~Fig.13に示す。以下、まずモデル1を例に、減反率パラメータが伐採面積に与える影響を考察し、次いでモデル1、2の計算結果を比較して年齢分布の違いについて考察する。

Table 4. 平均伐期齢 $\bar{t}$ と伐期齢分散 $\sigma^2$ の組合せと保存率  
Combinations of the mean and variance of felling age class and survival rates derived from the parameters

ケース区分 Cases	Unit: %				
	a	b	c	d	
年齢 Age class	$\bar{t}$	7	7	11	11
	$\sigma^2$	4	8	4	8
1	100.0	100.0	100.0	100.0	
2	100.0	99.2	100.0	100.0	
3	99.4	95.5	100.0	100.0	
4	95.5	87.0	100.0	99.9	
5	84.5	74.2	100.0	99.6	
6	66.6	59.3	99.8	98.0	
7	46.2	44.6	98.8	93.9	
8	28.4	31.9	94.5	86.2	
9	15.6	21.7	84.3	74.8	
10	7.8	14.2	67.5	61.0	
11	3.6	9.0	47.6	46.6	
12	1.5	5.5	29.3	33.4	
13	0.6	3.3	15.7	22.6	
14	0.2	1.9	7.5	14.4	
15	0.1	1.1	3.2	8.8	
16	0.0	0.6	1.2	5.1	
17	0.0	0.3	0.4	2.8	
18	0.0	0.2	0.1	1.5	
19	0.0	0.1	0.0	0.8	
20	0.0	0.1	0.0	0.4	

Table 5. モデル林の計画期首年齢分布  
Distributions of age class of the model forests at the beginning of planning

年齢 Age class	Unit: 100ha	
	モデル1 Model 1	モデル2 Model 2
1	11.88	163.02
2	26.88	153.50
3	59.94	144.17
4	181.34	139.95
5	242.46	120.44
6	204.57	73.43
7	85.99	28.62
8	45.85	22.10
9	31.82	22.84
10	27.44	30.21
11	17.43	19.02
12	19.24	30.11
13	12.01	15.65
14	14.72	18.10
15	6.63	7.00
16	7.07	7.37
17	1.46	1.47
18	1.59	1.77
19	0.52	0.52
20	1.17	0.71
計 Total	1 000.00	1 000.00

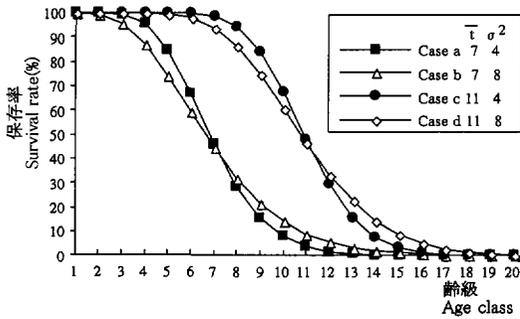


Fig.2. 減反曲線  
Gentan curve

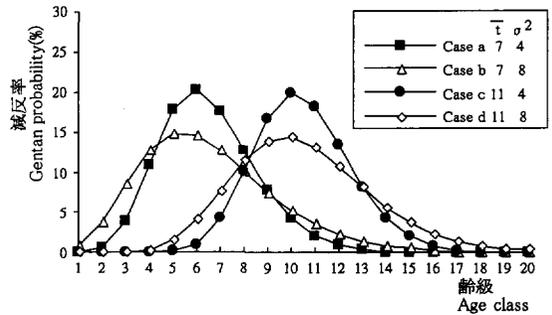


Fig.3. 減反率の分布  
Distribution of gentan probability

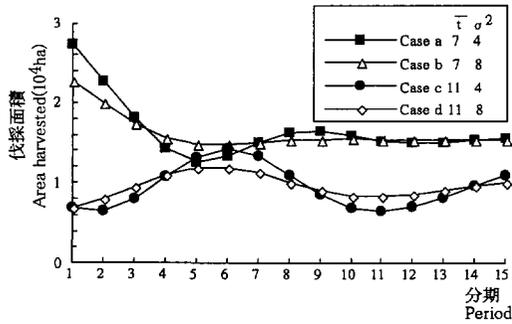


Fig.4. 分期別伐採面積(モデル1)  
Forecasted Areas harvested in each period  
(Model 1)

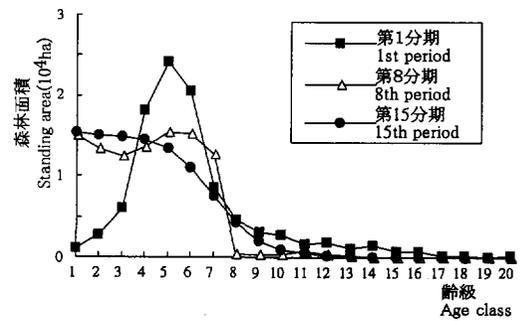


Fig.5. 分期期首年齢分布の推移(モデル1; Case a)  
Transition of age class distributions of standing  
areas in each period (Model 1; Case a)

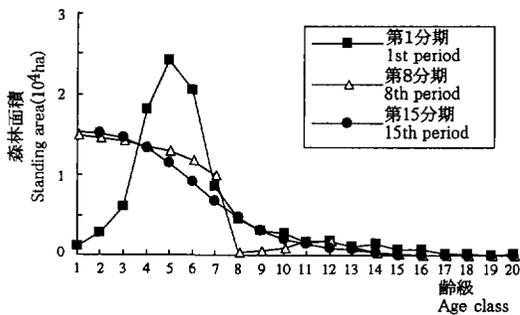


Fig.6. 分期期首年齢分布の推移(モデル1; Case b)  
Transition of age class distributions of standing  
areas in each period (Model 1; Case b)

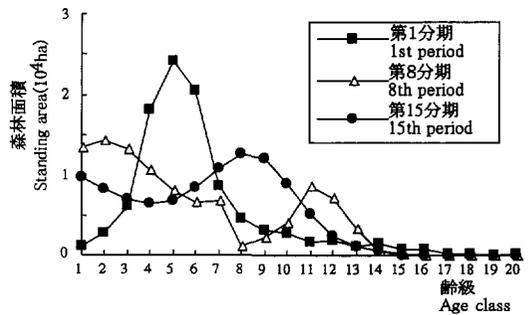


Fig.7. 分期期首年齢分布の推移(モデル1; Case c)  
Transition of age class distributions of standing  
areas in each period (Model 1; Case c)

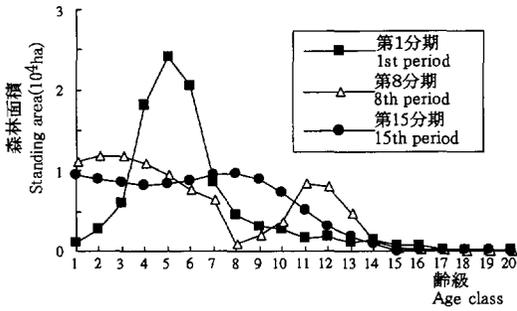


Fig.8. 分期期首齡級分布の推移 (モデル1; Case d)  
Transition of age class distributions of standing areas in each period (Model 1; Case d)

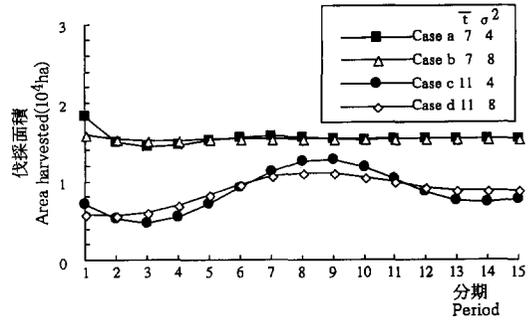


Fig.9. 分期別伐採面積 (モデル2)  
Forecasted area harvested in each period (Model 2)

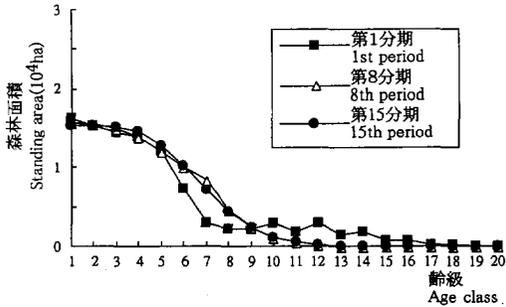


Fig.10. 分期期首齡級分布の推移 (モデル2; Case a)  
Transition of age class distributions of standing areas in each period (Model 2; Case a)

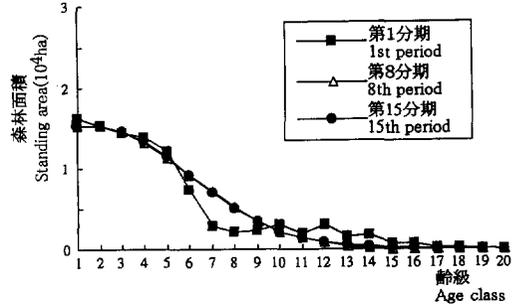


Fig.11. 分期期首齡級分布の推移 (モデル2; Case b)  
Transition of age class distributions of standing areas in each period (Model 2; Case b)

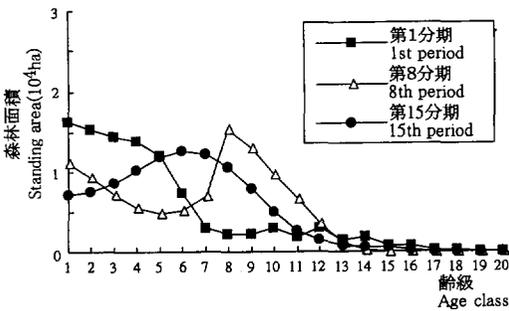


Fig.12. 分期期首齡級分布の推移 (モデル2; Case c)  
Transition of age class distributions of standing areas in each period (Model 2; Case c)

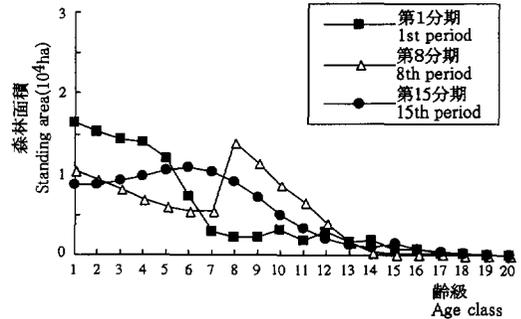


Fig.13. 分期期首齡級分布の推移 (モデル2; Case d)  
Transition of age class distributions of standing areas in each period (Model 2; Case d)

ア. 計画初期伐採面積

地域森林計画では、減反率法による数分期間の予測のうち、第2分期間までが計画樹立に使用されることが多い。そのため、予測期間における初期時点の伐採面積は、計画樹立に重要な影響を及ぼす。従来から、減反率法による算出値が現実値をかなり上回ることが指摘されていた(野田ほか, 1983; 古川ほか, 1984等)が、ここで行った計算でも、モデル1のように現実でも存在する団塊を持つ齡級分布では、 $\bar{t}$ が7齡級と11齡級とでは第1分期間伐採面積に大きな差があった(Fig.4)。また、モデル1の最初の数分期間についてみると伐採面積は、 $\bar{t}$ が7齡級で減少するが、 $\bar{t}$ が11齡級の場合では増加した。そこで以下に、計画初期伐採面積の推移の違いをもたらす原因を計画期首齡級分布と減反率パラメータの関係から明らかにする。

モデル1の計画期首齡級分布と a, b, c, d の4ケースの減反率との関係をFig.14に示した。Fig.14でみるように減反率分布と齡級分布の重複部分が大きいケース a, b では、計画期間における初期の伐採面積は他のケースに比べ多いことがFig.4より明らかである。モデル1のケース a, b では、第1分期間から大量の伐採が行われ、第2分期間以後の齡級分布のピークは急速に低減する。一方、モデル1のケース c, d では、最初のうちは齡級分布と減反率分布の重複が小さいので、伐採面積は少ない。しかし、分期間の進行とともに齡級分布のピークが減反率のピークに接近するので重複部分が増加し、伐採面積が増加する。このことから、予測期間初期の伐採面積の推移は、計画期首齡級分布と減反率の分布の関係から規定されるといえる。

イ. 伐採面積の推移

分期間の進行に伴う伐採面積の推移には、明らかな振動現象がみられる(Fig.4)。伐採されると必ず同分期間内に更新され、伐採林分が次分期間には1齡級となることを考えると、齡級分布の団塊が $\bar{t}$ を通過する時に、伐採面積に増加→減少という現象が生じるため、更新面積にも増加→減少という現象が起きる。

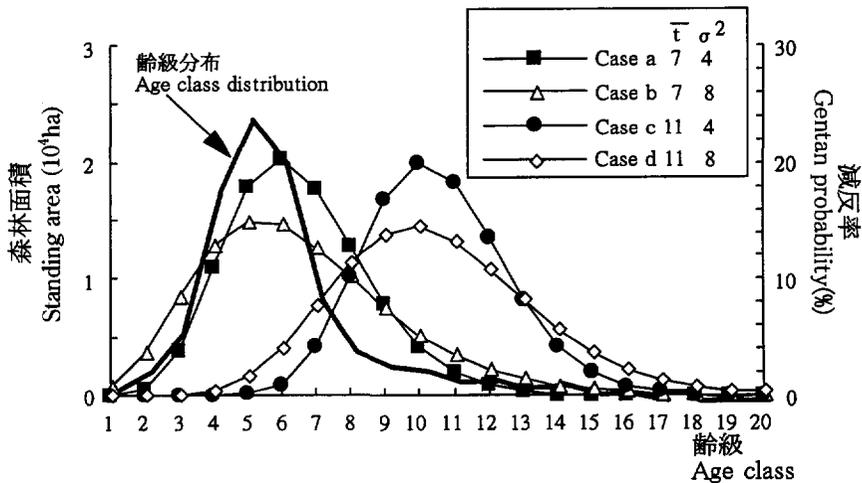


Fig.14. モデル1の計画期首齡級分布と減反率分布  
Distribution of the standing areas and gentan probability in each age class of Model 1

