森林総研究報 Bull. For. & For. Prod. Res. Inst. No.376, 1999 101～163

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2報)
―新しい収穫予測モデルの開発―

野田 巖(1)

NODA, Iwao : A Study on Forecasting Yield for Regional Private Forest Planning (II)
- Development of a new yield forecasting model -

要 旨：本研究の目的は，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である。本報告ではまず，前報で明らかになった減反率法の改善策をもとに開発した「新しい収穫予測モデル」を提示した。本モデルを地域森林計画に適用するにあたっての有効性を検証するために飛騨川地域森林計画区に適用し，その再現性，予測精度を評価した。その結果，森林現況，伐採面積，収穫量のいずれも極めて高い精度で再現，予測された。このことから，本予測モデルは地域森林計画における収穫予測法として極めて価値の高いことが明らかになった。次いで，本予測モデルの有用性を明らかにするために，この収穫予測モデルと既存の木材需要予測モデルを丸太市場モデルで連結した「木材需給均衡モデル」を作成した。そして，全国森林計画への応用可能性を探るため，本システムを用いて全国民有林人工林の収穫予測を行った。その結果，本システムで算出される森林現況，伐採面積，収穫量，それらと同時に予測される木材需要量のいずも再現性，予測精度は極めて高いことが認められた。従って，今回作成した木材需給均衡モデルは，全国森林計画樹立における収穫量，森林資源，林産物需給量の予測に有効なシステムとしてばかりでなく，シミュレーション的利用によって，政策上の支援情報を得る意志決定支援システムとして利用できることが考えられた。

目 次

1 緒論 …… 102
2 地域森林計画における新しい収穫予測法 …… 104
2.1 収穫予測モデルの構造 …… 104
2.1.1 計算の単位 …… 104
2.1.2 伐採活動圏の区別 …… 104
2.1.3 減反率グループ率の変動 …… 104
2.1.4 主伐量の計算 …… 105
2.1.5 間伐量の計算 …… 106
2.1.6 更新樹種の変化 …… 106
2.1.7 地利級の変化 …… 107
2.1.8 収穫予測モデルの概要 …… 108
2.2 飛騨川地域森林計画区への適用 …… 109

1998年9月11日受理
経営－6 Forest Management-6
(1) 九州支所育林部

2.2.1 方法 …… 109
2.2.2 収穫予測に必要な諸要素 …… 110
2.2.3 再現性 …… 118
2.2.4 予測精度 …… 127
2.3 考察 …… 138
3 収穫予測モデルの全国森林計画への応用 …… 139
3.1 全国森林計画と収穫予測 …… 139
3.2 収穫予測モデルを取り入れた木材需給均衡モデル …… 140
3.2.1 システムの基本 …… 140
3.2.2 全国森林計画のためのシステム …… 142
3.3 システム実行のための諸要素 …… 142
3.3.1 森林資源現況 …… 142
3.3.2 主・間伐用減反率パラメータ …… 142
3.3.3 減反率グループ率 …… 145
3.3.4 林分収穫表 …… 146
3.3.5 拡大造林面積 …… 146
3.3.6 その他の要素 …… 148
3.4 全国森林計画への応用例 …… 148
3.4.1 方法 …… 148
3.4.2 再現性 …… 149
3.4.3 予測精度 …… 153
3.5 考察 …… 157
4 結論 …… 157
4.1 研究の要約 …… 157
4.2 総括的考察 …… 158
謝辞 …… 160
引用文献 …… 160
Summary …… 162

1 緒論

現在まで民有林の地域森林計画樹立において，将来の森林資源の推移と収穫量の予測のために使われている減反率法が，本質的な機能を果していないとされる。今後のわが国の森林・林業にとって適正な地域森林計画が重要な状況にあり，計画樹立に先だって収穫量と資源の推移に関する精度の高い予測が喫緊の課題となっている。そのため，何らかの望ましい収穫予測法の開発が必要とされている。

本研究は，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も寄与することを目的として実施した。第1報で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，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解明した。改善策の主なものとして認められたものは，

(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) 積極的な生産活動が行われている森林に対して減反率法を適用する。積極的な生産活動が行われている森林の全森林に対する割合である減反率グループ率は，分期の進行，換言すれば，経済的条件の変化に応じて変化させる必要がある。

(e) 樹種や地利等の違いによって伐採傾向が異なるので，減反率パラメータに違いがあれば独立した計算単位とする。

であった。

本報では第1報の成果を用いて，減反率法の欠点を改良した新しい収穫予測モデルを作成し，その有用性を明らかにするとともに，全国森林計画に対する応用の可能性を議論する。本モデルの妥当性の検証は，数理モデルの検証方法と同様に再現性，予測精度の二つの面から行った。次いで本予測モデルを取り入れた木材需給均衡モデルを作成し，前者同様，再現性，予測精度の両面から本システムの妥当性を検証した。最後に，以上の結果を総合して，今回作成した収穫予測システムの有用性を議論した。

本報告の第2章以下の構成は次の通りである。

第2章では，第1報で得られた改善策に基づき減反率法を改良して開発した，近年の林業生産活動に即した構造をもつ新しい収穫予測モデルを提示した。そして，本モデルを飛騨川地域森林計画区に適用し，その結果から，本収穫予測モデルの有効性を検討した。

第3章では，本収穫予測モデルを取り入れた木材需給均衡モデルを作成した。そして，本システムを全国民有人工林の収穫予測に適用し，その結果から今回作成した収穫予測モデルの，全国森林計画への応用の可能性について検討した。

第4章では，今回作成した収穫予測モデルの有用性について総括的考察を行った。

なお，この研究で開発した収穫予測モデル，木材需給均衡モデルをはじめとする各種分析プログラムは，FORTRAN言語で作成した。収穫予測モデルと木材需給均衡モデル，各種分析の実行には，ACOS-8000（農林水産研究センター）とDEC VAXstationを使用した。収穫予測モデルの中で，減反率算出に必要なχ^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　地域森林計画における新しい収穫予測法

本章では，第1報で述べた減反率法の抱える問題点をふまえ，減反率理論を基礎にして，林業を取り巻く経済情勢の変化に伴う伐採傾向の変化や計画立案者の政策的シナリオをダイナミックに反映させる収穫予測モデルを提案する。そして，岐阜県の飛騨川地域森林計画区を例にとって，その再現性と予測精度を検証した。

2.1　収穫予測モデルの構造

2.1.1　計算の単位

減反率法では，人工林・天然林別，針葉樹・広葉樹別程度の粗い区分が収穫量の予測単位として使用されている。しかしながら，収穫量を予測するに際して，類似した伐採傾向を持つ林分をグループ化した計算単位を設定する方が精度の向上には望ましい。ここでは第1報第2章4節の伐採傾向の分析に基づいて樹種別，地利級別に計算単位を区分する。ただし，樹種あるいは地利級が異なっても伐採傾向の類似するものはまとめる。なお，地利級は主に搬出費を尺度とするが，ここでは簡略的に搬出距離(林道からの距離)でグループ化する。

モデルの齢級区分は，20齢級とする。

2.1.2　伐採活動圏の区別

第1報第2章4節で述べたように，林道からの距離別伐採面積比率をみると，林道から遠い林分の伐採率は小さく，特に搬出費に比べ木材価格が相対的に低くなりはじめた頃から，その傾向は顕著となっている。こういった林業生産に対する積極性の違いは，林道からの距離だけでなく，例えば山林の所有規模階層別の林業活動にもあてはまった。すなわち，林業生産活動に対する積極性をみると，木材価格の低迷が顕著になりはじめた1974年ごろから，所有規模30ha以上層とそれ以下の階層での差がはっきりとしてきている。また，第1報第3章5節で述べた柳幸の積極的な伐採活動圏の縮小メカニズム(伐採活動圏の縮小，すなわち伐り控えの程度は搬出条件の悪い劣等地で強く表れる)をも考慮すると，森林を林業生産活動の点から「積極的に行われている森林」(積極的に経済活動の場となっていることから経済林ともいえよう)と「休止状態にある森林」(伐り控え等積極的な経済活動の対象になっていないことから非経済林ともいえよう)があり，前者には減反率を適用するが，後者には減反率の適用を避ける方が望ましいといえる。ここでは，減反率理論を適用する森林を「減反率グループ」，減反率理論の適用を避けるべき森林を「非減反率グループ」と呼ぶことにする(天野ほか，1985)。Fig.1は森林を林道からの距離(搬出距離とも考えられる)によって減反率グループ(経済林)と非減反率グループ(非経済林)に分けた概念図である(Amano et al., 1987; 野田ほか，1987)。

2.1.3　減反率グループ率の変動

減反率グループ率は，全森林面積のうちで減反率グループ面積が占める割合である(Amano et al., 1987；森林計画研究会，1987)。木材価格と減反率グループの大きさの関係をみると，次章で示すように過去約10年間の全国データにおいて，国産材製材用素材の実質卸売物価指数と民有林人工林における減反率グループ率には明らかな相関関係が認められた。このことは，丸太価格が上がれば非減反率グループであっ

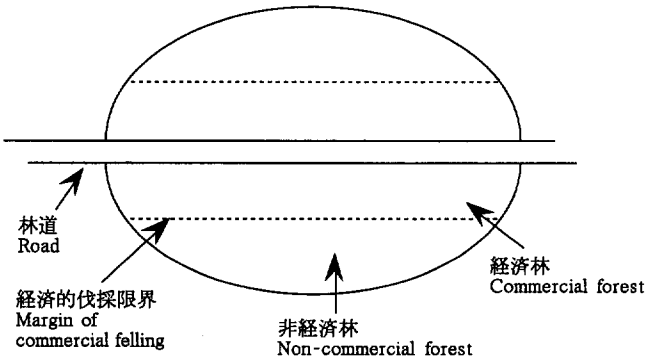


Fig.1.　経済林と非経済林の模式図(AMANO et al., 1987；野田ほか，1987)
Diagram of the commercial forest and the non-commercial forest

た小規模林家の所有する林分，あるいは林道から遠い林分でも伐採される確率が高まり林業生産活動が活発な減反率グループの割合が大きくなることを示す。逆に，丸太価格が下がれば減反率グループの割合が小さくなることを示す。

このように，本モデルを適用しようとする森林について，過去の減反率グループ率と木材価格といった要因の間に何らかの関係が認められれば，将来の減反率グループ率はこれらの要因から推定することができる。具体的には，減反率グループ率を目的変数とし，丸太価格のほか木材生産コストや林道開設距離等を説明変数とした回帰式を推定する等の方法が考えられる(AMANO et al., 1987; 森林計画研究会，1987)。

2.1.4　主伐量の計算

主伐面積を林業生産活動の積極的な減反率グループに減反率理論を適用して算出する(林野庁企画課，1984；野田ほか,1987)。ただし，伐採傾向の経年変化を考慮するため減反率パラメータ(平均伐期齢，伐期齢分散)は分期別に計算単位ごとに与える。

林業生産が停滞状態にある非減反率グループにおける伐採傾向は，減反率グループの伐採傾向のような明確なものとして把握できない。そこで，非減反率グループの齢級別主伐面積は，乱数を発生させて得られた数値を伐採面積率とし，その値に非減反率グループの齢級別森林面積を乗じて算出する(野田ほか，1987)。

これらにより算出された主伐面積に，主林木林分収穫表を適用して主伐収穫量を次式により計算する(野田ほか，1988)。

$$BV(i,j,k,t)=V(i,j)\cdot B(i,j,k,t) \quad (1)$$

$$BZV(i,j,t)=V(i,j)\cdot BZ(i,j,t) \quad (2)$$

ただし，

V(i,j)　　＝主林木林分収穫表(樹種ｉ，齢級ｊ)

B(i,j,k,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，地利級ｋ，分期ｔの減反率グループ主伐面積