これを、伐採面積の推移に顕著な振動がみられるケース a, c, d の第 8 分期の齡級分布についてみると、第 7 分期までに更新された 1~7 齡級に団塊があることで確認できる (Fig.5, Fig.7, Fig.8)。このように団塊をもつ齡級分布の場合、分期の進行に伴う齡級遷移によって、団塊が減反率分布のピークを通過することで伐採面積の増加→減少の現象が生じる。その結果、新生林分の齡級分布にも新たな団塊が形成されるため、伐採面積の推移に振動現象が生じてしまうことになるのである。しかも、その振動の周期は、ケース a が約 7 分期、ケース c, d が約 11 分期である (Fig.4) ように  $\bar{t}$  にほぼ等しくなる。

分期別伐採面積の推移にみられる振動の振幅は、ケース a よりも b で、c よりも d で小さく、 $\sigma^2$  が大きいほど小さくなる (Fig.4)。これは、 $\sigma^2$  が大きいほど分散的な伐採が行われるので、齡級分布の団塊が  $\bar{t}$  を通過する際に生じる伐採面積の増加→減少の程度が緩やかになるからである。

このように分期の進行に伴う伐採面積の推移の振動は、齡級分布が広義の法正状態へ収束するにつれて収斂し伐採面積は一定となる。先述のように、 $\sigma^2$  が大きくなると伐採面積の振幅が小さくなることから、その収束期間は  $\sigma^2$  が大きいほど短くなるのである。

#### ウ. 極限状態における伐採面積

極限状態での伐採面積は、広義の法正状態における 1 齡級森林面積に等しい。また、広義の法正状態の齡級分布は、減反曲線と相似状態になり、森林面積が同じであれば、計画期首時点の齡級分布の違いに関係なく、減反曲線のみで規定される。従って、極限状態の伐採面積も、齡級分布と同様、森林面積が同じであれば減反曲線のみで規定される。モデル 1, 2 についてみると森林面積が同じであるので、鈴木 (1969) がいうように両者の極限状態における齡級分布は計画期首時点の齡級分布の違いに関係なく一致し  $\bar{t}$ 、 $\sigma^2$  の 4 ケースごとに異なった (Fig.15)。極限状態の伐採面積は、ケース a, b が約 15 400ha、ケース c, d が約 9 500ha となった。このように、伐採面積の収束値は、森林面積が一定であれば  $\bar{t}$  が大きくなると  $\sigma^2$  に無関係に小さくなる。

#### エ. 齡級分布の差異による違い

モデル 2 の期首齡級分布は、モデル 1 と大きく異なり、減反曲線に類似し、既に広義の法正状態に近い。そのため、計画初期段階の伐採面積を比較すると、モデル 1 に比べモデル 2 では既に収束値に近く、分期の推移に伴う振動は小さく安定している (Fig.4, Fig.9)。これは、森林の齡級分布の推移を比較しても確認することができる (Fig.5~Fig.8, Fig.10~Fig.13)。伐採面積の推移でみられる振動現象の収束期間を 15 分期目で比較すると、モデル 1 のケース a, c, d で依然として振動がみられるのに対し、モデル 2 ではケース c でみられるだけである。このように、齡級分布が減反曲線に近い森林では、団塊の齡級をもつ森林に比べると、伐採面積は早期から安定し極限状態への収束期間が短い。しかし、前項で述べたように極限状態における齡級分布・伐採面積は森林面積が同じであれば計画期首の齡級分布に依存しない。

#### (3) 考察

減反率法で予測される将来の森林資源は、減反率パラメータにより多様に変化する。特に、平均伐期齢は、各分期の伐採面積、特に第 1 分期伐採量の大小に強い影響を及ぼす。そして、上述のモデル 1 のような団塊を持つ齡級分布の森林では、平均伐期齢、伐期齢分散の違いが齡級分布の歪みと相乗されて

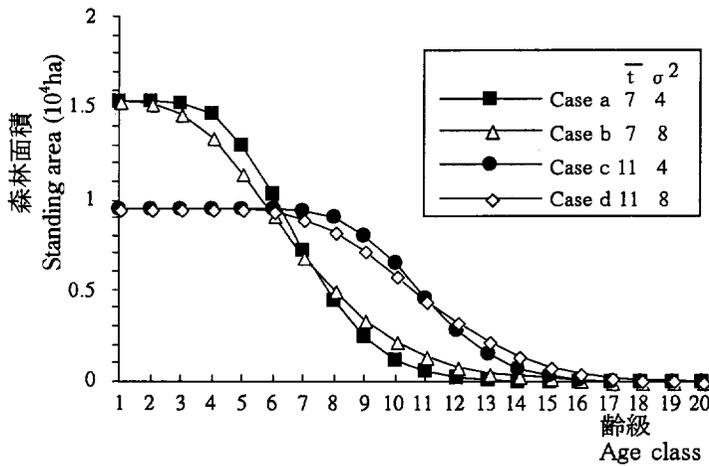


Fig.15. モデル1,2の広義の法正状態における齢級分布

Normal age class distribution in a broad sense of Model 1 and 2

注) モデル1, 2のように計画期首齢級分布が異なっても, 森林面積が同じであれば広義の法正状態における齢級分布は一致する。それは, 減反曲線のみで規定されている。

Notes: When the totals of standing areas are equal, even if age class distributions are different each other such as Model 1 and 2, the normal age class distributions in a broad sense coincide. The distributions depend on the gentan curve.

予測値に反映されることも明らかとなった。事実, 現在のわが国の森林がこのような齢級分布をしていることから, 今後, 減反率の使用に際しては, 慎重にパラメータを設定する必要がある。

平均伐期齢, 伐期齢分散は, 林業生産活動の傾向を示すものである。減反率法は, 伐採調査等をもとにした齢級別伐採面積から得られるこれら二つのパラメータを使って, 現在の林業活動が今後とも続くという前提のもとで, 将来の森林資源を予測するものである。しかし, 今日のようにめまぐるしく変化する経済情勢のもとでは, 将来の林業生産活動に変化が予想されるので, 減反率法のそのままの適用は難しい。

従って, 今後, 減反率法の予測精度を向上させるには, パラメータが予測値に与える影響を考慮した上で, 林業を取り巻く経済情勢をダイナミックに吸収できるような改良が必要とされる。

## 2.4 収穫予測に影響を及ぼす諸要因の現状分析

### 2.4.1 分析の目的と使用データ

減反率法は, それまでの林業活動が今後とも続くことを前提にしている。最近のように木材市況が低迷している状況下では, 林道から離れた林分では市場価格より搬出コストのほうが高くなり, その結果, 伐採が控えられてしまう状況が生じてきた。このことは, 環境条件が, 減反率理論の作成された時期とは変わってきたことを示している。そこで, 本節では, 収穫予測に影響を及ぼすと考えられる諸要因の伐採傾向を時系列的に分析し, その結果から新たな収穫予測モデル作成に必要な事項について考察する。なお, この分析は, 著者自身もメンバーのひとりとして行った調査結果(林野庁企画課, 1984)に基づくもので, 分析に使用したデータは, 1972年~1982年の間に岐阜県内で出された約15万8千件の伐採申告データである。

2.4.2 樹種による減反率曲線の違い

現在、民有林の資源予測に用いられる減反率は、人工林、天然林別と針葉樹、広葉樹別に区分されて計算されているにすぎない。しかし、実際の伐採傾向を調べてみると、樹種によってパターンの違いがあることが明らかである。Fig.16は、1972年～1980年の岐阜県における各年次の齡級別伐採面積から計算した樹種別減反率で、上段にスギ(Sugi, *Cryptomeria japonica*)と広葉樹、下段にマツ類とヒノキ(Hinoki, *Chamaecyparis obtusa*)の減反率が示されている。マツは若齡級に、ヒノキは高齡級にそれぞれ偏った分布をしている。これはマツの一般的な伐期齡がヒノキのそれに比べ2～4齡級若いこと、マツクイムシ被害で若齡級林分が伐採されたためである。スギは8、9齡級をピークとした左右対象な分布を、広葉樹は4、5齡級をピークとする、マツよりさらに若齡級をピークとする偏った分布をしている。このことから、複数の樹種を一つの減反率で代表させることは、樹種特有の伐採傾向を無視してしまうことになり、資源予測の精度を低下させることにつながる。

2.4.3 伐採面積の動き

Fig.17で示すように、岐阜県では再造林と比較して拡大造林の比率が圧倒的に高い。広葉樹の伐採面積は、拡大造林がピークであった1974年には全体の86%であり、1982年でも78%を占める。伐採申告では広葉樹が過大に、針葉樹が過小に出てくる傾向を考慮しても、拡大造林が積極的に行われてきたことが明らかである。しかし、針葉樹の伐採面積はほぼ横ばいであるのに対し、広葉樹の伐採面積は1982年には

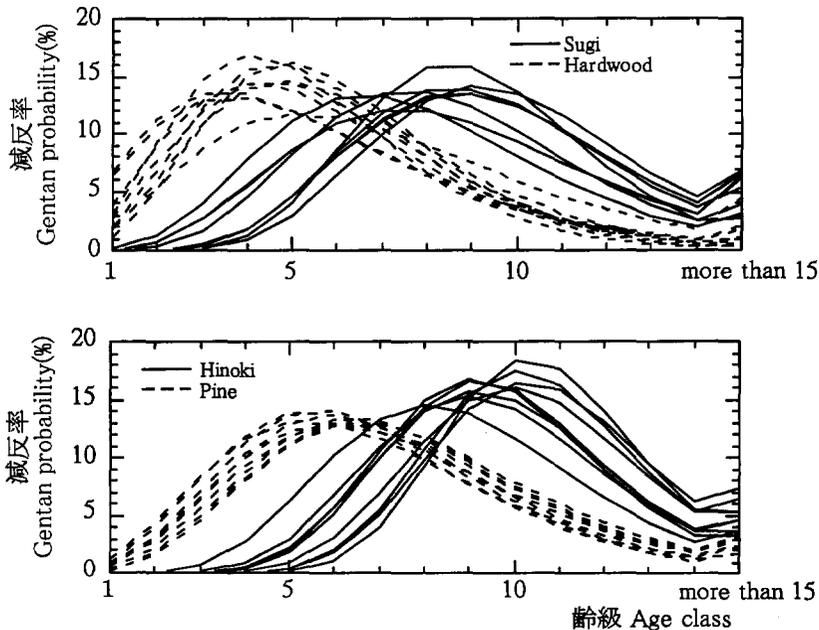


Fig.16. 樹種別にみた減反率曲線の時系列的変動(岐阜県, 1972年～1980年)  
 Fluctuation of the gentan probability distribution of some species (Gifu prefecture, 1972-1980)

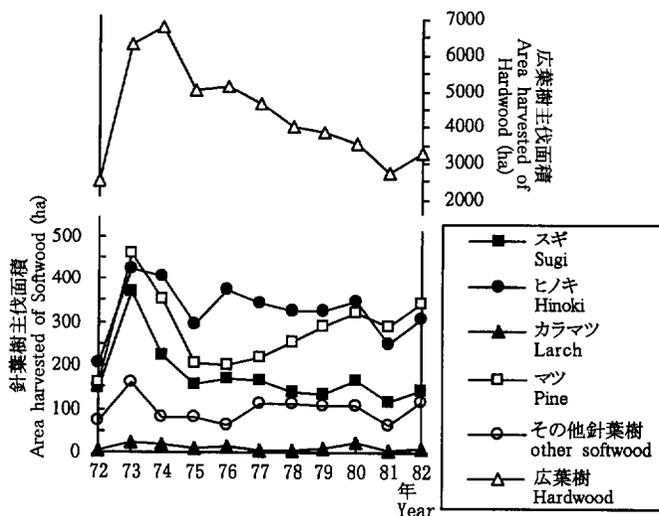


Fig.17. 岐阜県樹種別主伐面積の推移  
Successive transition of areas harvested of species in Gifu prefecture

Table 6. 林分の林道からの距離と地利級区分  
Accessibility classes of the stands and distance from the nearest forest roads

地利級 Accessibility class	林道からの距離 Distance from roads
1	0 ~ 100m
2	100 ~ 300m
3	300 ~ 500m
4	500 ~ 700m
5	700 ~ 1000m
6	1000m ~

1974年の48%にまで低下している。岐阜県の人工林率は、既に目標の80%程度に達していること、林業の低迷等を考え合わせると、拡大造林はますます減少していくと見てよい。針葉樹伐採面積の動きをみると、マツを除いてオイルショック以降はそれほど大きな変化はみられない。マツが1977年以降急激に増加しているのは、マツクイムシ被害林分処理のためである。

2.4.4 林道開設等が伐採に及ぼす影響

(1) 林道からの距離別伐採面積の動き

林道と伐採対象林分の位置関係は、木材価格が搬出コストに比べ十分高い水準にあったときは、大きな問題として取り上げられなかった。しかし、最近のように木材価格が低迷していると、立地条件の悪い林分では搬出コストが増加し、伐採が不可能となることがある。そこで、林道からの距離で地利級区分 (Table 6) を行った上で、地利ごとの伐採面積の動きを検討する。

Fig.18~Fig.21に、樹種別に1972年~1982年までの地利級別の伐採面積の動きを示す。スギ、ヒノキで

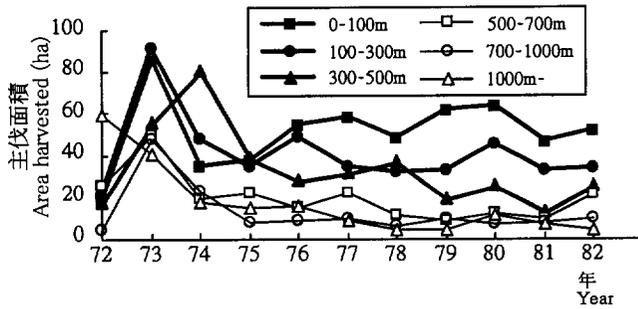


Fig.18. 岐阜県地利別主伐面積(スギ)  
Area harvested in every accessibility in Gifu prefecture (Sugi)

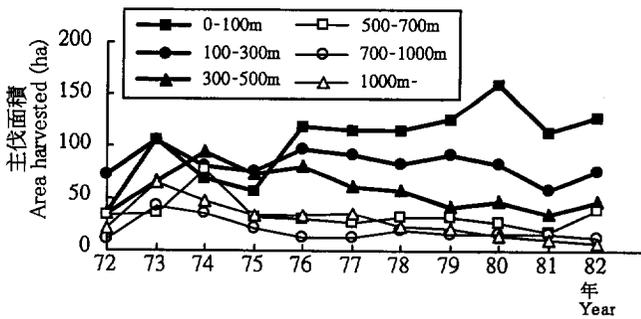


Fig.19. 岐阜県地利別主伐面積(ヒノキ)  
Area harvested in every accessibility in Gifu prefecture (Hinoki)

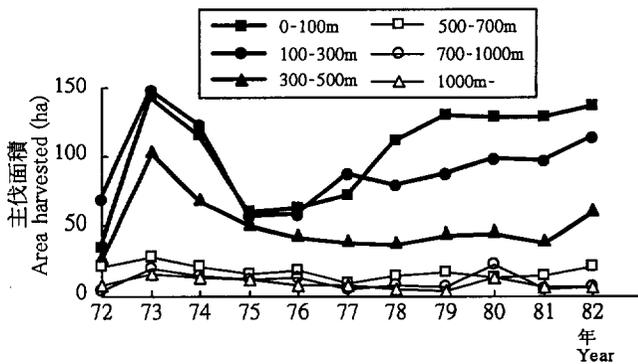


Fig.20. 岐阜県地利別主伐面積(マツ)  
Area harvested in every accessibility in Gifu prefecture (Pine)

共通していることは、1975年を境に、それ以降では地利による伐採面積の差が顕著に表れ、地利の良いところほど伐採面積が増加している。特に、ヒノキおよびマツでこの傾向が強く、しかも年次経過につれてその傾向は顕著になっている。飛騨川地域森林計画区を例にとって、10齢級以上のヒノキ林の面積

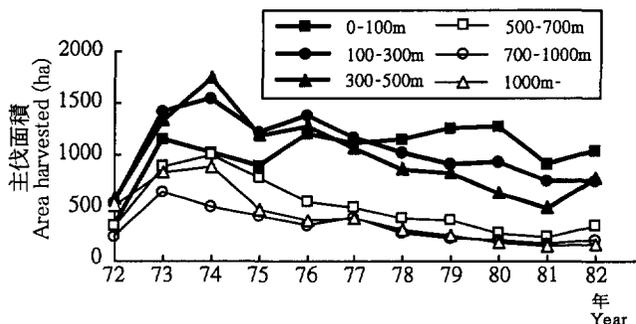


Fig.21. 岐阜県地利別主伐面積(広葉樹)  
Area harvested in every accessibility in Gifu prefecture (Hardwood)

Table 7. 地利別にみた伐採に対する積極性(飛騨川地域森林計画区, 樹種: ヒノキ)  
Positivity for harvesting by accessibilities (Hidagawa forest planning area, Hinoki)

林道からの距離 Distance from road	10齡級以上の森林面積 Standing area in more than age class 10 (A)	主伐面積 Area harvested (B)	伐採面積率 Rate of area harvested (B/A)
0- 100 m	894 ha	209 ha	23.4 %
100- 300	2 642	139	5.3
300- 500	1 903	78	4.1
500- 700	794	83	10.5
700-1000	637	26	4.1
1000 m-	392	30	7.7

注) 出所は天野ほか(1984)。森林面積は1982年, 主伐面積は1978-1982年の数値。  
Notes: The standing areas are values in 1982. The areas harvested are values, 1978-1982.

に対する当計画区でのヒノキ伐採面積の比をみるとTable 7のようになった。林道から100m以内のところでは23%と高率であるが、それ以外では10%程度である。このことから、地利的条件の良いところだけが積極的に伐採されていることが明らかである。スギ、ヒノキへの樹種転換が主であるマツおよび広葉樹では、地利の1~3と4~6との間に大きな違いがあり、ともに林道から500m以上の林分での伐採面積は少なく、スギ、ヒノキへの樹種転換はあまり行われていなかった。

(2) 林道からの距離別にみた樹種別減反率パラメータの経年変化

Fig.22~Fig.25で平均伐期齡の経年変化を樹種別にみると、スギの平均伐期齡の推移は、10齡級前後でほぼ横ばいにあるが、その変動は他樹種に比べ大きい。このような平均伐期齡の変動は、Table 8で示されるように、スギはヒノキに比べ、伐採面積比率と素材価格の相互相関が高いため、価格の変動が伐採傾向に表れて生じたといえる。ヒノキの平均伐期齡は、1972年ごろ10齡級前後であったが徐々に高齢級へ移行し、現在は11齡級を越えている。ヒノキの標準伐期齡は11~12齡級であるので、適正な伐期齡へ近づきつつあるといえよう。マツの平均伐期齡の増加率はヒノキより高く、1972年当時の7齡級が現在

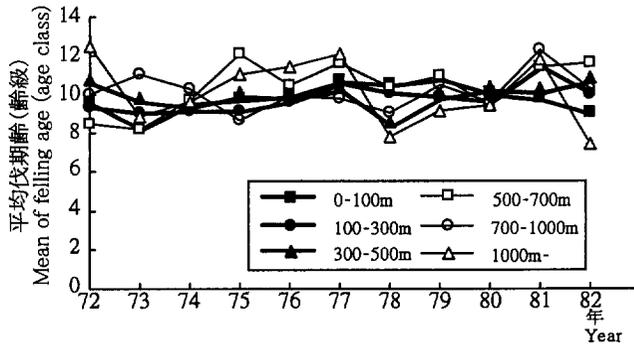


Fig.22. 岐阜県地利別主伐平均伐期齢(スギ)  
Transition of mean of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Sugi)

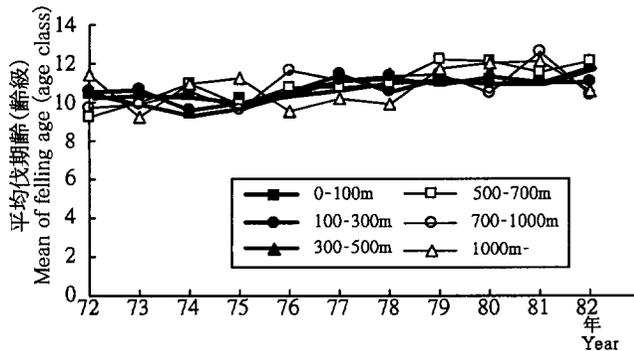


Fig.23. 岐阜県地利別主伐平均伐期齢(ヒノキ)  
Transition of mean of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Hinoki)

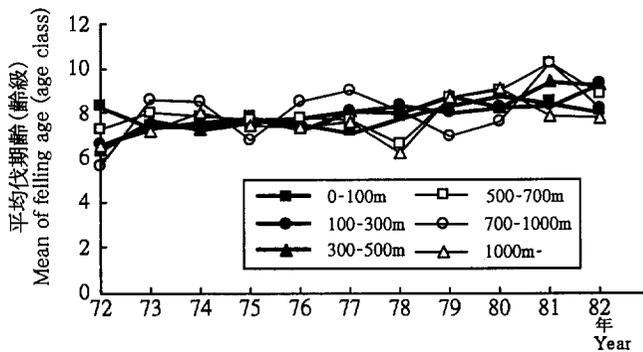


Fig.24. 岐阜県地利別主伐平均伐期齢(マツ)  
Transition of mean of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Pine)

は9歳級近くになってきている。このようにヒノキ、マツの平均伐期齢は、全体に漸増傾向にあることから、長伐期化の傾向があるといえる。広葉樹の平均伐期齢は、地利の違いに関係なく6歳級前後で安定した動きをしているといえる。

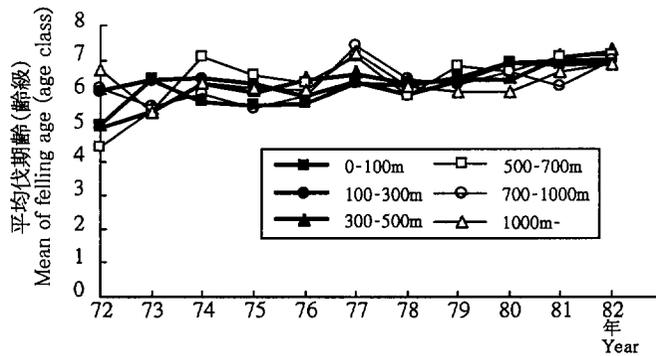


Fig.25. 岐阜県地利別主伐平均伐期齢(広葉樹)  
Transition of mean of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Hardwood)

Table 8. 齢級別伐採面積比率と樹種別素材価格の相互相関係数  
(タイムラグ=1年)  
Mutual correlation coefficients between harvested area ratios in age classes  
and timber prices of species (In case of one year's time lag)

樹種 Species	齢級 Age class		
	1~4	5~8	9~
スギSugi	-0.28	-0.67	0.78
ヒノキHinoki	0.01	0.11	-0.03

注) 出所は野田ほか(1983)。素材価格の出所は、名古屋営林局利用課による。  
Notes: Timber prices are data of Nagoya Regional Forest Office.

平均伐期齢の経年変化を地利別にみると、広葉樹を除く樹種では明らかに地利1~3が地利4~6より安定している。これは、林道に近い地利条件の良い林分では積極的に伐採が行われるため平均伐期齢の推移は安定しているが、地利条件の悪い林分では積極的な伐採が行われないため平均伐期齢の推移は変動が大きく不安定になってしまうからである。

このように、平均伐期齢の経年変化を分析した結果から、平均伐期齢は樹種別に異なり、平均伐期齢が時間の推移とともに変化する樹種があることが明らかとなった。また、地利別にも平均伐期齢の経年変動に違いがあることが明らかとなった。

Fig.26~Fig.29で伐期齢分散の経年変化を樹種別にみると、全樹種とも短期的な上下動はあるが、平均伐期齢のような顕著な増加傾向はみられず、ほぼ横ばいであるとみられる。伐期齢分散の値は、スギが9~11齢級<sup>2</sup>、ヒノキが6~7齢級<sup>2</sup>、マツが9~10齢級<sup>2</sup>、広葉樹が5~7齢級<sup>2</sup>である。広葉樹は伐期齢が低いことから分散が小さいのは当然であるが、ヒノキは伐期齢が最も高いにもかかわらず分散が小さいのは、生産目標が柱材という単一目的に限定されているからと推察される。スギ、マツは伐期齢分散が大きく、若齢級から高齢級まで一様に伐採されている。この背景には、マツは、マツクイムシの影響も考えられるが、一般的にみて、スギ、マツは、ヒノキに比べると用途が広く、多様な径級の素材が利用される状況があるためと考えられる。

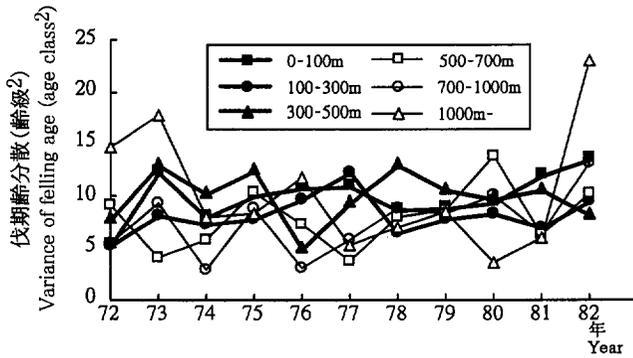


Fig.26. 岐阜県地利別主伐伐期齢分散(スギ)  
Transition of variance of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Sugi)

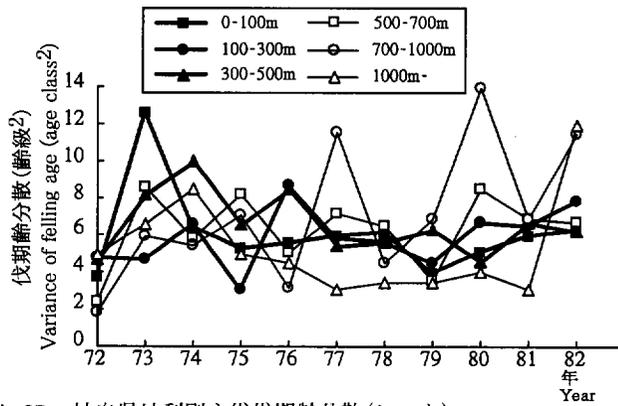


Fig.27. 岐阜県地利別主伐伐期齢分散(ヒノキ)  
Transition of variance of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Hinoki)

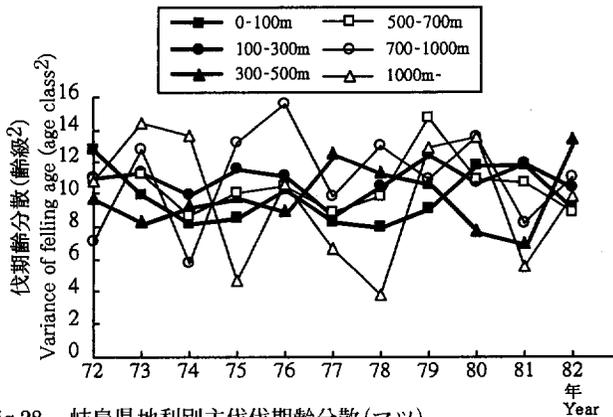


Fig.28. 岐阜県地利別主伐伐期齢分散(マツ)  
Transition of variance of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Pine)

樹種ごとの伐期齢分散の経年変化を地利別にみると、平均伐期齢ほど顕著ではないが、各樹種とも地利1～3のほうが地利4～6に比べ、経年変動が小さい傾向がみられる。

このように、伐期齢分散の経年変化を分析した結果から、平均伐期齢と同様に伐期齢分散は樹種別に

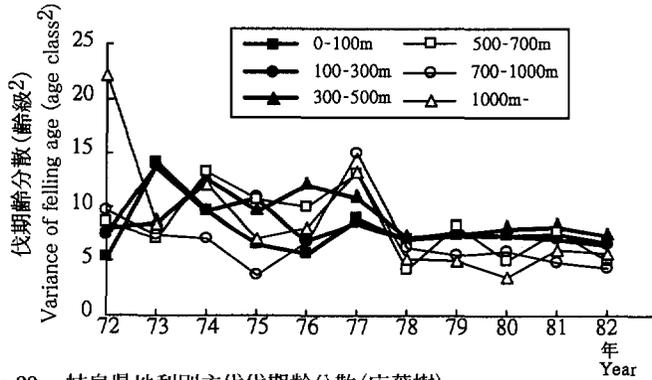


Fig.29. 岐阜県地利別主伐伐期齢分散(広葉樹)  
Transition of variance of felling age in accessibilities in Gifu prefecture (Hardwood)