BV(i,j,k,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，地利級ｋ，分期ｔの減反率グループ主伐材積

BZ(i,j,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，分期ｔの非減反率グループ主伐面積

BZV(i,j,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，分期ｔの非減反率グループ主伐材積

2.1.5　間伐量の計算

減反率グループにおいてのみ間伐を実行し，非減反率グループではその性格上間伐は実施されないとする。間伐は減反率グループのうち，間伐対象面積率を用いて計算された森林に対して減反率理論を適用する(Amano et al., 1987；野田ほか，1987)。全林分に対する間伐対象林分の割合である間伐対象面積率は，減反率グループの森林を対象として分期別，樹種別に指定する(森林計画研究会，1987；野田ほか，1988)。これを式で説明すると

$$AT(i,j,t)=\sum_{k}A(i,j,k,t)\cdot ATP(i,t) \qquad (3)$$

ただし，

ATP(i,t)　＝樹種ｉ，分期ｔの間伐対象林分の面積率

AT(i,j,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，分期ｔの間伐対象林分面積

A(i,j,k,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，地利級ｋ，分期ｔの減反率グループ面積

となる。これで算出された間伐面積に，副林木林分収穫表を乗じて間伐収穫量を次式で計算する(野田ほか，1988)。

$$BTV(i,j,t)=VT(i,j)\cdot BT(i,j,t) \qquad (4)$$

ただし，

VT(i,j)　　＝副林木林分収穫表(樹種ｉ，齢級ｊ)

BT(i,j,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，分期ｔの減反率グループ間伐面積

BTV(i,j,t)　＝樹種ｉ，齢級ｊ，分期ｔの減反率グループ間伐材積

2.1.6　更新樹種の変化

主伐後の更新時にみられる樹種転換の際の更新樹種別面積は，更新樹種変化率を分期ごと，樹種別に更新面積に乗ずることによって算出する(天野ほか，1985；野田ほか，1987)。その際，樹種転換によって，当該森林の伐採活動圏の移動(減反率グループ，非減反率グループ間の移動)，地利級の変動は生じないものとする。ここで指定する更新樹種変化率は，減反率グループと非減反率グループの両方に適用される。

そこで，分期ｔにおいて樹種ｉが伐採された後，そこに樹種ｉ'が造林される面積割合を更新樹種変化

率R(i,i',t)とすると，造林面積は次式で表される(野田ほか，1988)。

$$CX(i,i',k,t) = R(i,i',t) \cdot \sum_{j} B(i,j,k,t) \quad (5)$$

$$CXZ(i,i',t) = R(i,i',t) \cdot \sum_{j} BZ(i,j,t) \quad (6)$$

ただし，

R(i,i',t)　＝分期tの樹種iの伐採面積のうち造林時に樹種i'に変わる変化率(更新樹種変化率)

B(i,j,k,t)　＝樹種i，齢級j，地利級k，分期tの減反率グループ主伐面積

BZ(i,j,t)　＝樹種i，齢級j，分期tの非減反率グループ主伐面積

CX(i,i',k,t)＝樹種i'，地利級k，分期tの減反率グループ再造林面積のうち前生樹種がiであったもの

CXZ(i,i',t)　＝樹種i'，分期tの非減反率グループ再造林面積のうち前生樹種がiであったもの

ここで，伐採→造林における樹種変化の過程では，すべての伐採面積が造林対象であることから，更新樹種変化率は次式を満たすものとする。

$$\sum_{i'} R(i,i',t) = 1 \quad (7)$$

2.1.7　地利級の変化

林道開設に伴って変化する地利別森林面積は，分期別に地利級変化率を用いて算出する(野田ほか，1987)。このモデルでは，計画対象森林の地利級区分は減反率グループについて適用し，非減反率グループについては地利級区分を考慮しない。そのため，地利級の変化は減反率グループでのみ行われる。この地利級間の移動は，各分期末において更新樹種間の移動が終わった後で実施される。地利級の変化率は，どの樹種についても同じ値が適用され，各樹種ごとに地利級の変化が行われる。また，森林の地利級は，林道開設によって向上し，地利級は悪化しないとして考える。

そこで，地利級は数字の小さい方が地利は良いとし，地利級の変化を式で表すと，

$$A'(i,j,m,t) = \sum_{k=m}^{IAC} A(i,j,m,t) \cdot T(k,m,t) \quad (8)$$

ただし，

T(k,m,t)　＝分期tに地利級kである林分が，次分期に地利級mになる面積割合(地利級変化率)

IAC　＝計算に使用する地利級区分数

A(i,j,m,t)　＝分期tにおいて地利級が移動する直前の樹種i，齢級j，地利級mの減反率グループ面積

A'(i,j,m,t)　＝分期tにおいて地利級が移動した直後の樹種i，齢級j，地利級mの減反率グループ面積

となる(野田ほか，1988)。ここで，地利級変化の過程で森林全体の面積に変化が無い条件として，地利

級変化率は次式を満たすものとする。

$$\sum_{m=1}^{k} T(k, m, t) = 1 \qquad (9)$$

2.1.8　収穫予測モデルの概要

この新しい収穫予測モデルの概要図をFig.2に示す。これは，第1報第3章で述べたように現在の伐採活動が短期的，長期的に変化する状況下で収穫量を予測する方法である。基本的には減反率法を基礎にするが，①森林を，減反率が適用されるグループと適用されないグループに分割する，②分期の進行に伴ってパラメータを変化させることにより計算期間中に変化する生産活動に弾力的に対応する点が，従来の減反率法と大きく異なっている。また，その予測精度を上げるために伐採傾向の類似した樹種，林

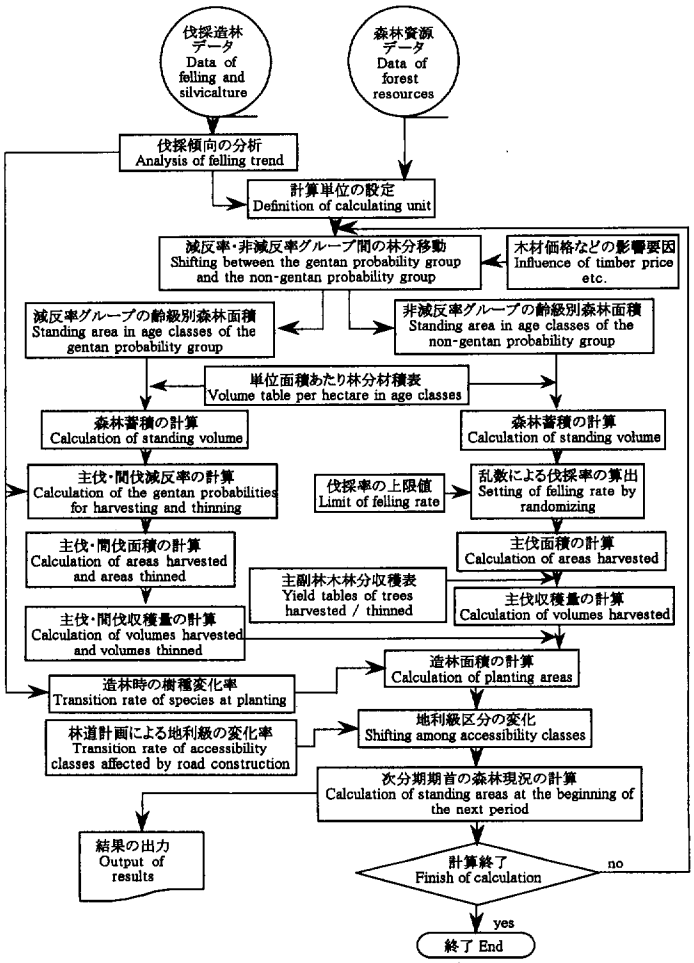


Fig.2.　新しい収穫予測モデルの概要図
Flow diagram of the new yield forecasting model

道からの距離別に計算単位を設定していることも本モデルの特徴である。

2.2 飛騨川地域森林計画区への適用

収穫予測モデルを，岐阜県の中でも代表的な林業地域を含む飛騨川地域森林計画区に実際に適用して，モデルの妥当性を検証した。検証方法は，予測される分期別の収穫量，伐採面積，分期期首の森林資源構成を現実の値と比較することで，再現性と予測精度の二つの面から評価して行った。

2.2.1 方法

通常，予測モデルの妥当性を検証するためには，再現性と予測精度の二つの面で評価することが必要とされる。すなわち，

(a) 再現性

過去をどの程度再現しているかをみるために，予測に必要な入力データ（外生変数）に予測期間内の実績値を与えて，予測モデルから得られた値と現実値を比較する（NAYLOR et al.，1966；近藤，1983）。

(b) 予測精度

モデルが，将来の現象をどの程度正確に予測できるかをみるため，外生変数に適当な値を与えて，予測値を現実の値と比較することが行われる（NAYLOR et al.，1966；近藤，1983）。

例えば，計量経済分析では，複数の連立方程式からなる予測モデル全体の適合度をテストするために，「過去の動向，つまりモデルの計測期間についての観測値とその期間の推定値を比較する内挿テストと，計測期間外の外挿テスト」がある（稲葉，1987）。そこでの内挿テストは再現性の評価に，外挿テストは予測精度の評価に相当する。

そこで，新しい収穫予測モデルの妥当性評価を，飛騨川地域森林計画について再現性，予測精度の二つの面から以下の方法で行った。なお，使用したデータは1972年から1991年までの伐採申告に基づく伐採実績と1971，1977，1982，1987，1992年の森林資源構成表である。

(1) 再現性の評価方法

計算期間は，5年ごとに樹立されてきた飛騨川地域森林計画区のサイクルに合わせるため，下に示すように1972年から1981年までの10年間，2分期間とする。以下で述べる収穫予測モデルに必要な諸要素には，それぞれの分期期間内の実績値を与えて予測を行い，再現値を現実値と比較することで再現性の検証を行う。

分 期 Period	期間 Years
1	1972～1976
2	1977～1981

なお，林野庁が間伐作業に補助金を支払い始めたのは1978年ごろからで，岐阜県でも間伐実績のデータが収録されるのは1980年からである。そのため，再現性評価の計算期間における間伐実績値が2カ年分しか無いので，間伐についての再現性評価は行わなかった。

(2) 予測精度の評価方法

地域森林計画樹立の方法と同様に，予測開始時点以前の1981年までのデータだけをもとに新しい収穫

予測モデルに必要な諸要素を設定した上で，分期別の収穫量，伐採面積，森林現況を予測し，それぞれの予測値を現実値と比較する。計算期間は，次に示すように1982年から2001年までの20年間，4分期間とする。モデル実行に必要な諸要素は，1972年～1981年の10年間の伐採傾向等から推定し，収穫予測モデルの将来予測への妥当性を，予測精度の点から評価した。予測値と現実値との比較は，第3分期以降は現実値が無いため第1，2分期について行う。5年ごとに改定される地域森林計画樹立に際しては，参考のために数十年先までの予測が行われるが，実際には，はじめの10年間，第2分期までの結果が計画樹立に使用されるに過ぎない。このことから，モデルの検証は，第2分期までの評価でも十分と考えられる。なお，間伐の予測精度の評価は，間伐収穫量の90%以上がスギ(Sugi, *Cryptomeria japonica*)，ヒノキ(Hinoki, *Chamaecyparis obtusa*)で占められることから，その二つの樹種について行った。