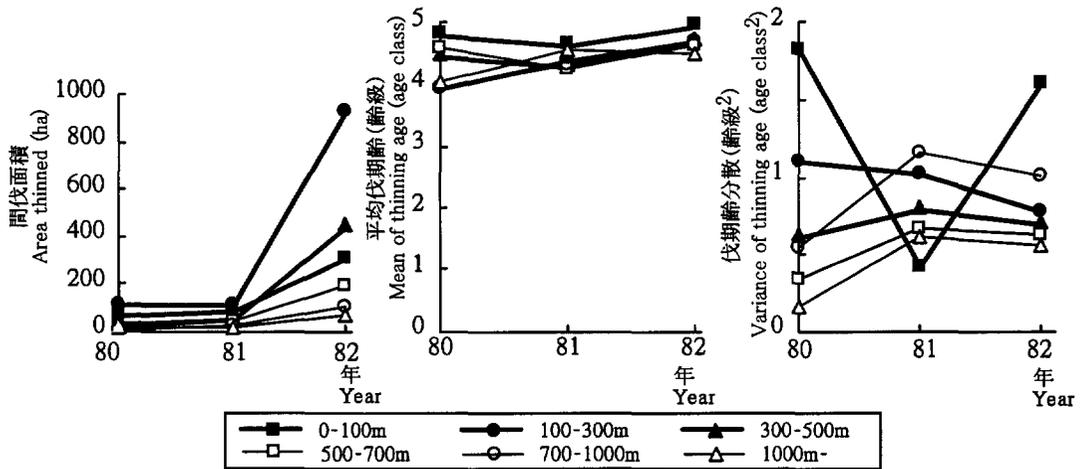


Fig.30. 岐阜県地利別間伐の面積と減反率パラメータ(スギ)  
Area thinned in every accessibility in Gifu prefecture and the gentan parameters (Sugi)

異なること、地利別には伐期齢分散の経年変動に違いがあることが明らかになった。

2.4.5 林道からの距離別による間伐傾向の違い

間伐について、過去数年分を解析しうるだけの件数の情報を入手できたが、それ以前の情報は少数に留まった。これは、間伐のための補助金ができる以前は、行政が間伐についての情報を積極的に収集していなかったほか、間伐自体がほとんど行われていなかったことによる。そこで、時系列的な解析は行わず、1980年～1982年の3年間の間伐傾向についてのみ検討した。

Fig.30, Fig.31に岐阜県の間伐実態を示すが、スギ、ヒノキとも伐採齢は3～7 齢級に集中しており、伐採齢分散が主伐に比べると極端に小さい。また、地利による差も明確で、両樹種とも間伐面積の80%が地利1～3に集中している。間伐に要するコストが木材価格と比べ相対的に高いことから、間伐回数は5年(1分期間)に1回程度であると推測される。このことから、1分期間内に一度間伐された林分は同分期においては間伐対象林分でなくなると仮定すれば、主伐と同様に減反率理論を適用することができるといえる。

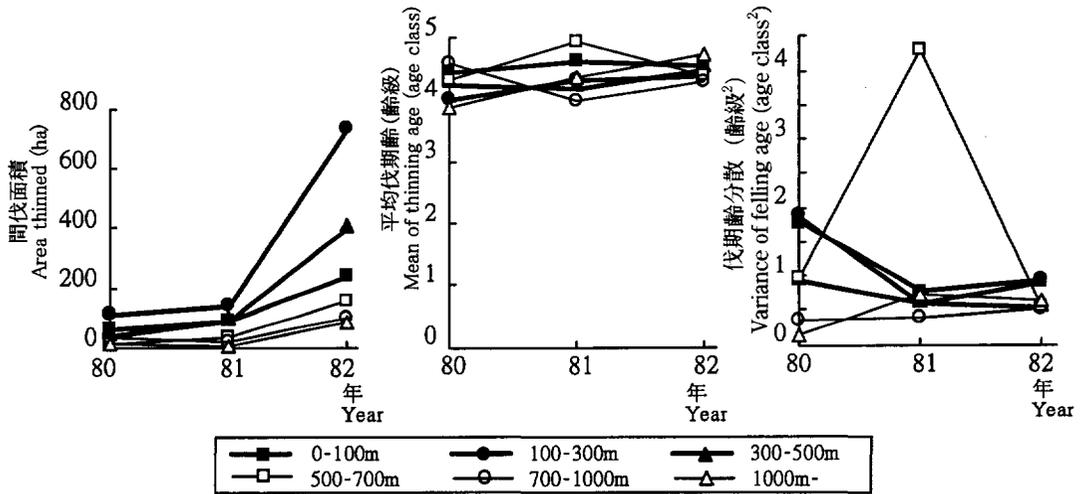


Fig.31. 岐阜県地利別間伐の面積と減反率パラメータ(ヒノキ)  
Area thinned in every accessibility in Gifu prefecture and the gentan parameters (Hinoki)

Table 9. 所有規模区分  
Size class of holding area

区分 Class	所有規模 Holding area
1	0 ~ 1ha
2	1 ~ 5ha
3	5 ~ 10ha
4	10 ~ 20ha
5	20 ~ 30ha
6	30ha~

#### 2.4.6 所有規模と伐採傾向の関係

所有規模においても、地利と同様、規模の違いによる伐採傾向の差異について検討する。所有規模をTable 9に示すように6クラスに分類した。

Fig.32~Fig.35には、所有規模別の伐採面積の動きが示されている。すべての樹種で、年次と無関係に所有規模6の階層で伐採面積が多い。この結果は、その階層の森林所有面積割合が高いことから、ある程度は予測されることである。しかし、ヒノキ林分ではTable 10で示したように、所有規模6の所有面積割合が39%であるのに対し、伐採面積割合は51.8%と高く、この階層が積極的に林業経営を行っていることが伺われる。広葉樹についてもFig.35で明らかかなように、ほかの所有規模階層では昭和50年ごろから伐採面積が低下しているにもかかわらず、所有規模6の階層では全期間を通じて、伐採面積は、1500ha~2000haの間を推移している。このことから、この階層では、まだ拡大造林に対する意欲が衰えていないと考えられる。

次に、減反率パラメータのうちの平均伐期齢の動きを、所有規模別にスギ、ヒノキで調べた結果をFig.36, Fig.37に示す。所有規模6の階層では、両樹種とも年次に無関係に、伐期齢は11齢級前後であり、

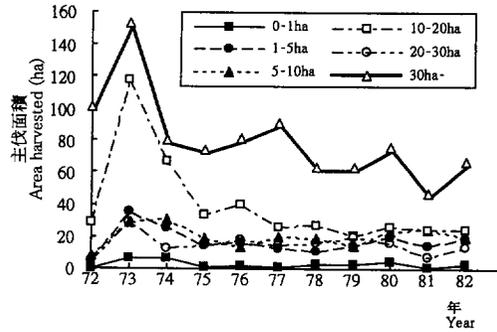


Fig.32. 岐阜県所有規模別主伐面積(スギ)  
Transition of areas harvested in size classes of holding area in Gifu prefecture (Sugi)

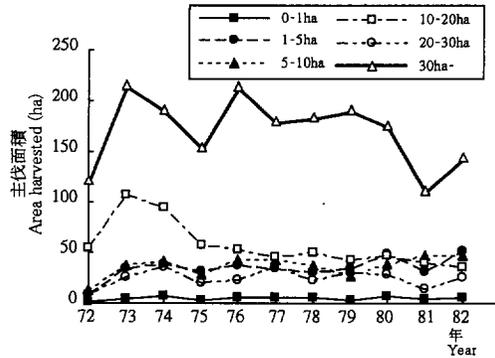


Fig.33. 岐阜県所有規模別主伐面積(ヒノキ)  
Transition of areas harvested in size classes of holding area in Gifu prefecture (Hinoki)

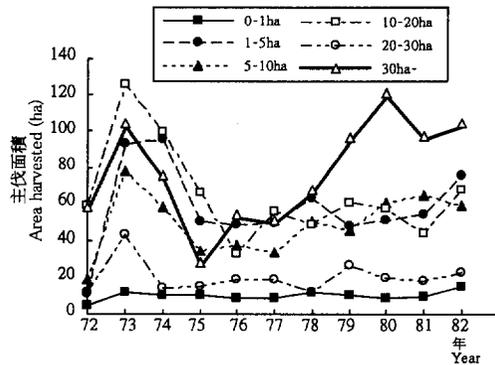


Fig.34. 岐阜県所有規模別主伐面積(マツ)  
Transition of areas harvested in size classes of holding area in Gifu prefecture (Pine)

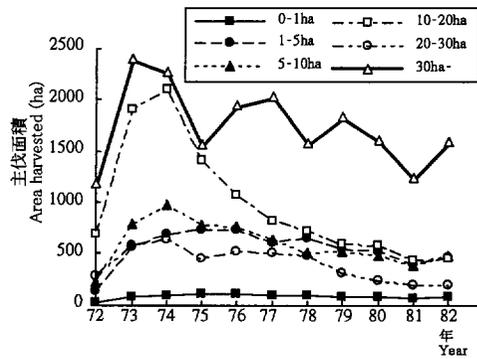


Fig.35. 岐阜県所有規模別主伐面積(広葉樹)  
Transition of areas harvested in size classes of holding area in Gifu prefecture (Hardwood)

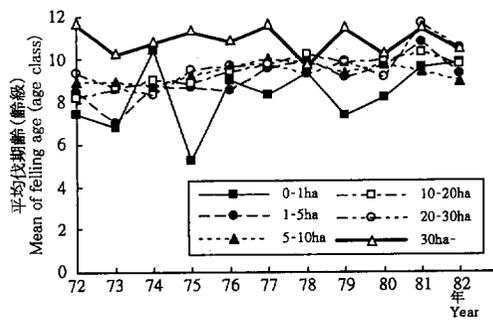


Fig.36. 岐阜県所有規模別主伐平均伐期齢(スギ)  
Transition of mean of felling age in size classes of holding area in Gifu prefecture (Sugi)

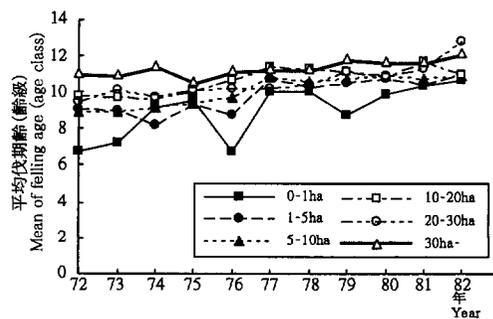


Fig.37. 岐阜県所有規模別主伐平均伐期齢(ヒノキ)  
Transition of mean of felling age in size classes of holding area in Gifu prefecture (Hinoki)

伐採性向は安定している。一方、それ以外の所有規模階層では1972年ごろ低かった平均伐期齢が、最近では所有規模6の階層と同程度まで高くなってきている。また、Table 10で示したようにヒノキの伐採面積割合は、所有規模6以外の階層で所有面積割合より低いことから、家計収入の林業依存度が比較的小さい小規模の階層では木材市況の低迷の影響を受けて、一般に伐採を控える消極的な経営体制をとっていたと考えられる。

#### 2.4.7 更新に伴う樹種転換の現状

ある樹種が伐採された後、必ずしも同じ樹種が造林されるとは限らない。特に岐阜県は、伝統的に木曾ヒノキの産地であり、加えて東濃ヒノキの銘柄化の動きもあるため、他樹種からヒノキへの樹種転換が積極的に行われてきている。そこで、伐採後に造林される樹種の転換割合を調べたのがFig.38である。この図から明らかなように、伐採される樹種と無関係に、造林樹種の割合は時系列的に安定していた。また、ここで図示されていない樹種も含め、伐採後、スギ、ヒノキ以外のものが植栽される割合は皆無に近かった。

スギの伐採後をみると、再びスギが植栽されるものと、ヒノキに転換されるものがそれぞれ約50%づつである。ヒノキは、スギに比べ需要が高いため、ヒノキの伐採後、再びヒノキが植栽される割合は85%と高く、スギに変えられる割合は15%にすぎない。広葉樹伐採後の造林樹種は、ヒノキが75%、スギが25%である。このように、岐阜県では森林資源全体がヒノキへ収束しつつあるが、当地域の林業がヒノキという単一商品の市場の動きに左右されやすい体質になりつつあることを示している。

## 2.5 考察

岐阜県の1972年～1982年の11年間にわたる伐採傾向の分析結果から、①樹種による減反率の違い、②林道からの距離別による伐採に対する積極性・減反率パラメータの違い、③減反率パラメータの経年変化、④所有規模別の伐採に対する積極性の違い、⑤伐採→造林による樹種構成の変化等の実態が明らかにされた。これらの結果から、以下に示すような減反率法の問題点が明らかになった。

(a)減反率法では、計算期間内の減反率は一定とされる。このことは、実際の減反率が経年変化するという事実からみると、減反率法の予測結果が現実と大きく異なる原因の一つとして指摘できる。

(b)減反率法では、計算単位は通常、人工林・天然林別、針葉樹・広葉樹別に設定される。そのため、

Table 10. 所有規模と伐採面積の関係（岐阜県、樹種：ヒノキ）  
Relation between size classes of holding area and areas harvested  
(Gifu prefecture, Hinoki)

所有規模 Holding area	森林所有面積割合 Percentage of forest area	伐採面積割合 Percentage of area felled
0 ～ 1 ha	4.5 %	1.6 %
1 ～ 5	17.6	12.5
5 ～ 10	13.8	12.5
10 ～ 20	16.4	13.8
20 ～ 30	8.6	7.7
30ha～	39.0	51.8