分 期 Period	期間 Years
1	1982～1986
2	1987～1991
3	1992～1996
4	1997～2001

2.2.2　収穫予測に必要な諸要素

新しい収穫予測モデルの実行に必要な諸要素ごとに，再現性評価と予測精度評価のために使用したデータについて述べる。

(1) 計算の単位と森林資源現況

飛騨川地域森林計画区の伐採傾向については，第1報第2章4節で使用した岐阜県の伐採申告データ(1972年～1981年)を用いて樹種別，地利別に減反率パラメータの推移を検討した。その結果，岐阜県全体でみられたように，林道からの距離が近いところほど伐採面積は多く，平均伐期齢，伐期齢分散は安定した推移を示した。また，樹種別にみると平均伐期齢，伐期齢分散は異なる推移を示し，伐採傾向が樹種別に異なるといえた。そこで，計算単位はスギ，ヒノキ，マツ類(カラマツを含む)，その他針葉樹，広葉樹の樹種5区分とした。地利別には林道からの距離で0～500m(「地利1」)，500m以上(「地利2」)の2区分とした。

計算対象は，飛騨川地域森林計画区対象森林のうちの立木地(約13万ha)である。再現性評価，予測精度評価のために使用した計算期首森林現況をそれぞれFig.3，Fig.4に示す。この地域森林計画区は東濃ヒノキの産地でもあり，全森林面積に占めるヒノキ林の構成比率は1971年30%，1982年38%と大きく，その比率は年々増加している。Fig.3，Fig.4をみるとヒノキの齢級分布は，ほかの樹種と異なり1～4齢級の占める割合が大きく，最近の造林面積の大半がヒノキであることが伺われる。地利別の森林面積は，1971年から1982年にかけていずれの樹種も地利1が増加し，林道開設により地利条件の良い森林が増えていることが認められる。

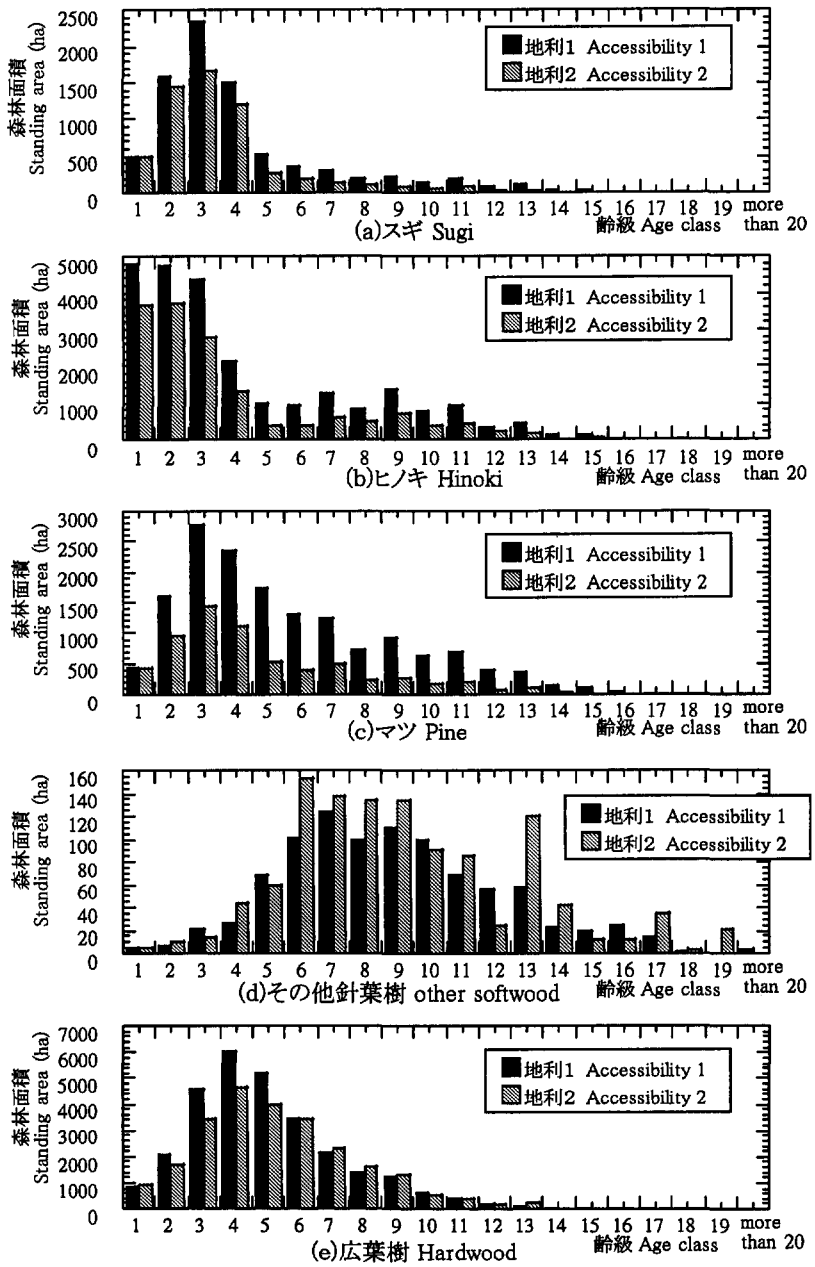


Fig.3.　再現計算で使用した計算期首の樹種別地利別森林現況

Standing areas in every species and in every accessibility class at the beginning of the 1st period used in calculations of reproducing

注)「地利1」，「地利2」は，それぞれ林道からの距離0～500m，500m以上の区分である。

Notes : Accessibility 1st and 2nd mean respectively the distance 0-500m, more than 500m from roads.

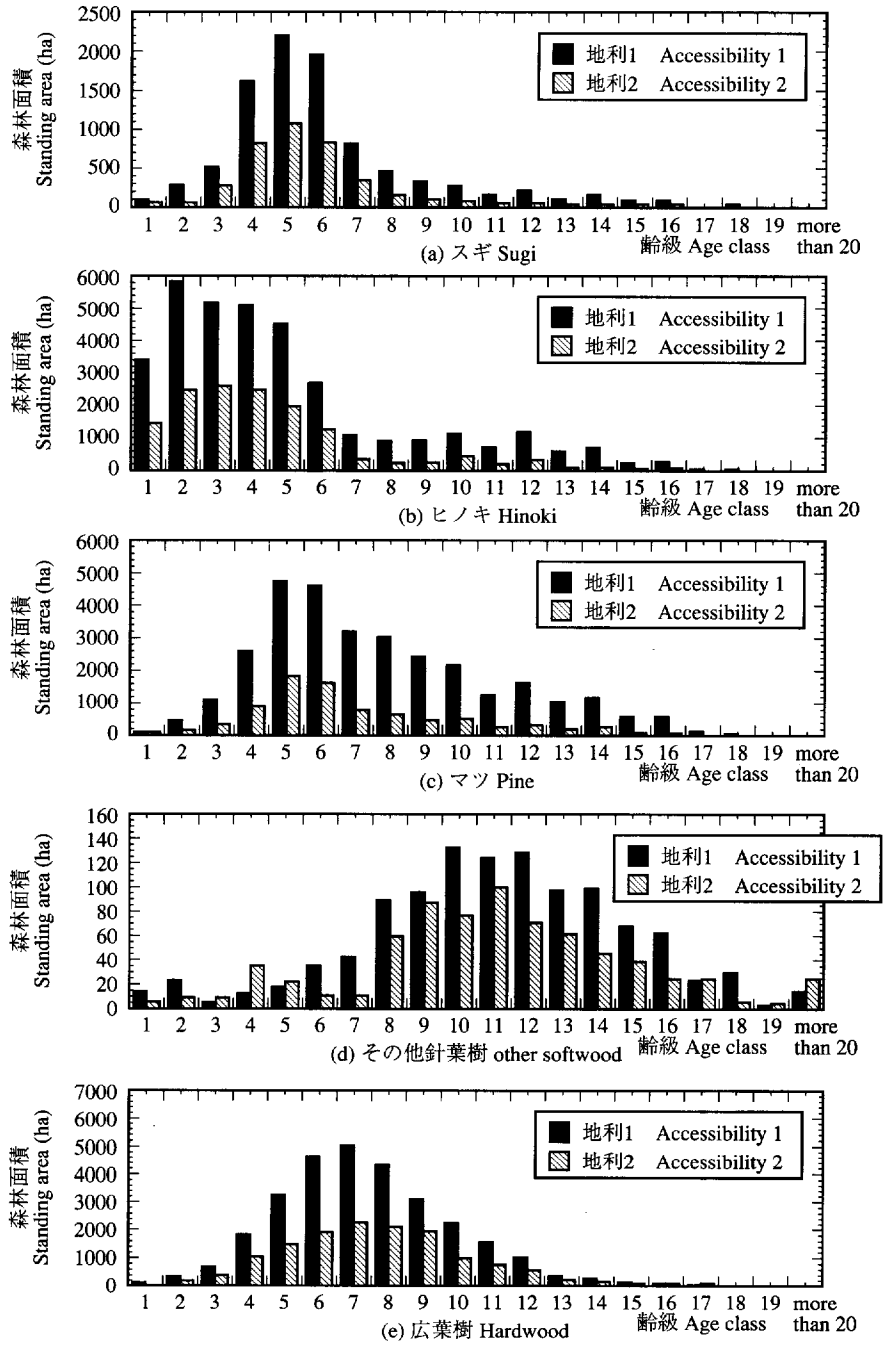


Fig.4.　予測計算で使用した計算期首の樹種別地利別森林現況

Standing areas in every species and in every accessibility class at the beginning of the 1st period used in calculations of forecasting

注)「地利1」,「地利2」は，それぞれ林道からの距離0～500m，500m以上の区分である。

Notes : Accessibility 1st and 2nd mean respectively the distance 0-500m, more than 500m from roads.

(2) 主・間伐用減反率パラメータ

再現用の第1，2分期主伐用減反率パラメータは，第1分期間(1972年～1976年)，第2分期間(1977年～1981年)における実際の平均伐期齢，伐期齢分散を樹種別，地利別に算出したものを使用した(Table 1)。

予測用の主伐用パラメータは，1972年～1981年の年次別齢級別主伐面積から算出した平均伐期齢，伐期齢分散の推移をもとに，この傾向が将来とも推移するとして，フリーハンドで描いた曲線から求めた。その例をFig.5に示す。予測のための間伐用減反率パラメータは，過去のデータが極めて少なかったので，各分期ともFig.6に例示したように，1980年，1981年の齢級別間伐面積から求めた平均伐採齢，伐採齢分散の2カ年の平均値とした。このようにして得られた予測用の主・間伐用減反率パラメータをTable 1，Table 2に示す。

(3) 減反率グループ率

再現用の減反率グループ率は，予測される主伐収穫量が，分期期間の実績量となるように設定した。

予測用の減反率グループ率は，再現用に算出した第1，2分期の値と予測開始時点に最も近い1981年の現実値を用いて，過去10年間の趨勢をフリーハンドで求め，その趨勢をフリーハンドで延長して描いた曲線から予測した。その例をFig.7に示す。

Table 1. 主伐用減反率パラメータ
Parameters of gentan probability for harvesting

Unit : age class, age class²

樹種 Species	地利区分 Accessibility classes	パラメータ Parameters	再現計算 For reproducing 分期 Period		予測計算 For forecasting 分期 Period			
			1	2	1	2	3	4
スギ Sugi	1	MFA	9.50	9.90	10.30	10.70	10.74	10.78
		VFA	7.96	10.03	12.00	12.20	12.40	12.60
	2	MFA	9.95	10.33	10.70	11.10	11.50	11.90
		VFA	7.82	7.04	10.00	10.20	10.40	10.60
ヒノキ Hinoki	1	MFA	10.40	11.13	11.60	12.00	12.40	12.80
		VFA	6.78	5.31	6.50	6.70	6.90	7.10
	2	MFA	10.08	11.29	12.20	12.70	13.20	13.70
		VFA	7.32	5.39	6.00	6.20	6.40	6.60
マツ Pine	1	MFA	7.83	8.02	8.50	8.90	9.30	9.70
		VFA	11.11	10.73	10.73	10.73	10.73	10.73
	2	MFA	7.81	8.03	8.90	9.30	9.70	9.90
		VFA	11.94	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93
その他針葉樹 other Softwood	1	MFA	9.44	8.30	9.30	10.00	10.70	11.40
		VFA	9.44	9.40	9.50	9.50	9.50	9.50
	2	MFA	9.33	9.63	10.50	11.00	11.50	12.00
		VFA	9.42	7.64	10.20	10.50	10.80	11.10
広葉樹 Hardwood	1	MFA	6.04	6.60	7.10	7.50	7.90	8.30
		VFA	10.90	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23
	2	MFA	6.05	6.42	6.70	7.00	7.30	7.60
		VFA	10.88	7.91	7.00	7.00	7.00	7.00

注) MFA，VFAはそれぞれ平均伐期齢，伐期齢分散を示す。
Notes：MFA and VFA mean respectively the mean and variance of felling age.

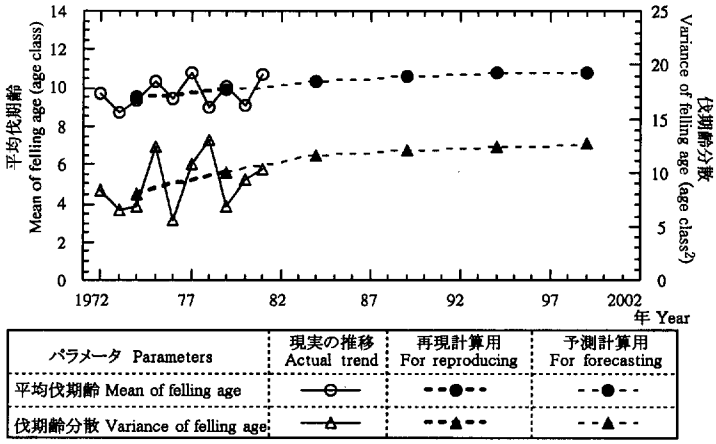


Fig.5.　スギで地利1の主伐に関する現実の減反率パラメータの推移と再現計算，予測計算で使用した分期別主伐用減反率パラメータ

Actual trend of parameters of the gentan probability on clear felling in accessibility 1st of Sugi and the parameters used in calculations of reproducing and forecasting

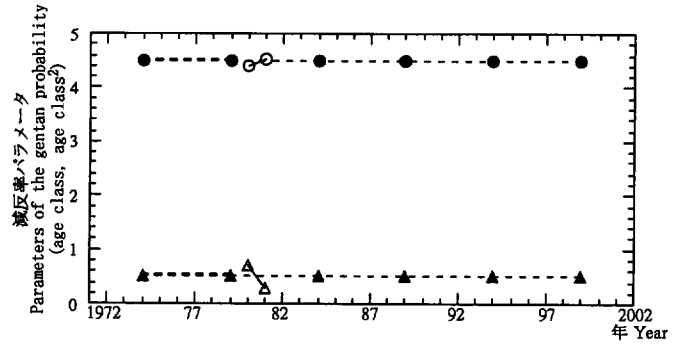


Fig.6.　スギの間伐に関する現実の減反率パラメータの推移と再現計算，予測計算で使用した分期別間伐用減反率パラメータ

Actual trend of parameters of the gentan probability on thinning in Sugi and the parameters used in calculations of reproducing and forecasting

注）凡例は，Fig.5と同じである。

Notes : Legend is the same as Fig.5.

Table 2.　予測に使用した間伐用減反率パラメータ
Parameters of gentan probability for thinning in forecasting calculation

Unit : age class, age class²

樹種 Species	パラメータ Parameters	分期 Period			
		1	2	3	4
スギ	MFA	4.50	4.50	4.50	4.50
Sugi	VFA	0.50	0.50	0.50	0.50
ヒノキ	MFA	4.40	4.40	4.40	4.40
Hinoki	VFA	0.50	0.50	0.50	0.50

注）MFA，VFAはそれぞれ平均伐採齢，伐採齢分散を示す。

Notes：MFA and VFA mean respectively the mean and variance of thinning age.

経済的条件の変化を受けやすいスギ，ヒノキについては，1973年，1978年のオイルショックによる経済的条件の変化が，減反率グループ率実績値の推移に大きな影響を及ぼしたと考えられる。そのため，スギの過去10年間における減反率グループ率の趨勢はその影響を考慮して求めた。しかし，ヒノキについては，飛騨川地域森林計画区が優良ヒノキの産地であること，価格と伐採率の相関がスギよりも低いこと(第1報第2章第4項参照)を考慮すると，減反率グループ率の推移はスギに比べて安定していると考えられる。このことから，ヒノキの減反率グループ率は，1981年の値が将来も推移すると仮定した。このようにして得られた再現，予測用の減反率グループ率をFig.8に示す。

予測計算用の減反率グループ率の推定については，ここで行ったように過去の減反率グループ率の現

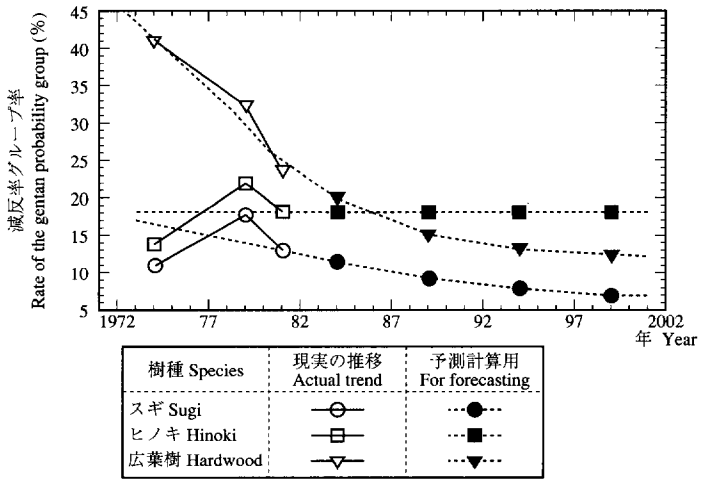


Fig.7.　予測計算で使用した分期別減反率グループ率の決定方法
A method to determine the rates of the gentan probability group used in calculations of forecasting

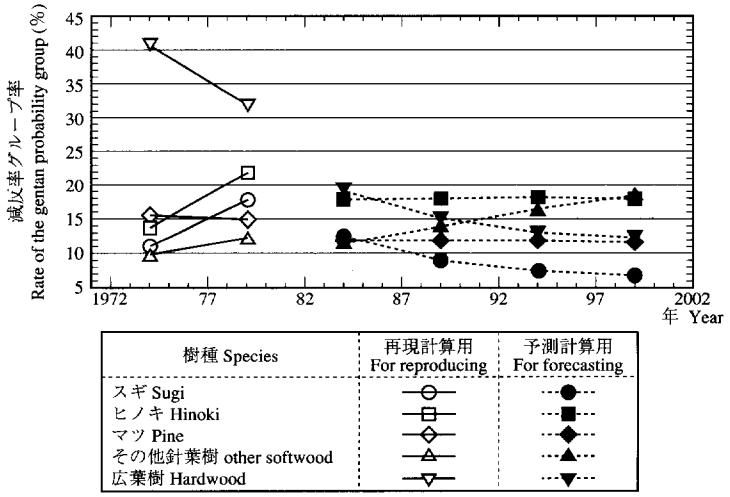


Fig.8.　再現計算と予測計算のために使用した分期別樹種別減反率グループ率
Rates of the gentan probability group of species in periods used in calculations of reproducing and forecasting

Table 3. 再現計算と予測計算に使用した樹種の変化率
Transition ratio of species on planting after harvesting for reproducing and forecasting calculations

Unit : %

伐採樹種 Species felled	造林樹種 Species planted	再現計算 For reproducing 分期 Period		予測計算 For forecasting 分期 Period			
		1	2	1	2	3	4
スギ	スギSugi	50	50	50	50	50	50
Sugi	ヒノキHinoki	50	50	50	50	50	50
ヒノキHinoki	ヒノキHinoki	100	100	100	100	100	100
マツ	スギSugi	15	11	7	3	2	2
Pine	ヒノキHinoki	82	86	90	94	95	95
	マツPine	3	3	3	3	3	3
その他針葉樹	スギSugi	10	10	10	10	10	10
other	ヒノキHinoki	40	50	60	70	80	80
Softwood	その他針葉樹 other softwood	50	40	30	20	10	10
広葉樹	スギSugi	1	1	0	0	0	0
Hardwood	ヒノキHinoki	85	94	95	95	95	95
	広葉樹Hardwood	14	5	5	5	5	5

実値の推移が重要な要因となる。今回は，入手したデータの制約から過去の現実値として3つの値をもとにして行ったが，予測精度の向上のためには，各年の現実値を算出する等して，過去の減反率グループ率の推移をより詳しく把握する方法が望ましい。

(4) 間伐対象面積率

間伐対象面積率は，過去における実際の間伐対象面積率を参考にする必要がある。しかし，今回は，その資料が得られなかったため，予測計算に設定した間伐対象面積率は，スギ，ヒノキとも100%で推移すると仮定した。

(5) 樹種変化率と林地転入出面積

再現用の樹種変化率は，1972年～1981年の期間における飛騨川地域森林計画区の伐採造林樹種の実態から分期別に設定した(Table 3)。

予測のための樹種変化率は，1981年までの傾向が1982年以降も推移するとしてフリーハンドで描いた曲線から求めた。その例として，マツ類の伐採後にスギ，ヒノキに変わる推移をFig.9に示す。このようにして得られた結果をTable 3に示す。

林地転入出面積は，再現計算では，実際の値を用いた。予測計算では，予測値を用いるべきであるが，本稿では収穫予測モデルで算出される収穫量が実際の齢級別伐採状況に基づいているか否かを正確に検証するため，計算された森林現況を実際の森林現況と比較することが必要である。そのため，今回は実際の値を用いることとした。真の予測という立場からみると，林地転入出面積も予測しなければならないが，その予測方法については今後の課題としたいと考えている。

(6) 地利変化率

飛騨川地域森林計画区の地利別森林面積は，Table 4のとおりであって，林道開設に伴い，この10年間

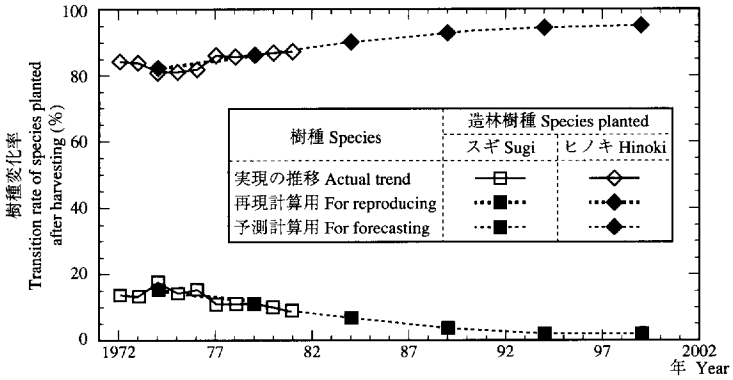


Fig.9.　マツにおける樹種変化率の現実の推移と再現計算，予測計算で使用した分期別樹種変化率
Actual trend of transition rates of species planted after harvesting Pine and the rates in periods used in calculations of reproducing and forecating
注)マツの伐採後にスギ，ヒノキへ変わる推移を示したものである。
Notes : Transitions into Sugi and Hinoki are given in this figure after harvesting Pine.