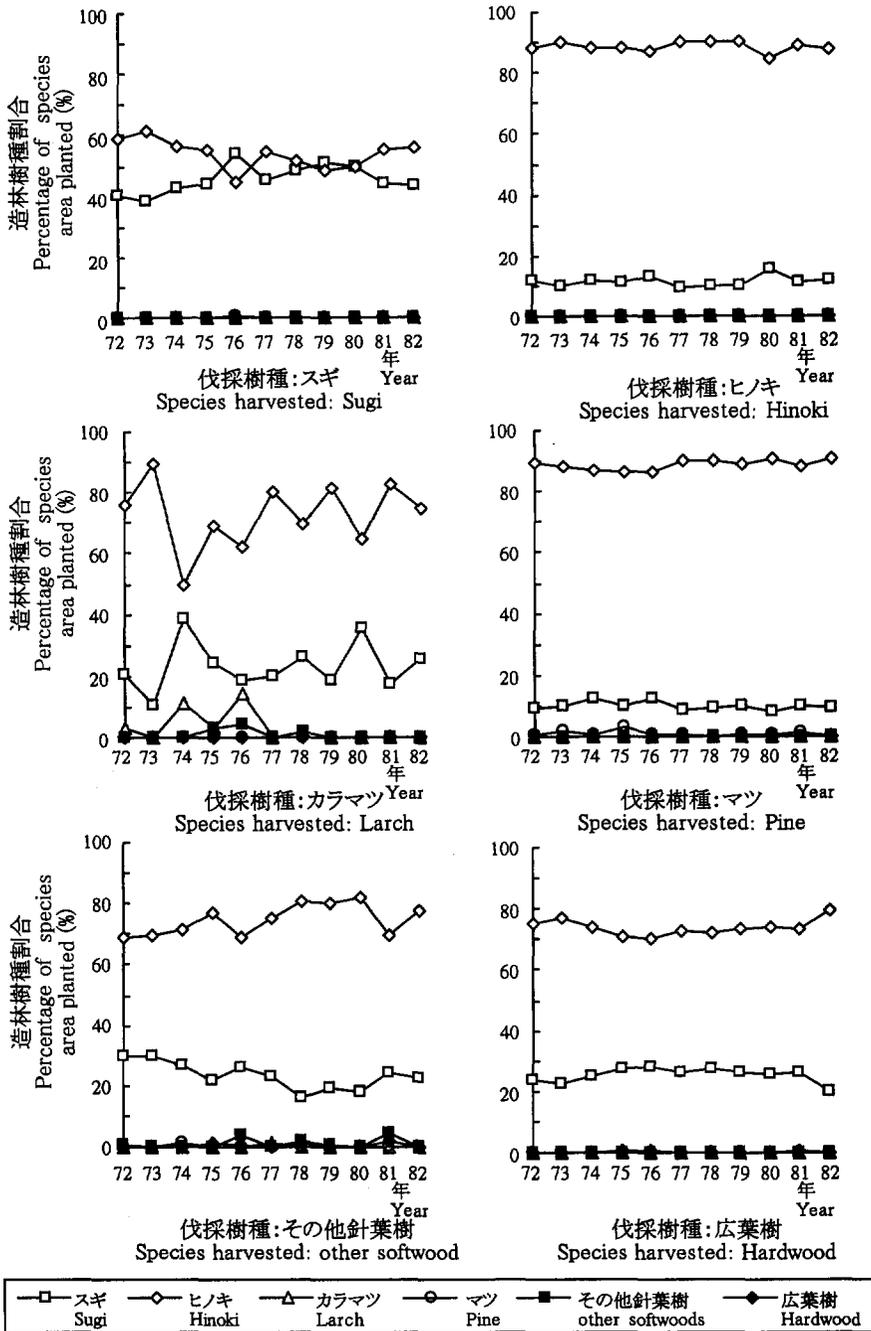


Fig.38. 岐阜県における樹種別にみた伐採後の造林樹種割合の推移  
 Transition of percentage of species area replanted after harvesting in Gifu prefecture

樹種によって減反率が大きく異なる場合には、伐採量の大きな樹種の減反率が予測量に大きい影響を与えることになる。従って、スギ、ヒノキのように伐採量が多く、しかも、減反率パラメータに差があり、パラメータの推移が異なるときには、スギ、ヒノキを分けて減反率法を適用することが予測精度の向上に役立つと考えられる。

(c)減反率法では、計算単位内の森林が伐採された後は、再びその単位の中で再造林が繰り返されるとするため、将来の資源構成に影響を与える伐採後の樹種構成の変化を考慮する必要がある。

(d)林道からの距離別、所有規模別にも減反率パラメータに違いがみられ、しかも、積極的に伐採に関わっているかどうかの差もみられた。従って、林業生産活動の積極性という要因も、収穫量の予測に大きい影響を与えるものと考えられる。

(e)間伐傾向については、データが少なく主伐ほどの分析を行えなかった。しかし、今回のデータでみる限り、主伐と比べ伐採齢級の分散が非常に小さく、ある齢級に伐採が集中していること等から、減反率法を適用して間伐面積、間伐収穫量を予測することは、収穫予測精度を高めることに寄与すると考えられる。

### 3 収穫予測上の改善策

収穫量の予測の方法には、古くからの収穫規整法をはじめ多くの方法が考えられているが、その基礎になる手法はいくつかに分類される。そこで、①収穫予測手法について整理し、②その結果から民有林の地域森林計画における収穫予測法として問題が残されてはいるものの、従来の減反率法が最も適していることを明らかにする。次に、③減反率法適用における改善策について、第2章4節で行った民有林の伐採性向の現状分析等を参考にしつつ論議する。

#### 3.1 収穫予測手法の立場からみた減反率法の有用性

林業経営の結果として得られる収穫量を予測することは、経営の持続的発展には不可欠である。井上(1974)も、経営の持続的発展を図る立場から、収穫量を予測することの重要性をあげている。

林業における収穫量予測手法としての収穫規整法を考えると、古くはドイツの法正林思想の流れを汲む、収穫量の保続を目的としたいくつかの方法をあげることができる。収穫規整法は、大きく区画輪伐法、材積配分法、平分法、法正蓄積法、生長量法に分類され、規整の目的に応じて(a)材積収穫の保続：材積配分法・材積平分法、(b)法正状態の実現：面積平分法・純粋齢級法、(c)経済性追求：林分経済法・照査法などの方法がある(井上, 1974)。これらは、経済的条件が安定しており、また、電子計算機が発達していない、現在とは異なる状況の中で考え出されたものである。これらの古典的手法が生まれた時代と比較して、今日のように発展した社会・経済の下では情報処理技術や木材流通機構も発達し、木材価格が直接的に林業経営へ影響を及ぼすようになった。そのため、現在では古典的手法の概念だけが、以下で述べる線形計画法等で部分的に組み込まれ用いられているにすぎない。

戦争戦略立案の手法として端を発したオペレーションリサーチ(Operations Research, OR)の発展によって、経営科学の分野でも線形計画法をはじめとする数理計画手法等が発達してきた。それに伴い林業経営計画においても収穫予測をはじめとする多くの領域に線形計画法などの数理計画手法が応用されるよ

うになった(木平, 1990)。

収穫量の予測に関する諸外国の例を、代表的な手法である線形計画法とシミュレーション手法について取り上げる。線形計画法では多くの事例がみられるが、その代表的モデルにはアメリカ国有林で実用化されているFORPLAN (JOHNSON, 1986)、Timber RAM (NAVON, 1971)、ニュージーランド林野庁のFOLPI (GARCIA, 1984)等があげられる。わが国でも、線形計画法の適用事例は多くみられる(鈴木, 1969; 南雲, 1970, 1981; 熊崎, 1974; 天野ほか, 1985)。一方、シミュレーション手法として、ニュージーランド林野庁のIFS (GOULDING, 1984)、ウエアハウザー社におけるシステム (DEPTA, 1984)等が挙げられる程度である。わが国をみても、天野(1983)がシミュレーション手法を使って国有林の収穫量保続計算を行っている程度である。このように線形計画法は、天野(1981)が指摘するように、シミュレーション手法と比べ、実用に供されることが多い傾向にある。

そこで、線形計画法とシミュレーション手法について、収穫予測に際しての特徴を整理してみる。線形計画法は、アルゴリズムの安定性に優れ、線形計画の求める最適解は、林業経営計画案の選択に貴重な資料となる(天野, 1981)長所を持つ。一方、線形計画法は、①アルゴリズムの関係から定式化に際して経営目的や経営条件についてかなり単純化する必要がある、②定式化しにくい内容をモデルに組み込めない(GARCIA, 1984)、といった欠点を持っている。さらに、③そこで求められた解は、モデルの仮定上の理論的な最適解であって、現実には実行不可能であることが多い(天野, 1981)。

これに対し、シミュレーション手法では、一定の施業計画に基づいた森林の動きが望ましい数理モデルで模擬的に表現される。例えば、造林により森林を造成し、間伐を経て主伐に至るまでの過程が、数式モデルで表現される。その結果、計画担当者は、コンピュータ内で模擬的に表現される森林の動きを、容易に把握できることから、計算結果の分析を、線形計画法に比べ容易に行うことができる長所を持つ(天野, 1993)。しかし、多数の森林所有者で構成されている民有林の森林計画の場合には、計画区内で実施される施業も多様である。そのため、シミュレーションを行っても、一般的に考えられる多数の施業モデルのうち、実際には一部のモデルについて評価できるだけなので、本来求めているモデルを見落とす危険が起こりうる(GARCIA, 1984)弱点を持っている。

このような両者の特徴から、GARCIA(1984)や天野(1981; 1993)が指摘するように、線形計画手法とシミュレーション手法は、林業経営計画上で競合させるよりも、補完的な利用が望ましいといえる。

以上、これまでに提唱されてきた収穫予測のための手法についてみてきた。これらは、個別経営を対象としたものが多く、多数の森林所有者で構成される民有林の森林計画に対する収穫予測法としては望ましいとはいえない。現在、わが国の民有林に30年以上使用されてきている減反率法は、確率論に基づくマルコフ過程を利用したものであるが、本方法は、利用上簡便であるばかりでなく、シミュレーション的な利用も可能(科学技術庁資源局, 1963)である。このような、利用上の簡便性と、シミュレーション的な利用ができることから判断すると、今後の民有林の森林計画に対する減反率法の有用性は変わらないものと考えられる。そこで、以下では、第2章4節の伐採傾向の分析等をもとに、減反率法による収穫量の予測精度を向上させるために考えられる改善策について述べる。

### 3.2 経済的条件の変化を考慮した減反率パラメータの決定

減反率法は、「減反率を決定するものは林木の成長であり、それがほとんど自然条件によって支配されているのであるから、あまり極端にそれが変動することはない」(鈴木, 1969)という、基本的な考え方に基づいている。しかし、1961年に減反率理論が導き出されて10年近く経過した時点で、既に減反率変化の傾向を予感させるいくつかの点

(a) 山林労働力の不足で、伐期が長くなる傾向がありはしないか。

(b) 木材の用途の変動によって、利用径級が大きくなる傾向がありはしないか。

等が指摘されていた(鈴木, 1969)。これに対して鈴木(1969)は、当時の林野庁計画課の調査結果から、1961年～1967年の伐採傾向を考察している。以下、鈴木(1969)の考察を引用する。まず、Table 11に示される伐採傾向から、「平均伐期齢、伐期齢分散ともに、一定の増大、あるいは減少の傾向は認められず、先の推測は必ずしも当たっていないように思われる」と述べている。しかし、その一方ではTable 12で示される平均伐採傾向から、「1級林、2級林の平均伐期齢が変わらない等、理解できにくい点がある」と

Table 11. 1961年～1967年の伐採性向  
Trend of the mean and variance of felling age, 1961 - 1967

年次 Year	人工林 Man-made forest		天然林 Natural forest	
	平均伐期齢(年齢級) Mean of felling age (age class)	伐期齢分散(年齢級 <sup>2</sup> ) Variance of felling age (age class <sup>2</sup> )	平均伐期齢(年齢級) Mean of felling age (age class)	伐期齢分散(年齢級 <sup>2</sup> ) Variance of felling age (age class <sup>2</sup> )
1961	7.49	7.14	6.13	10.83
62	7.85	6.68	5.32	7.93
63	7.73	6.68	5.29	6.76
64	7.82	7.97	5.57	9.89
65	7.69	7.20	5.72	10.90
66	8.02	8.20	6.21	13.54
67	7.79	8.20	5.67	9.80

注) 鈴木(1969)からの転載で林野庁計画課調査による。

Notes: This is quoted from SUZUKI(1969). The data was surveyed by Planning Section in Forestry Agency.

Table 12. 1961年～1964年の平均伐採性向  
The mean and variance of felling age in each grade stand, 1961-1964

区分 Class	人工林 Man-made forest		天然林 Natural forest	
	平均伐期齢(年齢級) Mean of felling age (age class)	伐期齢分散(年齢級 <sup>2</sup> ) Variance of felling age (age class <sup>2</sup> )	平均伐期齢(年齢級) Mean of felling age (age class)	伐期齢分散(年齢級 <sup>2</sup> ) Variance of felling age (age class <sup>2</sup> )
1級林 1st grade stand	7.67	6.94	5.47	8.52
2級林 2nd grade stand	7.73	6.80	6.21	9.26
計 Total	7.67	7.02	5.59	10.78

注) 鈴木(1969)からの転載。

Notes: This is quoted from SUZUKI (1969).