Table 4.　地利別にみた森林面積の実際の変化
Transition of standing areas in accessibility classes

年次 Year	地利 Accessibility 1	地利 Accessibility 2	合計 Total
1971	76 745ha	53 427ha	130 172ha
1982	91 990	40 145	132 134
増減率 Rate of change(%)	20	-25	2

Table 5.　再現計算と予測計算に使用した地利級変化率
Transition rate of accessibilities for reproducing and forecasting calculation

Unit : %

地利の変化 Transition of accessibilities	再現計算 For reproducing 分期 Period 1	2	予測計算 For forecasting 分期 Period 1	2	3	4
1→1	100	100	100	100	100	100
2→1	13	13	10	10	10	10
2→2	87	87	90	90	90	90

に地利2の面積は25%減少した。これから，再現用の地利2→地利1の地利級変化率は，5年間で約13%(25/2=12.5≒13)であったと考えられるので第1，2分期とも13%とした(Table 5)。従って，地利2→地利2の地利級変化率は，第1，2分期とも87%となる。

予測用の地利級変化率は，再現計算における第1分期(1972年～1976年)→第2分期(1977年～1981年)の林道開設距離が129km→124kmとやや減少傾向にあった。従って，地利2→地利1の地利級変化率は，1982年以降には，それまでに比べ低くなることが予測される。しかし，現段階では予測するに必要なデータが無いので，今回は10%と仮定し，地利2→地利2の地利級変化率は90%と仮定した(Table 5)。

(7) 林分収穫表

伐採面積から収穫量を求めるために使用した主林木，副林木収穫表をTable 6に示した。主林木収穫表は，岐阜県で地域森林計画樹立に使用されている地位別収穫表から，地位を重みとする加重平均により算出した。副林木収穫表は，間伐に関する伐採実績集計表の齢級別間伐面積，間伐収穫量を用いて算出した齢級別ha当たり間伐材積を使用した。

(8) 減反率法による収穫予測

計算の単位は，新しい収穫予測モデルと同様，樹種ごとに行うこととした。地利区分は行わない。主

Table 6. 使用した林分収穫表
Yield table used in calculation

Unit : m^3/ha

齢級 Age class	主林木Trees harvested					副林木 Trees thinned	
	スギ Sugi	ヒノキ Hinoki	マツ Pine	その他針葉樹 other Softwood	広葉樹 Hardwood	スギ Sugi	ヒノキ Hinoki
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	40	24	44	16	35	9	7
4	98	82	71	22	48	20	15
5	158	118	82	27	62	33	24
6	219	164	103	35	75	44	33
7	276	206	123	46	88	55	40
8	330	249	140	58	98	63	47
9	380	286	158	73	108		
10	423	316	173	87	116		
11	464	336	184	103	123		
12	490	354	194	119	130		
13	508	367	205	135	135		
14	519	378	213	148	140		
15	525	385	218	159	144		
16	530	390	222	168	146		
17	533	393	224	173	148		
18	536	395	225	177	150		
19	539	397	226	179	151		
20	541	399	227	180	152		

伐収穫量算出のために使用した減反率パラメータは，再現計算では1972年～1976年の平均伐期齢，伐期齢分散を，予測計算では1977年～1981年の平均伐期齢，伐期齢分散を用いた。適用した林地転入出量と主林木収穫表は，収穫予測モデルの場合と同じである。

間伐量の算出は，地域森林計画で採用されている次に示す方法で算出した。

$$B_{tj} = a_{tj} \cdot r_j \qquad (10)$$

$$Y_{tj} = B_{tj} \cdot v_j \cdot p_j \qquad (11)$$

ただし，

a_{tj} = t 分期期首の j 齢級森林面積，　　r_j = j 齢級間伐対象面積率

v_j = j 齢級ha当たり蓄積，　　p_j = j 齢級間伐率

B_{tj} = t 分期 j 齢級の間伐面積，　　Y_{tj} = t 分期 j 齢級の間伐収穫量

なお，間伐対象面積率，間伐率は，飛騨川地域森林計画の樹立で使用されている値を使用した(Table 7)。スギ，ヒノキのha当たり材積は，森林資源構成表の齢級別森林面積，森林蓄積から算出した(Table 8)。

2.2.3　再現性

(1) 森林現況

分期期首森林現況の齢級分布には，前分期の齢級別主伐面積の値が直接表れる。そこで，新しい収穫予測法で再現された第２，３分期期首の齢級別森林面積を，Table 9のように各年次の森林資源構成表の

Table 7. 計算に使用した間伐対象面積率と間伐率
Rate of object area for thinning and the rate of thinning used in calculations

Unit : %

齢級 Age class	スギSugi		ヒノキHinoki	
	間伐対象面積率 Rate of object area for thinning	間伐率 Rate of thinning	間伐対象面積率 Rate of object area for thinning	間伐率 Rate of thinning
4	50	15	20	14
5	50	16	50	13
6	30	13	30	15
7	30	13	30	15
8	30	13	30	15

注）飛騨川地域森林計画書（平成3年）。
Notes : The data are quoted from the planning report of Hidagawa forest area in 1991.

Table 8. ha当たり材積
Volume table per hectare in age classes

Unit : m^3/ha

齢級 Age class	スギ Sugi	ヒノキ Hinoki
1	0.00	0.00
2	0.00	0.00
3	36.04	25.52
4	99.98	69.35
5	169.79	124.00
6	229.18	164.58
7	287.38	204.11
8	336.28	245.59
9	376.25	269.87
10	406.95	301.58
11	434.20	312.45
12	462.33	337.34
13	454.01	333.77
14	490.04	356.55
more than 15	466.76	356.64

Table 9. 森林現況の現実値と新しい収穫予測法による再現値（スギ）
A comparison between actual standing areas and ones reproduced by the suggested method (Sugi)

齢級 Age class	1分期現実値 Actual values in 1st period(1971)	2分期 2nd period(1977)			3分期 3nd period(1982)		
		現実値 Actual	再現値 Reproduced	誤差率 Error	現実値 Actual	再現値 Reproduced	誤差率 Error
1	977ha	242ha	228ha	-5.9%	187ha	154ha	-17.5%
2	3 030	814	977	20.0	363	228	-37.1
3	3 990	2 520	3 029	20.2	1 003	977	-2.6
4	2 695	3 418	3 988	16.7	2 920	3 027	3.6
5	799	2 905	2 689	-7.4	3 720	3 974	6.8
6	531	1 185	794	-33.0	2 543	2 668	4.9
7	433	632	525	-16.9	789	783	-0.8
8	281	441	426	-3.3	507	513	1.2
9	320	392	275	-29.9	398	413	3.8
10	210	254	310	22.1	256	265	3.4
11	255	294	203	-30.9	269	298	10.8
12	115	200	245	22.7	182	194	6.6
13	131	236	111	-53.2	216	234	8.2
14	27	108	125	16.2	99	105	6.4
more than 15	62	189	84	-55.5	177	198	11.8
計 Total	13 857	13 830	14 010	1.3	13 629	14 030	2.9
平均誤差率Mean of error rate				-7.9			0.6
誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate				26.7			12.1

注）再現値の最高齢級は20齢級であるが，現実値が15齢級までとなっていることから，15齢級以上はまとめて表示した。表中の1分期現実値の値は，森林現況の現実の推移を示すために掲載した。誤差率は，残差（＝再現値－現実値）の現実値に対するパーセント値である。
Notes : More than age class 15 are kept together in a value as the same as on statistics of the actual standing area, though data of even age class 20 are reproduced. The 1st period data are inserted to show transitions of the standing areas. The error rate denotes the percentage of the deviation of reproduced data from actual data for the actual data.

値と比較した。再現値の最高齢級は20齢級であるが，森林資源構成表は15齢級であるため，再現された15齢級以上の森林面積は15齢級にまとめて現実値と比較した。

現実値と再現値の誤差を示す指標としては，齢級ごとに誤差率（再現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）を用いた。また，分期別森林現況全体の再現性の指標としては，齢級別誤差率

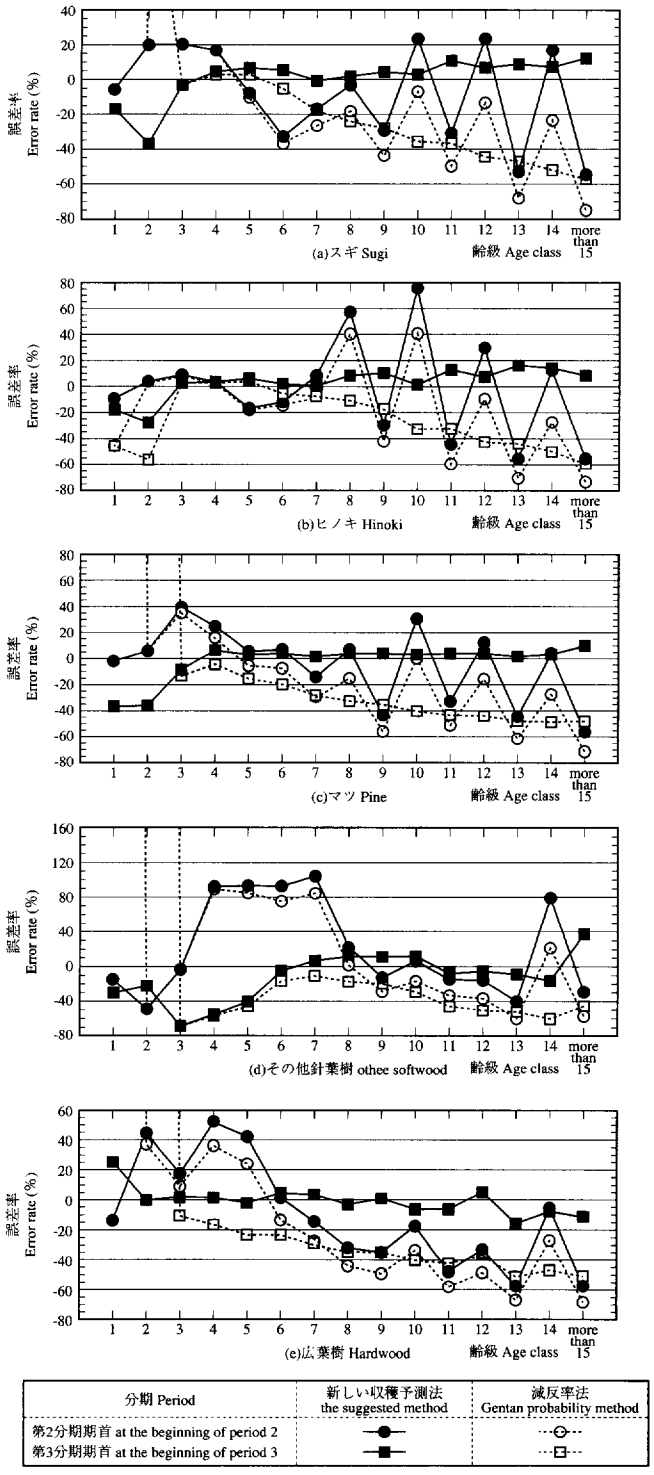


Fig.10.　森林現況再現値の齢級別誤差率

Error rates in age classes of the standing areas reproduced by the forecasting methods

の平均（平均誤差率）と標準偏差（誤差率標準偏差）を用いた。

新しい収穫予測法と減反率法について，Fig.10に齢級別誤差率を，Table 10に齢級別誤差率の平均と分散を示した。Fig.10で齢級別の誤差率をみると，減反率法に比べ新しい収穫予測法の方が，いずれの樹種でも誤差が小さい傾向にあることが認められる。ところで同図の中で，すべての樹種について第2分期の誤差が第3分期のそれよりも大きい齢級が認められるのは，第2分期期首（1977年）の現実値が，実際の林況とかなり異なっているためと考えられる。岐阜県の森林計画における情報の電算処理化に伴い，1976年から1982年にかけて県内の林況修正作業が行われ，飛騨川地域森林計画区の林況修正作業は，1981年に実施された（戸田，1982）。その結果，例えばTable 9のスギ齢級別森林面積現実値の推移を1971年2齢級林分についてみると，1分期3 030ha→2分期2 520ha→3分期2 920haと，齢級遷移に伴い伐採で減少するはずの森林面積が，3分期には逆に400ha増加するという現象が生じた。このような現象は，スギのほかの齢級でもみられ，しかもスギ以外の樹種でも生じていた。そのため第2分期の森林現況誤差率をみる際には，このことを考慮する必要があるので，以下では主として第3分期について評価した。

第3分期の齢級別誤差率は，計算期間内の新生林分に該当する齢級を除くと，減反率法ではどの樹種もマイナスを示し，特に10齢級以上で−40%以下となった。このことは，減反率法では，すべての齢級で実際よりも過大に伐採され続けたことを意味する。新しい収穫予測法では，その他針葉樹を除くすべての樹種で±20%以内になった。その他針葉樹の3，4，5齢級で誤差率-40%以下となったが，これは森林資源構成表の第1分期期首における1，2，3齢級面積が10ha，18ha，34haであったものが，第3分期には32ha，39ha，56haと，先述の林況修正作業によって急増したためである。

新生林分面積についてみると，新しい収穫予測法の誤差率は約±40%以内となった。これに対し減反率法の誤差率は，新しい収穫予測法よりも大きく，特にヒノキを除く樹種で，誤差率はすべて100%以上と非常に大きかった。このように減反率法では主伐面積が過大に予測されるため，森林現況の現実との乖離は齢級遷移に伴い次第に大きくなる。このことが，減反率法の予測収穫量の誤差をますます大きく増大させてしまったと考えられる。

第3分期の平均誤差率，誤差率標準偏差をTable 10でみると，新しい収穫予測法は，樹種別には平均誤差率-1%～3%，誤差率標準偏差9%～27%で，樹種全体では平均誤差率-0.2%，誤差率標準偏差9%となった。それらの減反率法に対する比率は，樹種別で平均誤差率0.0%(4 220分の1)～13%(7分の1)，誤差率標準偏差0.4%(237分の1)～51%(2分の1)，樹種全体で平均誤差率3%(24分の1)，誤差率標準偏差14%(7分の1)であった。このように森林現況の再現結果は，新しい収穫予測法による方が減反率法に比べはるかに現実に近く再現性が高かった。

収穫予測モデルの特徴の一つである樹種構成変化を取り入れた効果を，Table 11の樹種別構成比誤差率の第3分期についてみると，新しい収穫予測法では-3%～3%であって，減反率法の誤差率に対する比率は6%(16分の1)～139%(1.4倍)となった。スギの構成比誤差率は，減反率法に比べ高くなったが，これは，スギの実際の森林面積は分期別に大きく変わっていないため，減反率法でもスギの構成比誤差率が，ほかの樹種に比べ小さく抑えられたためである。しかし，新しい収穫予測法の構成比誤差率は，全体でみると減反率法よりも小さいことが認められるが，これは，明らかに収穫予測モデルで導入した樹種変

Table 10. 森林現況再現値の誤差率の比較
A comparison of the error rates of the standing areas reproduced by the forecasting methods　Unit : %

分期 Period	予測方法 Forecasting methods	スギ Sugi		ヒノキ Hinoki		マツ Pine		その他針葉樹 other Softwood		広葉樹 Hardwood		樹種全体 Sum of species	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
2	新しい収穫予測法 the suggested (A)	-7.9	26.7	-1.4	36.6	-3.7	27.8	20.8	53.1	-10.1	34.5	-8.2	24.6
	減反率法 Gentan probability method (B)	-5.3	70.8	-17.0	34.7	70.7	340.3	104.4	373.1	72.2	356.9	-10.9	50.6
	比率 Rate (%) (A/B)	148.9	37.6	8.0	105.2	5.3	8.2	20.0	14.2	14.0	9.7	75.7	48.6
3	新しい収穫予測法 the suggested (A)	0.6	12.1	3.4	11.4	-2.6	14.0	-11.9	27.1	0.2	8.9	-0.2	9.0
	減反率法 Gentan probability method (B)	11.6	111.4	-25.5	22.5	419.2	1 473.4	130.5	436.3	633.4	2 112.6	-4.8	66.8
	比率 Rate (%) (A/B)	5.5	10.9	13.3	50.9	0.6	1.0	9.1	6.2	0.0	0.4	3.2	13.4

注）表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標準偏差を示す。表中の比率は，減反率法に対する新しい収穫予測法の誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes : Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

Table 11. 森林現況再現値の樹種別構成比の比較
A comparison of the component ratios of species in standing area reproduced by the forecasting methods

分期 Period	予測方法 Forecasting methods	スギ Sugi		ヒノキ Hinoki		マツ Pine		その他針葉樹 other Softwood		広葉樹 Hardwood		総森林面積 Total standing area
		C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	
2	現実の構成比 Actual component ratio	10.51%		34.69%		16.09%		1.44%		37.27%		131 560ha
	新しい収穫予測法 the suggested (A)	10.65	1.3%	34.17	-1.5%	16.36	1.7%	1.55	7.4%	37.27	0.0%	131 560
	減反率法 Gentan probability method (B)	10.58	0.6	30.78	-11.3	16.75	4.1	1.57	8.7	40.32	8.2	131 560
	比率 Rate (%) (A/B)		206.6		13.4		41.4		85.1		0.2	
3	現実の構成比 Actual component ratio	10.31		38.01		15.66		1.49		34.53		132 147
	新しい収穫予測法 the suggested (A)	10.62	2.9	37.01	-2.6	15.97	2.0	1.52	2.0	34.89	1.0	132 147
	減反率法 Gentan probability method (B)	10.53	2.1	37.07	-18.2	16.69	6.6	1.56	5.0	40.14	16.3	132 147
	比率 Rate (%) (A/B)		139.0		14.4		30.0		39.6		6.4	

注）C.R.は構成比で，総森林面積に対する樹種別面積のパーセント値である。E.R.は誤差率で，樹種面積の再現値と現実値の残差（=再現値－現実値）の現実値に対するパーセント値である。表中の比率は，減反率法に対する新しい収穫予測法の誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes : C.R. means the component ratio of species in standing areas. E.R. means the error rate which is the percentage of the deviation of reproduced data from actual one for the actual one. The rates are absolute percentages of the errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

化のメカニズムによる。従って，天然林のマツ類，その他針葉樹，広葉樹伐採後にスギ，ヒノキが造林されるという拡大造林の現象は，予測モデルに樹種構成の変化を取り入れることにより，現実にほぼ即して再現されているといえる。

(2) 主伐面積

再現計算で得られた値の推移をFig.11に，その誤差率をTable 12に示す。再現値は，5年を1分期間とする分期単位に主伐面積が算出されるため，予測値を1/5倍して分期期間年平均値を求め，この値を分期期間の主伐面積実績量の年平均と比較した。誤差の指標には，再現値と現実値の残差を現実値で割った誤差率を用いた。

Fig.11の再現値と現実値の推移が示すように，新しい収穫予測法の再現値は現実値に近いのに対し，減反率法の再現値は現実値よりも非常に大きな値となった。新しい収穫予測法の誤差率は樹種別-42%～8%，針広別-8%～-16%で，減反率法のそれらと比較すると，樹種別では1%(1 000分の1)～12%(8分の1)，針広別では2%(50分の1)～12%(8分の1)であった。新しい収穫予測法の平均誤差率は，樹種別

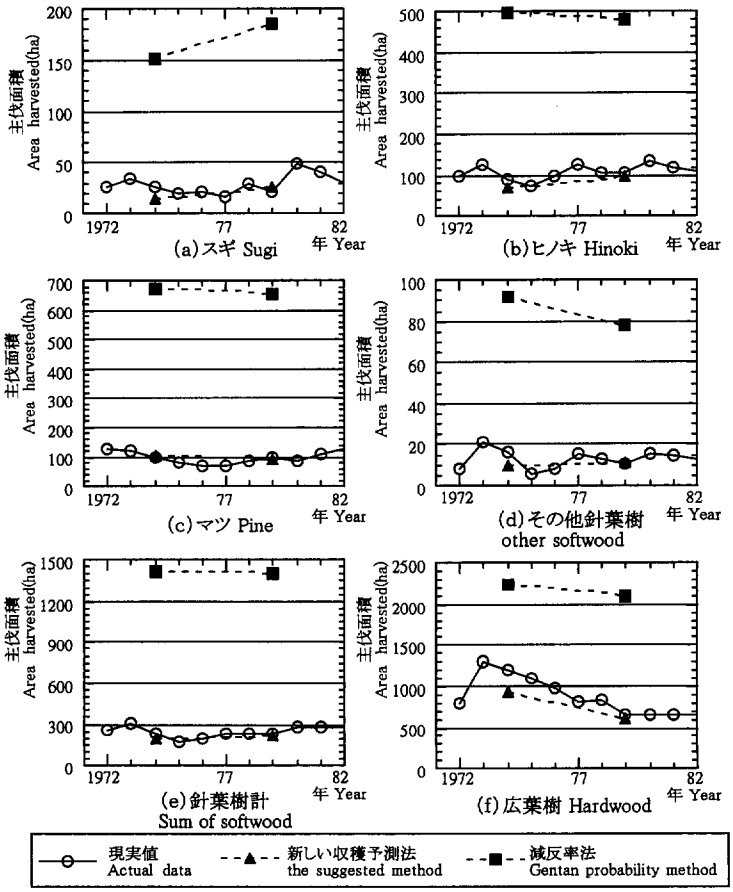


Fig.11.　主伐面積の現実値と再現値の推移

Trend of actual areas harvested and the areas reproduced by the forecasting methods

注) 主伐面積の再現値は，分期期間年平均値である。

Notes:The areas reproduced are the yearly means in the period.

Table 12. 主伐面積の分期別現実値と再現値の誤差率
The areas actually harvested and the error rates of those reproduced by the forecasting methods

Unit : %

樹種 Species	予測方法 Forecasting methods	分期 Period 1	分期 Period 2	Mean	S.D.
スギ Sugi	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	25.31	29.08		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-41.5	-7.7	-24.6	16.9
	減反率法 Gentan probability method(B)	499.3	537.8	518.5	19.3
	比率 Rate(%) (A/B)	8.3	1.4	4.7	87.7
ヒノキ Hinoki	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	97.67	117.67		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-29.8	-17.9	-23.8	5.9
	減反率法 Gentan probability method(B)	408.9	307.6	358.3	50.7
	比率 Rate(%) (A/B)	7.3	5.8	6.6	11.7
マツ Pine	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	98.28	84.40		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	6.4	8.3	7.3	1.0
	減反率法 Gentan probability method(B)	585.2	678.1	631.6	46.4
	比率 Rate(%) (A/B)	1.1	1.2	1.2	2.1
その他針葉樹 other Softwood	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	11.99	13.60		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-18.3	-15.5	-16.9	1.4
	減反率法 Gentan probability method(B)	664.3	473.3	568.8	95.5
	比率 Rate(%) (A/B)	2.8	3.3	3.0	1.5
針葉樹計 Sum of Softwood	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	233.25	244.74		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-15.2	-7.5	-11.4	3.9
	減反率法 Gentan probability method(B)	506.1	471.9	489.0	17.1
	比率 Rate(%) (A/B)	3.0	1.6	2.3	22.6
広葉樹 Hardwood	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	1 072.14	738.32		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-13.0	-16.4	-14.7	1.7
	減反率法 Gentan probability method(B)	107.9	182.5	145.2	37.3
	比率 Rate(%) (A/B)	12.0	9.0	10.1	4.6