という問題点を提起し、この点を解明するためには、「統計数字に信頼できるものが少ないので、早期に信頼できる統計の整備が必要である」としている（鈴木，1969）。

このように、減反率が10年間利用されてきた段階で、既に伐採傾向が変化しているとする推測がなされたが、その時点では信頼できる統計が少なく詳細な分析が行えなかった。しかし、Table 11でみる限り、伐採傾向に変化はないといえる。

減反率が民有林に適用されて30年を経過した現在、電子計算機の発達に支えられて、林業に関する統計情報は当時と比べてはるかに信頼性の高いものとなった。第2章4節の伐採傾向に関する詳細な分析は、岐阜県における11年間（1972年～1982年）の15万件を越える伐採状況のデータと電子計算機を用いて行われたものである。その結果、伐期齢分散の推移に大きな変化がみられなかったが、平均伐期齢の推移は高齢級へと移行する傾向がみられた（Fig.22～Fig.29）。田中（1980）、BLANDON（1994）も、愛知県の1962年～1978年の森林資源構成表からスギ、ヒノキについての伐採傾向を分析した結果、平均伐期齢、伐期齢分散ともに増加していたことを報告し、減反率法の予測誤差の原因としてこの減反率の変化をあげている。荻原ほか（1992）も、同様に伐期の長期化、多様化の傾向を指摘している。

ここで、昭和30年代からのわが国林業を取り巻く経済的条件の実態を整理しておく。熊崎（1985；1989）によれば、立木価格が上昇傾向にあった昭和30年代は林業にとって異常に恵まれた時代であったが、昭和45年前後を境に木材価格の低迷とあわせて、賃金上昇による生産費の増加のため、立木価格は素材価格以上に押し下げられた。そのため昭和30年代と外材依存が強くなった昭和40年代以降では、林業の活動状況が異なることがセンサス等の資料をもとにした分析で明らかにされている（船越，1981；深尾，1988；熊崎，1989）。このように、林業を取り巻く経済的条件は、減反率理論の出された昭和30年代と比較して、林業にとって厳しい状況へと大きく変わっており、活発に行われてきた林業活動は一転して停滞の状況になった（深尾，1988）。これらが、経営方針を伐期の長期化へと移行させた要因として指摘されている（熊崎，1985，1989；有永ほか，1988）。

このような状況は、先に述べた岐阜県に関する伐採傾向の調査結果や田中らの考察とも一致する。鈴木は、減反率理論を提示してまもなく、減反率の変化への対処の方法について、「減反率に変更が起きれば、それ以後の計算は、変更の起こった時期の年齢分布を初期条件として収穫量を予測すればよい」と言及している（科学技術庁資源局，1963）。以上の考察から明らかなように、林業を取り巻く経済的条件が変化すれば、それに応じて減反率パラメータも変化していることから、収穫予測のために減反率法を適用するにあたっては、この点を留意する必要がある。

### 3.3 減反率算出方法の改良

減反率法で算出される伐採面積が、現実の伐採面積と大きく乖離している理由として、前節で述べた減反率パラメータの変化のほかに、減反率算出方法の不備が指摘されている（田中，1981；野田ほか，1983）。

岐阜県木曾川地域森林計画区ヒノキの年齢別森林面積は、Fig.39のように1，2年齢をピークとする分布をし1，2年齢で全体の45%を占める。この例のように、わが国森林のスギ、ヒノキの森林年齢分布は、ある年齢に偏った団塊を持つ。この場合、鈴木の示した単に年齢別伐採面積から減反率パラメータ

を算出する方法，すなわち

$$\bar{t} = \left[ \sum_j j \cdot n_j \right] / \sum_j n_j \quad (14)$$

$$\sigma^2 = \left[ \sum_j j^2 \cdot n_j \right] / \sum_j n_j - (\bar{t})^2 \quad (15)$$

ただし， $\bar{t}$  = 平均伐期齢， $\sigma^2$  = 伐期齢分散， $n_j$  =  $j$  齢級伐採面積

では，団塊の齢級の伐採面積の比率が，ほかの齢級に比べ大きくなってしまふ。そこで，歪んだ齢級分布の影響を取り除く方法として，齢級別森林面積に対する伐採面積の比率から減反率を算出することが考えられる(野田ほか，1983)。

すなわち，式(14)(15)の齢級別伐採面積 $n_j$ を，齢級別伐採面積率 $n'_j$

$$n'_j = n_j / a_j \quad (16)$$

ただし， $a_j$  =  $j$  齢級森林面積

で置き換えた式

$$\bar{t} = \left[ \sum_j j \cdot n'_j \right] / \sum_j n'_j \quad (17)$$

$$\sigma^2 = \left[ \sum_j j^2 \cdot n'_j \right] / \sum_j n'_j - (\bar{t})^2 \quad (18)$$

で得られた減反率パラメータから減反率を算出するのである。

減反率算出に際して，ここで述べた方法と従来の方が予測値に与える違いを明らかにするため，減反率法を第2章3節の木曾川地域森林計画区ヒノキに適用して，得られた主伐面積，森林現況を比較した。伐採面積率から求められた減反率パラメータは，平均伐期齢11.02齢級，伐期齢分散14.11齢級<sup>2</sup>となった。これを用いて算出した減反率は，9 齢級をピークとする分布様式を呈し，実際の伐採率の分布と同様であることが伺える。一方，従来の方で算出された平均伐期齢6.83齢級，伐期齢分散14.48齢級<sup>2</sup>の減反率の分布様式は，実際の伐採率のそれとは全く異なっている(Fig.39)。

伐採面積を比較すると，伐採面積率による方法は，従来の方と比べ伐採面積合計で現実値にかなり近く(伐採面積率による方法の誤差率は，2分期38%，3分期236%，4分期15%；従来方法の誤差率は，2分期266%，3分期757%，4分期104%)，齢級別伐採面積も従来の方より実際に近い値になっている(Table 2, Table 13)。伐採面積率による方法で予測された森林現況の平均誤差率，誤差率標準偏差は，2分期6.12%，7.16%，3分期16.23%，12.83%，4分期18.32%，18.04%で，齢級別誤差率はいずれの分期とも従来の方より誤差が少なくなった(Fig.40)。このように，伐採面積率から減反率パラメータを求めることで，予測される伐採面積，森林の推移が，より現実に近くなり収穫量の予測精度を上げることができる。

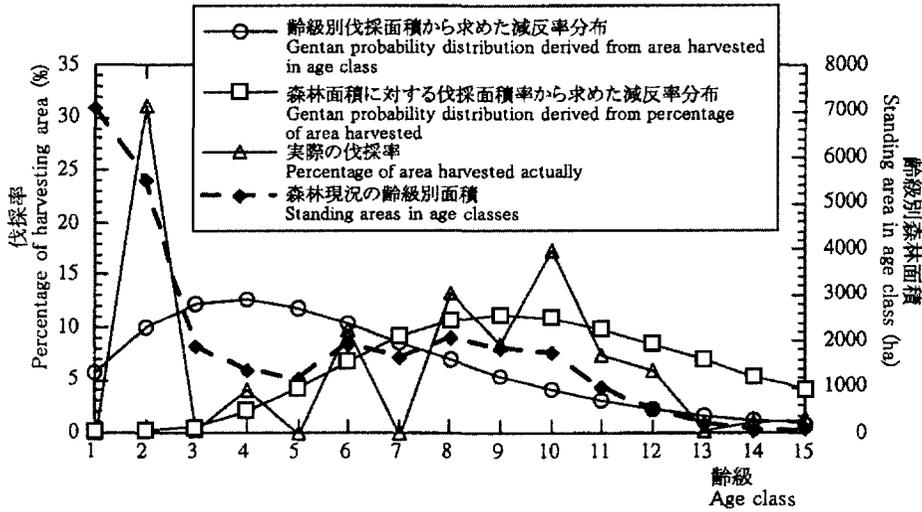


Fig.39. 2種類の減反率分布, 伐採率分布, 齢級分布 (木曾川地域森林計画区, 樹種: ヒノキ)  
Gentan probability distributions derived by different methods, harvesting ratio and age class distribution (Kisogawa forest planning area, Hinoki)

Table 13. 伐採面積率から算出した減反率パラメータを使った減反率法による分期別伐採面積の予測量と現実量との比較 (木曾川地域森林計画区, 樹種: ヒノキ)  
Comparison of harvested area forecasted by gentan probability parameters derived from percentage of area harvested and the actual area (Kisogawa forest planning area, Hinoki)

Unit : ha

齢級 Age class	1分期 1st period		2分期 2nd period		3分期 3rd period	
	実績 Actual	予測 Forecasted	実績 Actual	予測 Forecasted	実績 Actual	予測 Forecasted
	1	0	0	66	0	0
2	228	10	31	8	0	3
3	0	32	75	52	0	40
4	54	40	131	95	725	153
5	0	53	28	81	357	193
6	111	105	12	85	233	129
7	47	168	0	141	90	114
8	42	228	61	197	98	165
9	244	279	13	240	81	208
10	271	310	32	271	175	233
11	143	269	34	281	132	245
12	94	180	38	231	289	241
13	74	84	42	147	151	188
14	9	51	10	66	87	115
more than 15	3	19	9	53	67	88
計 Total	1 321	1 828	580	1 948	2 485	2 115

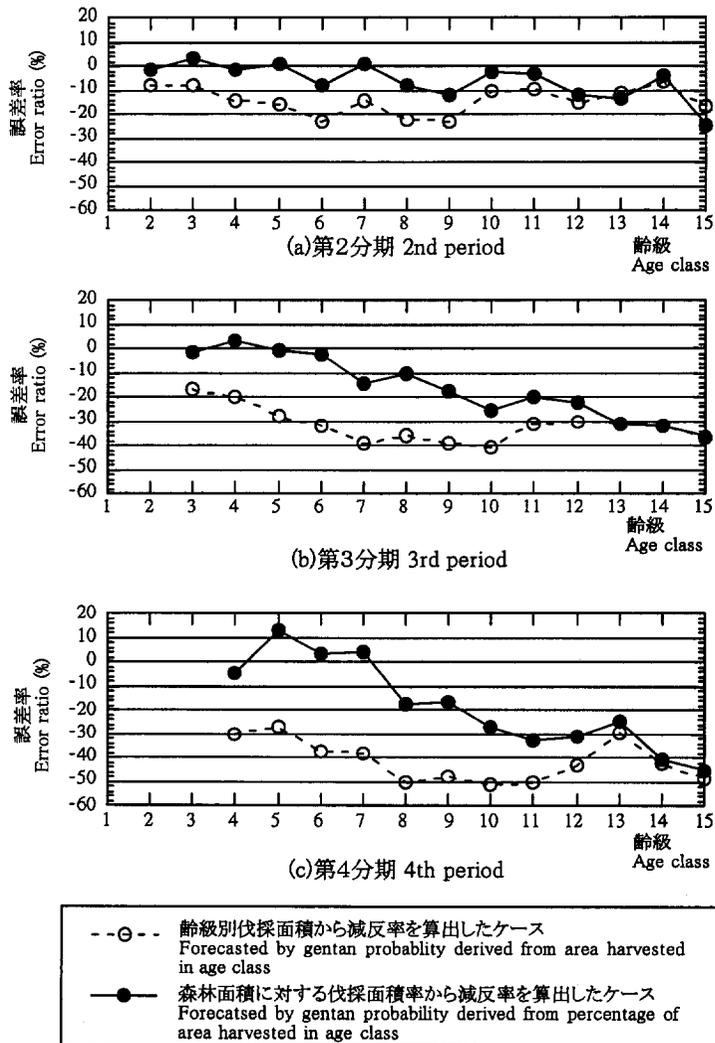


Fig.40. 減反率算出方法の違いによる森林現況齢級別誤差率の比較(木曽川地域森林計画区, 樹種:ヒノキ)  
Comparing of error ratios of forecasting standing areas with different methods to derive gentan probability  
(Kisogawa forest planning area, Hinoki)

注) 新生林分齢級は, 拡大造林の影響がでるため除いた。

Notes: Age classes of replanted stands are excluded, as these possibly include areas afforested.

### 3.4 最高齢級の取り扱い

伐採面積率から減反率を算出する際, 伐採統計の最高齢級で保存率が高いと, 平均伐期齢は過小に評価される等の誤差が生じてしまう。そこで, 田中(1979; 1981), BLANDON(1991)は, 伐採統計を時間打ち切り標本としてみなして, より現実に近い減反率パラメータを推定する方法を示した。田中(1979)は, 時間打ち切り標本から減反率パラメータを推定する方法の有効性について, 次のように考察している。すなわち, 伐採統計を打ち切り標本としてみなさない今までの方法は, 打ち切り齢級(最高齢級)以後の

保存率が5%以下でなければ、減反率に有意な誤差が含まれてしまう。これに対し、打ち切り標本による方法は、打ち切り齢級以後の保存率が10%以下であれば十分有効である。

現在の森林資源構成表、伐採実績集計表は、16齢級以上は15齢級に集約されて出力されているのが通常である。しかし、電子計算機の発達により森林計画段階での情報の電算処理化は進みつつあり、既に1982年の時点で、多くの県等で森林資源情報、施業情報等がデータベース化され森林計画業務に生かされている（斉藤，1982；石山，1982；蓮場，1982；高橋，1982；戸田，1982；金沢，1982；浦杉，1982；柴垣，1982）ことから、現在では、すべての都道府県で電算化が完了していると推察される。電算化された森林計画情報には、伐採齢級、森林の齢級構成は、打ち切りでなく現実の齢級が収録されているものと考えられる。従って、減反率法を応用する際、最高齢級を15齢級ではなく20齢級にまで上げて、打ち切り齢級以後の保存率を低下させることは困難なことではない。天野（1993）は、打ち切り齢級が13齢級と20齢級のケースについて、今までの方法で減反率を算出し、それぞれの伐採面積を比較した結果、最高齢級を上げることで予測精度は向上するとしている。

ここで、最高齢級を20齢級とした時、打ち切り齢級以後（21齢級以上）の保存率の分布と減反率パラメータの関係を示したのがFig.41である。伐採統計を打ち切り標本とみなさない今までの方法が有効とされる領域、すなわち、打ち切り齢級以後の保存率が5%以下の領域は、平均伐期齢と伐期齢分散の組合せでいえば、およそ平均伐期齢11齢級、伐期齢分散30齢級<sup>2</sup>の点と平均伐期齢18齢級、伐期齢分散2齢級<sup>2</sup>の点を結ぶ直線左側の領域である（Fig.41）。一方、田中が指摘する「減反率に有意な誤差が含まれる」ケースは、今までどおりの減反率算出方法で、最高齢級を20齢級に設定する場合、減反率パラメータの組合せがFig.41の保存率5%ラインよりも右側領域に該当するときである。

現在のわが国の地域森林計画における標準伐期齢は、8～12齢級程度である。また、最高齢級を21齢級にした1984年の主伐面積調査（1981年～1983年の3ヶ年集計）の資料を用いて、全国民有人工林主伐面積の齢級別構成比をみると、21齢級以上の構成比は全樹種0.04%、スギ、ヒノキでも0.07%、0.04%と0.1%以下である（Table 14）。そのため、今後の伐採傾向の長期化・多様化を考慮しても、減反率パラメータの組合せが保存率5%ラインよりも右側になることはほとんど考えられない。越えた場合には最高齢級を上げるか、あるいは田中、BLANDONの方法を適用することが考えられる。このように、収穫量の予測に際して、最高齢級を20齢級に上げることで、打ち切り齢級以後の保存率の問題は解消され、今までの簡便な方法を使って減反率を算出することができることが明らかになった。

### 3.5 減反率法の適用領域と適用しない領域の区分

第2章4節の分析で、林道からの距離や所有規模で伐採傾向に違いのあることが認められた。このことは、白石（1994）が、岐阜県下の森林施業の実態について、林道からの距離別に分析した結果、皆伐、間伐の実施状況は、林道から距離が近い森林に集中し、遠い森林では低下することを明らかにしていることから肯定できる。

森林の所有規模からみた林家の林業生産活動の動向について、熊崎（1987）は1978年と1985年の林業動態調査をもとに分析を行っている。それによれば、①林業経営の採算性の悪化によって、全体的にみると人工林の伐期は長期化の傾向にあり、所有規模別にみると、小規模層のほうが大規模層よりも長期化

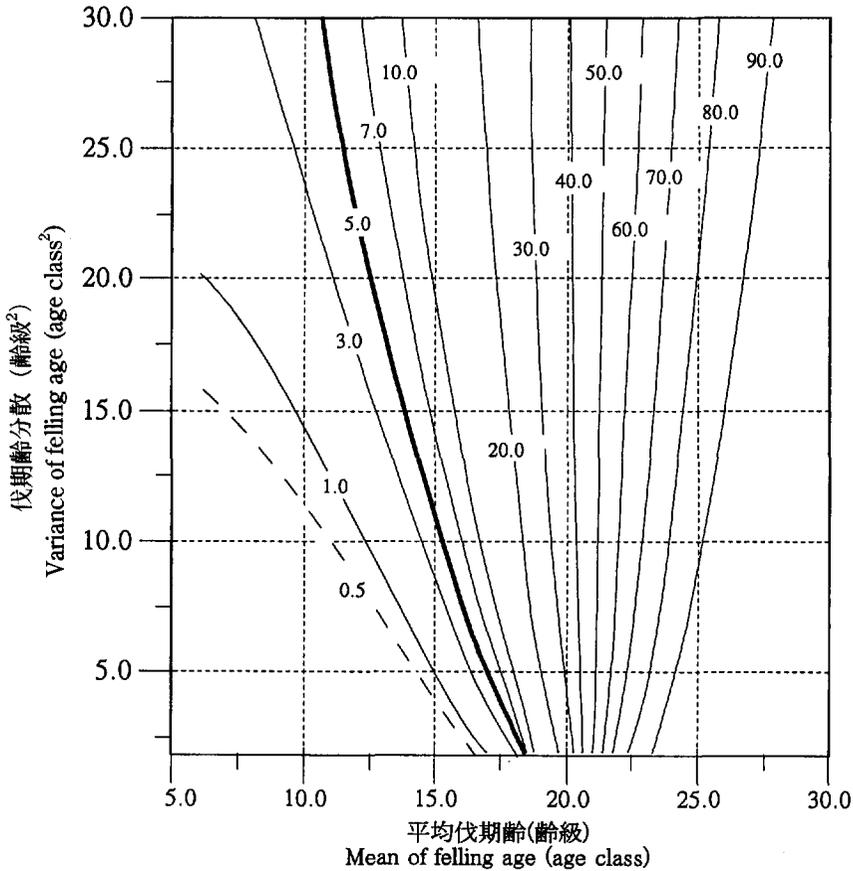


Fig.41. 打ち切り年齢20年齢で算出した減反率パラメータと打ち切り以後の保存率の関係  
 Relation between the gentan probability parameters derived in condition of that maximum of age class is 20 and the survival rates for age class 21 and above  
 注)図は、打ち切り以後の保存率の等値線図を示す。図中の数字は、打ち切り以後の保存率(%)の値である。

Notes: This shows isolines of the survival rates for age class 21 and above.

傾向が強い、②所有規模階層の違いによる伐期の伸び方の相違は、林業収入への依存度の違いが原因である、③家計収入を林業生産に依存する大規模層では、立木価格の落ち込みによる収益の減少を伐採量でカバーする必要性から伐期は伸びず、むしろ短くなる場合があるが、④林業収入依存度の低い小規模層では、主伐実行率が低く伐り控えているため伐期は長期化する、という実態が指摘されている。横山ら(1991)も、人手不足や林業経営の採算性の悪化から必要な保育作業を手抜きしたり、長期間放置したままにする実態を指摘している。

このような伐り控えの程度は、森林の立地条件と関係していることが、柳幸(1989)の素材生産量の動向分析から明らかにされている。それによれば、1970年以降、外材支配体制が強くなって生じた木材価格の低迷、あるいは労賃の上昇が原因で、「林家の伐り控え＝長伐期化」が強まり、国内の積極的な伐採圏は縮小してしまったとされている。また柳幸は、そのメカニズムを立木価格と素材生産費の関係に着

Table 14. 全国民有人工林の主伐面積とその齢級別構成比  
Areas harvested and the percentages of age classes of man-made private forests in Japan

齢級 Age class	主伐面積 Area harvested (ha)					主伐面積の齢級別構成比 Percentage of area harvested (%)				
	総数 Total	スギ Sugi	ヒノキ Hinoki	針葉樹計 Sum of softwood	広葉樹計 Sum of hardwood	総数 Total	スギ Sugi	ヒノキ Hinoki	針葉樹計 Sum of softwood	広葉樹計 Sum of hardwood
1	792	15	2	618	173	0.60	0.03	0.01	0.62	0.54
2	1 200	90	20	717	483	0.91	0.18	0.11	0.72	1.50
3	5 578	563	190	2 035	3 543	4.22	1.12	1.08	2.04	11.02
4	13 500	2 542	717	6 793	6 707	10.22	5.05	4.06	6.80	20.86
5	19 625	4 103	770	11 815	7 810	14.86	8.15	4.36	11.83	24.29
6	19 878	5 308	678	12 573	7 305	15.05	10.54	3.84	12.59	22.72
7	17 403	8 823	1 427	14 362	3 042	13.18	17.52	8.08	14.38	9.46
8	13 800	7 758	2 135	12 328	1 472	10.45	15.41	12.09	12.34	4.58
9	10 138	5 082	2 542	9 367	772	7.68	10.09	14.39	9.38	2.40
10	9 997	4 938	3 305	9 655	342	7.57	9.81	18.71	9.66	1.06
11	6 563	3 678	1 970	6 497	67	4.97	7.31	11.15	6.50	0.21
12	6 073	3 222	1 767	5 898	175	4.60	6.40	10.00	5.90	0.54
13	2 903	1 522	962	2 842	62	2.20	3.02	5.44	2.84	0.19
14	2 298	1 365	688	2 268	30	1.74	2.71	3.90	2.27	0.09
15	1 208	708	222	1 105	103	0.92	1.41	1.26	1.11	0.32
16	562	333	172	560	2	0.43	0.66	0.97	0.56	0.01
17	158	100	42	155	3	0.12	0.20	0.24	0.16	0.01
18	160	102	28	158	2	0.12	0.20	0.16	0.16	0.01
19	85	22	8	32	53	0.06	0.04	0.05	0.03	0.17
20	77	40	12	75	2	0.06	0.08	0.07	0.08	0.01
more than 21	53	33	7	43	10	0.04	0.07	0.04	0.04	0.03
計Total	132 053	50 348	17 662	99 897	32 157	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

注) 林野庁業務資料。主伐面積は1981~1983年の3年間の合計値を5/3倍して5年分に換算してある。  
Notes: This is the data from the affairs reports of Forest Agency. Areas harvested are values of 5/3 times sum for 3 years (1981-1983) to transform one year's amount to amount for five years.

目して解析し、木材価格の低迷による立木価格の実質的低下は劣等地ほど大きく、結果として伐り控えも劣等地ほど強く表れることを明らかにしている。すなわち、積極的な伐採活動圏の縮小(伐り控え)は、搬出条件の悪い森林で強く生じるのだとしている。

BLANDON(1993)は、森林を減反率が適用される領域と適用されない領域に区分することが予測結果の精度の向上に大きな影響を与えないとしている。しかし、それは、時間打ち切り標本理論に基づいて減反率をガンマ分布と仮定し、最尤法で減反率を推定する方法で行ったシミュレーション分析の結果から推測したものであり、本来の減反率法に基づいたものでない。しかも、上で述べた民有林の生産活動の現状から判断して、減反率理論が生まれた当時と比べ、林業を取り巻く経済的条件が変化した現在では、伐り控え等のため、積極的な伐採活動の対象となる領域も変化したといえる。このことは、適用する対象森林の伐採活動圏が変化しないと仮定している減反率法が、現状に合わなくなってしまっている大きな原因である。この意味から、天野ほか(1984)が指摘するように、減反率法を適用する場合は、林業活動の停滞している領域と活発な領域に区分し、活発な領域に対しては減反率法を適用することが望まし

いと考えられる。さらに、林業活動が活発な地域の占める割合は、木材価格が関連していると想定されるので、この点からも、森林を減反率法の適用領域と不適用領域に区分することは、正確な収穫予測上、必要なことと考えられる。

### 3.6 計算単位の細分化

鈴木(1969)が、「平均伐期齢に大きな差異のある林分については、別々に計算する必要がある」と指摘しているように、民有林の経営活動の現状を分析した結果、樹種の違いや林道からの距離、所有規模等によって、伐採性向に違いのあることが認められた。従って、減反率法を適用する場合、伐採傾向が異なるものについては、それぞれを計算単位として区分し、別々の減反率パラメータを適用することが望ましいといえる。

### 3.7 考察

民有林の地域森林計画樹立に相応しい収穫予測手法を検討した結果、多数の森林所有者で構成される民有林の生産活動をマルコフ過程によってモデル化した手法である減反率法は、利用が簡便で、シミュレーションの利用も可能であることから、依然として有用性が高いことが明らかになった。そこで、減反率法を改善して予測精度をあげる方法を検討したところ以下の必須項目が抽出された。①経済的条件の変化に応じて減反率パラメータを決める、②減反率の算出は齢級別伐採面積率を用いて行う、③伐採統計および予測における最高齢級を20齢級以上にする、④森林を、減反率法を適用する領域と適用しない領域に分ける、⑤減反率法を適用する領域の中で、伐採傾向が異なるものには別々の減反率を適用する。これらを考慮して、減反率法を改善することで、近年の民有林経営を取り巻く経済的条件の変化に対応した精度の高い収穫予測が可能になると考えられる。

## 4 結論

戦中戦後の過伐で荒廃したわが国森林は、林業に携わる人々を中心とした森林経営努力に支えられながら造成・整備され、人工林面積は1000万haにまで達した。しかし、国民の森林・林業に対する関心が高まる一方、林業を取り巻く経済的条件の悪化から、国有林ばかりでなく民有林経営にとっても厳しい状況にある。このように、現在わが国は21世紀に向けて山村と森林・林業の活性化を図る重要な岐路に立たされているとみることができよう。この課題を克服するためには、収穫量と森林資源の推移に関する精度の高い予測をもとにした適正な森林計画の樹立が極めて重要である。とりわけ民有林の地域森林計画では、収穫予測法として30年以上使用されてきた減反率法が、近年になって本質的な機能を果たしていないと指摘されており、より精度の高い新たな収穫予測法の作成が求められている。そこで、本研究は、民有林の地域森林計画樹立に際して、減反率法に代わる精度の高い新たな収穫予測法を確立するため、またその成果を全国森林計画樹立に有用なものとするため行われたものである。その結果が以下のように要約される。

第1章では、新しい収穫予測法の確立を研究目的とした理由を詳細に説明するとともに、研究方法の概要を述べた。

第2章では、地域森林計画と森林計画制度の関係を整理して、減反率法の位置づけを明確にした。地

域森林計画の樹立に際して、手法的に簡便な減反率法が、予測法として現在でも推奨されていることを明らかにした。また、木曾川地域森林計画区の事例解析に基づき、収穫予測量と現実収穫量の乖離の実態を具体的に示し、減反率法による収穫予測上の問題点について検討した。

まず、減反率法の理論的根拠である減反率理論の特性を明らかにし、減反率法実行の際、基礎となる森林現況、平均伐期齢、伐期齢分散が、予測結果に与える影響を検討した。その結果、(a)減反率法で予測される将来の森林資源は、平均伐期齢、伐期齢分散の値により多様に変化すること、(b)期首森林現況が、団塊のある齢級分布の場合には、平均伐期齢、伐期齢分散の変化が齢級分布の歪みと相乗されて、予測値に大きく反映されることが明らかとなった。

次に、予測値と現実値との乖離の理由を明らかにするため、岐阜県を対象として、11年間(1972年～1982年)にわたる民有林の伐採傾向を分析した。その結果、

(a)減反率は、樹種により異なり、また年次の推移に伴い変化する。

(b)伐採から造林までの過程で樹種構成が変化する。

(c)林道からの距離別、所有規模別により減反率は異なる。

(d)森林は、積極的な林業活動の対象になっている領域とそうでない消極的な領域に分かれる。

という現状が明らかになった。このことは、多数の森林所有者で構成される民有林の林業経営は、すべての森林で積極的な林業活動が行われるという減反率法的前提どおりには行われていないことを示すものであり、このことが近年、減反率法で正しい収穫予測ができない原因であることが明らかになった。

第3章では、これまでの森林計画において用いられてきた収穫予測手法を検討した。その結果、利用上簡便であり、しかもシミュレーション的利用の可能な減反率法は、前述の欠点はあるにしても、減反率法による収穫予測の精度を高めるための改善策を第2章の結果を参考にしながら検討したところ、主なものとして次のことが認められた。

(a)経済的条件の変化に応じて、減反率パラメータを決めることが必要である。

(b)近年のように齢級分布に歪みをもった森林現況では、通常の齢級別伐採面積から減反率算出を行うよりも、齢級別伐採面積を森林現況で除した齢級別伐採面積率から減反率を求める必要がある。

(c)伐採統計並びに減反率適用時の最高齢級が低いことで生じる減反率算出時の誤差を無くすためには、最高齢級を20齢級以上に上げる必要がある。

(d)積極的な林業活動の対象となっている領域に対して減反率法を適用する。

(e)樹種や地利等の違いによって伐採傾向が異なるので、減反率パラメータの異なるものは独立した計算単位とする。

高度経済成長期という林業にとっても恵まれた時代に誕生した減反率法は、積極的な林業生産活動を前提とした収穫予測法であった。林業を取り巻く経済的条件が厳しくなり林業生産活動が停滞するにつれて上述の欠点が如実に表れ、民有林の地域森林計画における減反率法による収穫予測量が現実量と大きく異なるという問題点が顕著になってきた。その主要な原因として、従来の減反率法は、経済条件の変化に対応できるように作成されていなかったことが本研究によって明らかになった。これらの問題点を整理分析することにより、減反率法をベースとする新しい収穫予測モデルの開発が可能になると筆者

は考えている。

## 謝 辞

この研究をまとめるにあたって、一貫して懇篤なる指導と校閲を賜った九州大学農学部柿原道喜名誉教授に対し、心から拝謝の意を表す。また、有益な指導を賜った九州大学農学部深尾清造名誉教授、九州大学農学部今田盛生教授、九州大学農学部川口雅正教授に厚く謝意を表す。

筑波大学熊崎実教授(元森林総合研究所林業経営部長)と森林総合研究所林業経営部天野正博資源計画科長には、この研究を始めるきっかけを作ってくださいと指導を賜った。特に、天野科長には、始終貴重な助言と指導をいただいた。

岐阜県の民有林に関するデータの提供に際しては、岐阜県林政部菊谷光重氏、三島喜八郎氏、神尾和美氏、中島薫氏、古川克彦氏、平井実氏をはじめ林政部の多くの方々から資料をいただいた。特に、神尾氏には磁気テープフォーマットの変更等惜しめない協力をいただいた。元名古屋営林局中川護氏には、飛騨地方の木材価格の資料をいただいた。

新しい収穫予測モデルの全国森林計画への応用にあたって、林野庁企画課後藤健氏(元林野庁計画課)には、同氏が作成された木材需要予測モデルの利用を快諾してくださるとともに貴重な助言をいただいた。林野庁計画課山口正三氏をはじめ昭和62年「資源基本計画」「林産物の長期需給見通し」樹立に携わった方々からは、多くの民有林に関する資料と貴重な助言をいただいた。林野庁経営企画課森隆繁氏には国有林に関する資料を、林野庁計画課吉永俊郎氏、農林水産省統計情報部中沢極氏には全国民有林に関する資料を提供していただいた。

以上の方々に、ここに記して感謝の意を表す。

## 引用文献

ABRAMOWITZ, Milton and STEGUN, Irene A. eds. (1964) : Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables, 255-941, National Bureau of Standards Applied Mathematics Series 55, Washington, D.C.