注）分期別現実値は，分期期間実績量の年平均値である。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。表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標準偏差を示す。表中の比率は，新しい収穫予測法の誤差率絶対値の減反率法に対するパーセント値である。

Notes : The area actually harvested is annual average in a period. The error rate denotes the percentage of the deviation of reproduced data from actual data for the actual data. Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

-25%～7%，針広別-15%～-11%，誤差率標準偏差は樹種別1%～17%であった。減反率法のそれらと比較すると，平均誤差率は，樹種別7%(15分の1)～10%(10分の1)，針広別2%(43分の1)～10%(10分の1)で，誤差率標準偏差は，樹種別2%(67分の1)～88%(1.1分の1)以下であった。また，新しい収穫予測法の誤差率絶対値を減反率法のそれと比較すると，針広別16%以下，樹種別42%以下であった。従って，新しい収穫予測法による主伐面積の再現性は，減反率法よりも非常に高いといえる。

(3) 主伐収穫量

主伐収穫量の再現値と現実値の推移をFig.12に，誤差率をTable 13に示す。再現値と現実値は，主伐面積と同様に分期期間年平均値で比較した。

Fig.12で示した再現値と現実値の推移のように，新しい収穫予測法の再現値は現実値に近く，減反率法では現実値よりも非常に大きな値となった。新しい収穫予測法の誤差率は-0.02～0.01%で，減反率法のそれらと比較すると0.01%(1万分の1)以下であった。新しい収穫予測法の平均誤差率は-0.01%～0.04%，誤

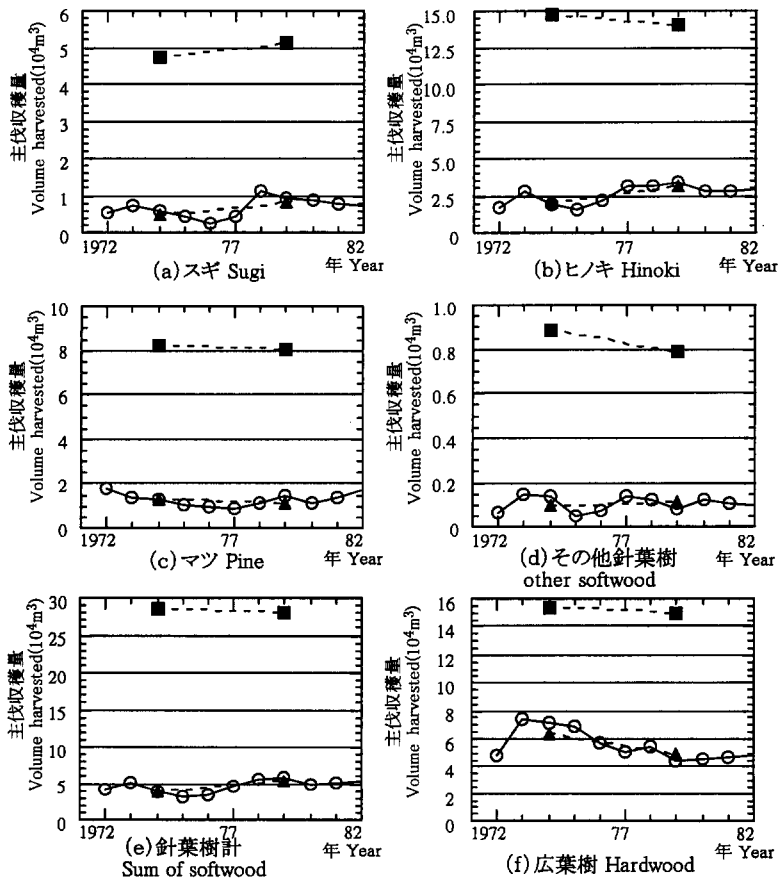


Fig.12.　主伐収穫量の現実値と再現値の推移

Trend of actual volumes harvested and the volumes reproduced by the forecasting methods

注)凡例は，Fig.11と同じである。主伐収穫量の再現値は，分期期間年平均値である。

Notes:Legend is the same as Fig.11. The volumes reproduced are the yearly means in the period.

Table 13. 主伐収穫量の分期別現実値と再現値の誤差率
The volumes actually harvested and the error rates of those reproduced by the forecasting methods

Unit : %

樹種 Species	予測方法 Forecasting methods	分期 Period 1	分期 Period 2	Mean	S.D.
スギ Sugi	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	5 107	8 526		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	0.06	-0.02	0.02	0.04
	減反率法 Gentan probability method(B)	826.47	503.26	664.87	161.61
	比率 Rate(%)(A/B)	0.01	0.00	0.00	0.02
ヒノキ Hinoki	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	20 627	31 488		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	0.04	0.02	0.03	0.01
	減反率法 Gentan probability method(B)	616.33	346.22	481.28	135.06
	比率 Rate(%)(A/B)	0.01	0.01	0.01	0.01
マツ Pine	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	12 941	11668		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	0.03	0.08	0.06	0.03
	減反率法 Gentan probability method(B)	536.47	591.90	564.19	27.72
	比率 Rate(%)(A/B)	0.01	0.01	0.01	0.09
その他針葉樹 other Softwood	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	957	1 164		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	0.01	-0.01	0.00	0.01
	減反率法 Gentan probability method(B)	829.03	577.61	703.32	125.71
	比率 Rate(%)(A/B)	0.00	0.00	0.00	0.01
針葉樹計 Sum of Softwood	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	39 632	52 845		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	0.04	0.03	0.04	0.00
	減反率法 Gentan probability method(B)	622.47	430.90	526.69	95.78
	比率 Rate(%)(A/B)	0.01	0.01	0.01	0.01
広葉樹 Hardwood	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	64 223	49 005		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	0.00	-0.02	-0.01	0.01
	減反率法 Gentan probability method(B)	139.06	206.25	172.66	33.60
	比率 Rate(%)(A/B)	0.00	0.01	0.01	0.03

注）分期別現実値は，分期期間実績量の年平均値である。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。表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標準偏差を示す。表中の比率は，新しい収穫予測法の誤差率絶対値の減反率法に対するパーセント値である。

Notes : The volume actually harvested is annual average in a period. The error rate denotes the percentage of the deviation of forecasted data from actual data for the actual data. Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

差率標準偏差は0.0%～0.04%で，減反率法のそれらに対して，平均誤差率は0.01%(1万分の1)以下，誤差率標準偏差は0.1%(1 000分の1)以下であった。このことから，収穫予測モデルで得られる主伐収穫量の再現性は非常に高いといえる。

2.2.4　予測精度

(1) 森林現況

再現性の評価と同様に，予測された森林現況について齢級別誤差率をFig.13に，Table 14に齢級別誤差率の平均と分散を示す。Fig.13で齢級別の誤差率をみると，減反率法に比べ新しい収穫予測法の方が，い

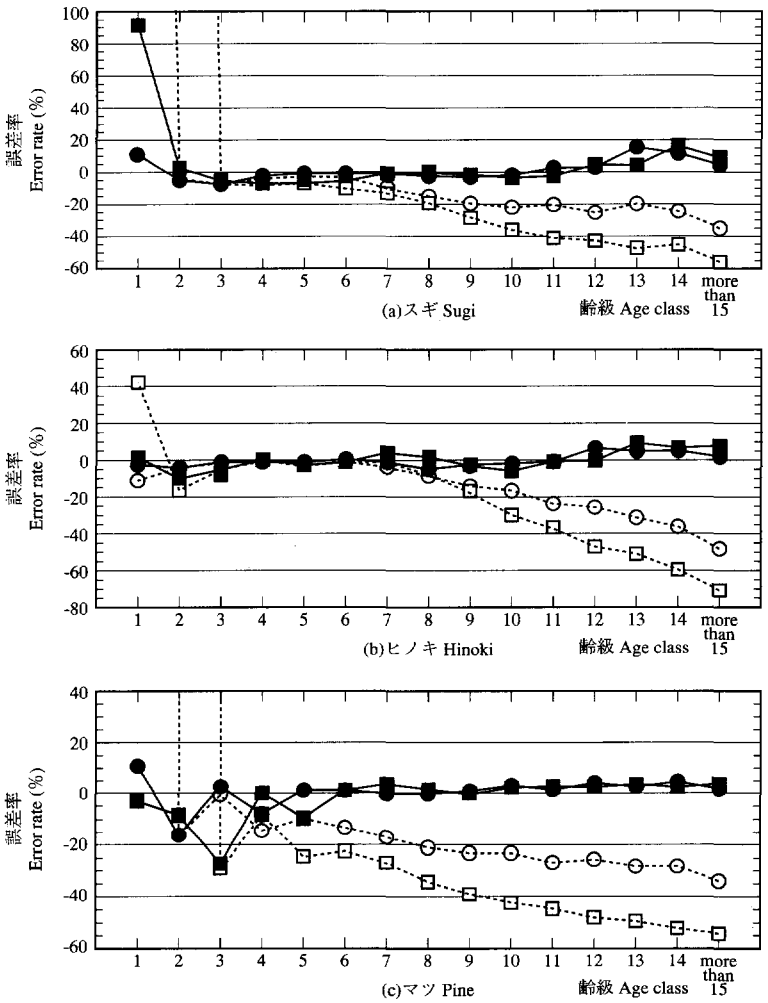


Fig.13.　森林現況予測値の齢級別誤差率

Error rates in age classes of the standing areas forecasted by the forecasting methods

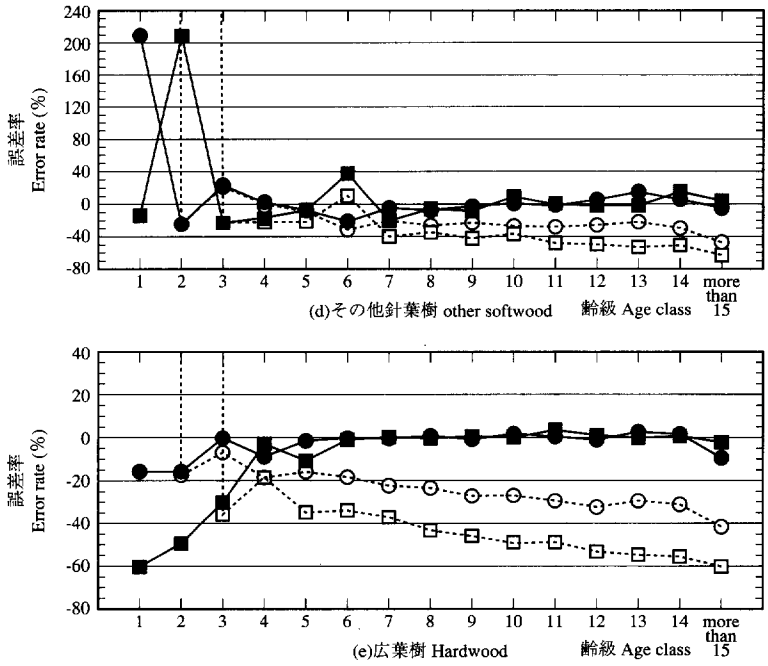


Fig.13 (continued)　森林現況予測値の齢級別誤差率
Error rates in age classes of the standing areas forecasted by the forecasting methods

Table 14. 森林現況予測値の誤差率の比較
A comparison of the error rates of the standing volumes forecasted by the methods　　Unit : %