天野正博(1981) : これからの森林計画手法の動向, 北方林業33(9), 236-240

天野正博(1983) : 電算機による保続計算用プログラムの開発, 109pp, 国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書, 林業試験場

天野正博, 野田巖(1984) : 民有林における木材供給予測(Ⅱ)一減反率を使用する上での問題点一, 95回日林論, 121-122

天野正博, 野田巖(1985) : 国産材供給予測モデル, (岡和夫編「林産物の長期モデル開発に関する研究」所収), 60-141, 昭和59年度農林水産業特別試験研究費補助金による研究報告書

天野正博, 熊崎実, 野田巖(1986) : 林産物の供給モデル, (岡和夫編「林産物の長期モデル開発に関する研究」所収), 76-96, 昭和60年度農林水産業特別試験研究費補助金による研究報告書

天野正博(1993) : 国有林の森林計画体系に関する研究, 77-97, 東大農学部博士論文

- 有永明人, 笠原義人編著(1988) : 戦後日本林業の展開過程, 123-147, 筑波書房, 東京
- BLANDON, Peter (1991) : Gentan probability and censored sample theory ( I ), 日林誌 73 (3), 187-196
- BLANDON, Peter (1993) : Unmanaged forests and forecasting using the gentan probability distribution, 日林誌 75 (6), 484-492
- BLANDON, Peter (1994) : Movement in the parameters of the gentan probability distribution, 日林誌 76 (1), 1-9
- DEPTA, David J. (1984) : Integrated forest planning systems at Weyerhaeuser company, Proceedings of IUFRO symposium on forest management planning and managerial economics, 184-194, Univ. of Tokyo, 大貫仁人抄訳: ウェアハウザー社の総合森林計画システム, 森林計画研究会会報 290・291合併号, 20-25, 1985
- 深尾清造 (1988) : 林業経営の展開構造, 300pp, ミネルヴァ書房, 京都
- 船越昭治 (1981) : 日本の林政・林業, 250-261, 農林統計協会, 東京
- 古川勝彦, 神尾和美 (1984) : 第7次揖斐川地域森林計画区における伐採計画量の検討について, 森林計画研究会会報 281号, 27-33
- 古川勝彦 (1987) : 伐期齢の長期化による木材供給力の平準化について, 森林計画研究会会報 304号, 8
- GARCIA, Oscar (1984) : FORPI, A forestry-oriented linear programming interpreter, Proceedings of IUFRO symposium on forest management planning and managerial economics, 293-305, Univ. of Tokyo. 天野正博抄訳: FOLPI—森林計画用のLP翻訳システム, 森林計画研究会会報 290・291合併号, 35-38, 1985
- GOULDING, C.J. (1984) : Yield regulation and management planning in a decentralized organization, Proceedings of IUFRO symposium on forest management planning and managerial economics, 134-145, Univ. of Tokyo, 野田巖抄訳: 地方分権体制における収穫規制と経営計画, 森林計画研究会会報 290・291合併号, 16-18, 1985
- 蓮場良之 (1982) : 森林計画における電算処理の現状と今後の展望, 森林計画研究会会報 268・269合併号, 35-49
- 井上由扶 (1974) : 森林経理学, 298pp, 地球社, 東京
- 石山新一朗 (1982) : 森林計画業務の電算化事業について, 森林計画研究会会報 268・269合併号, 31-35
- JOHNSON, K.N. (1986) : FORPLAN Version 1: an overview, Land Management Planning System Section, U.S.D.A. Forest Service, Fort Collins
- 科学技術庁資源局編 (1961) : 木材生産予測方法論, 116pp, 資源協会, 東京
- 科学技術庁資源局 (1963) : 木材の生産予測について (II), 科学技術庁資源局資料 53号, 23-27
- 金沢徹 (1982) : 森林計画業務における電算処理システムの現状と今後の展望, 森林計画研究会会報 268・269合併号, 63-70
- 加藤隆, 野田巖 (1989) : 木材生産における効率的生産システムの実証と評価, (中部地域における自然エネルギーの効率的利用による栽培植物システムの開発), 農林水産技術会議グリーンエナジー計

画成果シリーズV系No.2, 392-410

- 木平勇吉(1990)：森林計画のための数理計画手法—アメリカでの応用—, 林統研誌15号, 68-74
- 熊崎実(1974)：森林経営における伐採・更新に関するシステムの研究, 145pp, 林野庁監査課
- 熊崎実(1985)：転換期の林業経営, 79pp, 林業科学技術振興所, 東京
- 熊崎実編著(1987)：林業を担う主体の動向, 167pp, 全国農林統計協会連合会, 東京
- 熊崎実(1989)：林業経営読本, 35-115, 日本林業調査会, 東京
- MINOWA Mitsuhiro and NAGUMO Hidejiro (1981)：A computerized system for scheduling forest production in Japanese private forests, 92-102, Proceedings of IUFRO World Congress XVII
- 三島喜八郎, 草野義正(1984)：地域森林計画の進行管理について, 森林計画研究会會報280号, 8-9
- NAVON, D.I. (1971)：Timber RAM ... a long-range planning method for commercial timber lands under multiple-use management, 22pp, U.S.D.A. Forest Service Research Paper PSW-70
- 南雲秀次郎(1970)：線型モデルによる収穫予定理論に関する研究, 名大演習林報5, 137-235
- 南雲秀次郎, 古池篤(1981)：民有林の施業計画策定に関する研究(I) 地域森林計画における人工林の伐採量および造林面積の決定, 日林誌63(3), 79-89
- 南雲秀次郎(1983)：民有林の施業計画策定に関する研究(III) 人工林の法定齡級配置への収束の早さについて, 日林誌65(3), 98-103
- 野田巖, 天野正博(1983)：民有林における木材供給予測—伐採傾向に関する時系列的解析—, 94回日林論, 113-116
- 野田巖, 天野正博(1988)：森林計画システム利用の手引, 58pp, 林野庁
- 農林水産省(1987)：森林資源に関する基本計画ならびに重要な林産物の需要及び供給に関する長期の見通し, 40pp, 農林水産省
- 農林水産省(1991)：全国森林計画, 37pp, 農林水産省
- 荻巢勝俊, 吉島政男(1992)：地域森林計画における伐採計画量算出についての一考察, 森林計画研究会會報345号, 21-27
- 小沢普照(1992)：森林の流域管理システムの理念と展望, 森林科学5号, 1-4
- PEIZER, D.B. and PRATT, J.W. (1968)：A normal approximation for binomial, F, Beta, and other common related tail probabilities I, Journal of the American Statistical Association 63, 1416-1456
- 林野庁企画課(1984)：国産材供給システム計量モデル開発調査報告書(地域モデルの開発), 122pp, 林野庁企画課
- 柳幸広登(1989)：木材価格形成論, 140pp, 農林統計協会, 東京
- 斉藤凱晴(1982)：森林計画における電算処理の現状と今後の展望, 森林計画研究会會報268・269合併号, 12-31
- 柴垣英道(1982)：熊本県における森林施業計画の電算処理, 森林計画研究会會報268・269合併号, 78-82
- 森林計画制度研究会編(1992)：新版森林計画の実務, 574pp, 地球社, 東京
- 白石則彦(1994)：林道からの距離別にみた森林施業の実態解析, 日林誌76(3), 218-223

鈴木太七(1969)：木材生産予測に関する研究報告書，115pp，名古屋大学農学部

高橋喬(1982)：新潟県における森林計画電算処理の現状と今後の展望について，森林計画研究会會報  
268・269合併号，49-54

田中和博(1979)：時間打ち切り標本からの減反率の推定について，90回日林論，123-124

田中和博(1980)：愛知県における最近の伐採傾向について，28回日林中部講集，189-191

田中和博(1981)：C方式による減反率計算の一例，林統研誌6号，19-24

戸田清佐(1982)：森林計画における電算処理の現状と今後の展望，森林計画研究会會報268・269合併号，  
54-63

浦杉圭作(1982)：森林計画関係システムラインナップ，森林計画研究会會報268・269合併号，70-78

横山益美監修，堺正紘・行武潔・小嶋睦雄共著(1991)：製材読本，9-10，日本林業調査会，東京

## A Study on Forecasting Yield for Regional Private Forest Planning (I) - Problems and improvements on the gentan probability methodology -

NODA, Iwao<sup>(1)</sup>

### Summary

In Japan, artificial plantation areas reached 10 million ha after forests were devastated by overcutting during and after World War II. This was because that the people who engaged in forestry, established and maintained forests through the forest management. However, the current economic conditions surrounding forestry have made the management of private forests as difficult as national forests, though concern of people for the forests and forestry has been increasing. In this way, we stand at the turning point whether we can make mountain villages and forestry active for the 21st century. It is extremely important to establish a reasonable forest plan based on precise forecasts of changes in forest resources in order to achieve these goals.

The gentan probability method has been criticized for its poor functionality, because its results of used as the yield prediction method for 30 years or more differ greatly from actual values in regional plans of private forests. Therefore devising a new precise yield prediction method is now a pressing need.

This study seeks to develop a new precise yield forecasting method such that will contribute to the establishment of a nation-wide forest plan. The new forecasting model will be discussed in the second paper. This paper examines problems and improvements of the gentan probability method. The contents are summarized as follows.

Chapter 1, describes the purpose and the reason of this study and the study method.

In Chapter 2, the relationship between regional forest plans and the forest planning system is considered in order to clarify the role of the gentan probability method. It is made clear that the gentan probability method is currently recommended as a prediction method for establishing a regional forest plan. Secondly, the discrepancy between forecasted and actual yields is shown using data from the Kisogawa regional forest planning area. Causes of this discrepancy, in other words, problems with yield prediction using the gentan probability method, are examined.

First, the characteristics of the gentan probability theory, which is the theoretical basis of the gentan probability method, are described. It considers how "the present forest situation", "mean and variance of felling age" to be necessary for executing the gentan probability method affect results. As a result, it becomes clear that the prospective forest resources forecasted by the gentan probability method are variously affected by mean and variance of felling age. The mean of felling age affects the area felled in each period, especially the amount of areas felled in the 1st period. When age class distribution has a nodule at the beginning of a planning period, even if mean and variance of felling age change little, the predicted values are greatly reflected.

Secondly, felling trends of private forests in Gifu Prefecture for 11 years (1972-1982) are analyzed to explain why predicted values differ from actual values. As a result, the following factors emerged to explain why the gentan probability method can't forecast yields well in late years.

- (a) The gentan probability varies by species and changes annually.
- (b) Constitution of species changes through the process of from felling to planting.
- (c) The gentan probability varies according to the distance from a forest roads and the scale of the holding area.

---

Received August 20, 1998

(1) Kyusyu Research Center

(d) The forest is divided into the areas where forestry activities are active and the areas where there are passive.

These situations mean that private forest management doesn't follow to the premise of the gentan probability method, in which holds that "positive forestry activities are performed in all multi-owner private forests".

In Chapter 3, the yield prediction technique, which has been used in forest planning, is reviewed. As a result, the followings became clear. Although the gentan probability method has the above-mentioned weak points, it is simple and easy to use, and can be utilized for simulation experiments. In addition, it is the best method for yield prediction for regional forest planning of multi-owner private forests in Japan. So by examining necessary remedies to improve the accuracy of yield forecasting with the gentan probability method, and while with taking results of Chapter 2 into account, the following things became apparent.

(a) As economic conditions, change the gentan probability parameters may need to be redecided.

(b) When the age class distribution of the forest is distorted, the gentan probability should be derived from the percentage of an area felled for an age class rather than simply the area felled for an age class.

(c) The maximum age class in the gentan probability calculation had better be 20 or more, to get rid of the error produced by the cause that the maximum age class in felling statistics is low.

(d) The gentan probability method should be applied to forests where production activity is active. The applied rate of the gentan probability method, which is the ratio of all forest areas of the forest in active production, must be made to change according to economic conditions.

(e) When felling trends differs greatly according to species or accessibility, a calculating unit should be shared.

The gentan probability method, which was devised in an era blessed for forestry during the advanced economic growth period, is a yield prediction method which assumes active forestry activity. If forestry activity is sluggish due to economic conditions, it is possible that the gentan probability method can't make an accurate prediction. This is the weak point of the gentan probability method, which has been obvious since 1975, when the results predicted by the gentan probability method began to differ markedly from actual values. This paper clarified that the major cause is that the gentan probability method can't respond to changes in economy conditions. If these problems are solved, a new yield prediction model based on the gentan probability method must be developed.