分期 Period	予測方法 Forecasting methods	スギ Sugi		ヒノキ Hinoki		マツ Pine		その他針葉樹 other Softwood		広葉樹 Hardwood		樹種全体 Sum of species	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
2	新しい収穫予測法 the suggested (A)	2.1	6.2	0.6	3.4	0.7	5.8	12.7	53.8	-2.9	6.1	0.5	2.4
	減反率法 Gentan probability method (B)	62.9	289.9	-14.4	14.7	2 172.7	8 203.4	614.3	2 377.1	550.2	2 148.5	14.5	124.0
	比率 Rate (%) (A/B)	3.3	2.1	4.5	23.2	0.0	0.1	2.1	2.3	0.5	0.3	3.1	2.0
3	新しい収穫予測法 the suggested (A)	6.9	23.4	0.4	4.7	-1.5	8.1	12.4	54.5	-9.6	19.1	-0.2	4.0
	減反率法 Gentan probability method (B)	337.4	1 112.5	-19.6	28.2	5 223.0	14 161.4	814.1	2 451.4	721.2	1 958.0	51.4	224.0
	比率 Rate (%) (A/B)	2.1	2.1	2.1	16.7	0.0	0.1	1.5	2.2	1.3	1.0	0.3	1.8

注) 表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標準偏差を示す。表中の比率は，減反率法に対する新しい収穫予測法の誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes : Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

ずれの樹種でも誤差が小さい傾向にあることが認められる。第2，3分期の齢級別誤差率は，計算期間内の新生林分に該当する齢級を除くと，減反率法ではどの樹種もマイナスを示し，特に10齢級以上で-20%以下となった。再現計算値と同様に，減反率法ではすべての齢級で実際よりも過大に伐採され続けたことが伺える。これに対し，新しい収穫予測法ではすべての樹種で±20%以内であった。

新生林分面積についてみると，新しい収穫予測法の誤差率はほぼ±60%以内となった。ただし，スギの3分期1齢級，その他針葉樹の2分期1齢級，3分期2齢級では誤差率は90%以上となったが，現実面積がスギ31ha，その他針葉樹6haであることを考慮すると，予測収穫量に与える影響は少ないといえる。これに対し，減反率法の新生林分面積の誤差は新しい収穫予測法よりはるかに大きく，特にヒノキを除く樹種で誤差率はすべて1 000%以上と非常に大きかった。このように，減反率法では主伐面積が過大に予測されるため，齢級遷移に伴い森林面積の現実との乖離は次第に大きくなり，その結果，将来の予測収穫量の誤差を大きく悪化させてしまう。

平均誤差率，誤差率標準偏差をTable 14でみると，新しい収穫予測法は，樹種別では平均誤差率-10%～8%，誤差率標準偏差3%～55%で，樹種全体では平均誤差率-0.2%～0.5%，誤差率標準偏差2%～4%となった。これらの値の減反率法に対する比率は，樹種別で平均誤差率0.0%(3 482分の1)～5%(24分の1)，誤差率標準偏差0.1%(1 748分の1)～23%(4分の1)，樹種全体で平均誤差率0.3%(257分の1)～3%(29分の1)，誤差率標準偏差2%(52分の1)以下であった。このように新しい収穫予測法で予測される森林現況は，減反率法に比べはるかに予測精度が高いといえた。

収穫予測モデルにおける樹種変化の効果をTable 15の樹種別構成比誤差率でみると，新しい収穫予測法では-1%～2%であって，減反率法の誤差率と比較すると0.2%(500分の1)～56%(2分の1)であった。このことから新しい収穫予測法では，分期の進行に伴う樹種変化の現象も，現実に近い状態で予測されるといえる。

(2) 主伐面積

予測計算で得られた値と現実値の推移をFig.14に，誤差率をTable 16に示す。予測値は5年を1分期間とする分期単位で算出されるため，予測値を1/5倍した分期期間年平均値と分期期間の主伐面積年平均を比較した。

Fig.14の予測値と現実値の推移が示すように，新しい収穫予測法の予測値は減反率法のそれよりも，はるかに現実値に近い推移となった。新しい収穫予測法の誤差率は，樹種別-30%～31%，針葉樹計0.4%～5%で，これらを減反率法による場合と比較すると，樹種別0.9%(116分の1)～4%(25分の1)，針葉樹計0.0%(2 027分の1)～0.7%(153分の1)であった。新しい収穫予測法の平均誤差率は，樹種別-11%～31%，針葉樹計2.6%，誤差率標準偏差は，樹種別0.1%～13%，針葉樹計2.3%であった。減反率法のそれらに対する比率は，平均誤差率は，樹種別0.8%(133分の1)～3%(34分の1)，針葉樹計0.3%(300分の1)で，誤差率標準偏差は，樹種別0.0%(3 741分の1)～18%(5分の1)，針葉樹計8%(12分の1)であった。以上から，新しい収穫予測法で予測された主伐面積の予測精度は，誤差率が±30%以内と安定しているので，減反率法に比べ非常に高いといえる。

Table 15. 森林現況予測値の樹種別構成比の比較
A comparison of the component ratios of species in standing area forecasted by the forecasting methods

分期 Period	予測方法 Forecasting methods	スギ Sugi		ヒノキ Hinoki		マツ Pine		その他針葉樹 other Softwood		広葉樹 Hardwood		総森林面積 Total standing area
		C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	C.R.	E.R.	
2	現実の構成比 Actual component	10.25%		40.20%		15.13%		1.45%		32.97%		132 322ha
	新しい収穫予測法 the suggested (A)	10.28	0.2%	40.20	0.0%	15.28	1.0%	1.45	0.2%	32.79	-0.5%	132 322
	減反率法 Gentan probability method (B)	10.30	0.4	38.09	-5.3	15.64	3.4	1.48	2.5	34.49	4.6	132 322
	比率 Rate (%) (A/B)		55.8		0.2		29.8		7.5		11.5	
3	現実の構成比 Actual component ratio	10.26		41.56		14.74		1.40		32.05		132 149
	新しい収穫予測法 the suggested (A)	10.27	0.1	41.39	-0.4	15.01	1.8	1.42	1.7	31.91	-0.4	132 149
	減反率法 Gentan probability method (B)	10.31	0.5	38.14	-8.2	15.53	5.4	1.49	6.5	34.53	7.7	132 149
	比率 Rate (%) (A/B)		10.7		4.8		34.1		26.1		5.4	

注）C.R.は構成比で，総森林面積に対する樹種別面積のパーセント値である。E.R.は誤差率で，樹種面積の予測値と現実値の残差（=予測値－現実値）の現実値に対するパーセント値である。表中の比率は，減反率法に対する新しい収穫予測法の誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes : C.R. means the component ratio of species in standing areas. E.R. means the error rate which is the percentage of the deviation of forecasted data from actual one for the actual one. The rates are absolute percentages of the errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

(3) 主伐収穫量

主伐面積と同様に予測計算で得られた主伐収穫量の現実値と予測値の推移をFig.15に，誤差率をTable 17に示す。Fig.15で示した予測値と現実値の推移のように，新しい収穫予測法の予測値は，減反率法のそれよりもはるかに現実値に近い推移を示すことが認められる。新しい収穫予測法の誤差率は，樹種別-24%～14%，針葉樹計-4%～1%で，減反率法のそれらに対する比率は，樹種別0.0%(2 700分の1)～12%(8分の1)，針葉樹計0.2%(558分の1)～0.5%(196分の1)であった。新しい収穫予測法の平均誤差率は，樹種別-5%～3%，針葉樹計-1%，誤差率標準偏差は，樹種別0.3%～19%，針葉樹計2%であった。これらの減反率法に対する比率は，平均誤差率が，樹種別0.0%(1万分の1)～0.8%(127分の1)，針葉樹計0.2%(582分の1)で，誤差率標準偏差が，樹種別0.2%(470分の1)～193%(2倍)，針葉樹計8%(12分の1)であった。誤差率標準偏差において，新しい収穫予測法の減反率法に対する比率がヒノキ，マツ類で異常に大きくなったのは，減反率法における1，2分期の誤差率がヒノキ565%→563%，マツ類801%→817%と，非常に大きいままでほとんど変化しなかったためである。以上から，新しい収穫予測法で予測された主伐収穫量は，減反率法に比べ予測精度は非常に高いといえる。

(4) 間伐面積

予測値と現実値の推移をFig.16に，誤差率をTable 18に示す。Fig.16で示した予測値と現実値の推移を

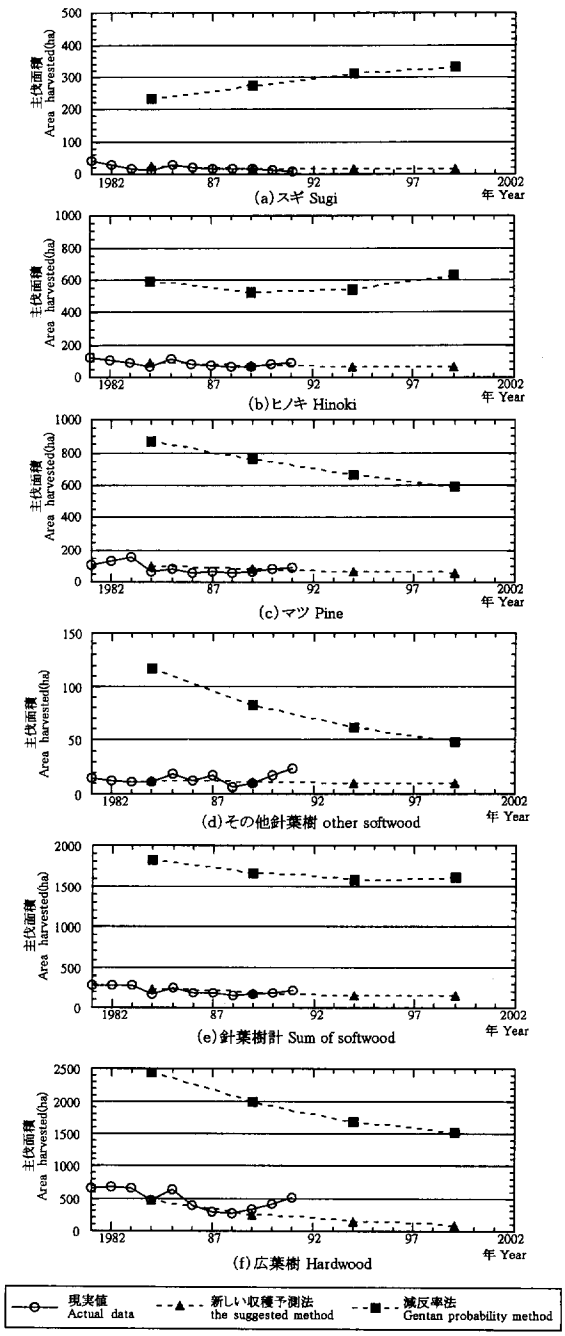


Fig.14.　主伐面積の現実値と予測値の推移

Trend of actual areas harvested and the areas forecasted by the forecasting methods

注）主伐面積の予測値は，分期期間年平均値である。

Notes : The areas forecasted are the yearly means in the period.

Table 16. 主伐面積の分期別現実値と予測値の誤差率
The areas actually harvested and the error rates of those forecasted by the forecasting methods

Unit : %

樹種 Species	予測方法 Forecasting methods	分期 Period 1	分期 Period 2	Mean	S.D.
スギ Sugi	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	20.01	14.37		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	30.8	31.0	30.9	0.1
	減反率法 Gentan probability method(B)	1 074.8	1 823.1	1 448.9	374.1
	比率 Rate(%) (A/B)	2.9	1.7	2.1	0.0
ヒノキ Hinoki	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	89.65	77.35		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-2.3	-6.3	-4.3	2.0
	減反率法 Gentan probability method(B)	561.1	583.1	572.1	11.0
	比率 Rate(%) (A/B)	0.4	1.1	0.8	18.3
マツ Pine	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	90.40	73.58		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	7.7	8.0	7.9	0.1
	減反率法 Gentan probability method(B)	864.2	935.9	900.1	35.9
	比率 Rate(%) (A/B)	0.9	0.9	0.9	0.4
その他針葉樹 other Softwood	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	13.22	15.76		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-4.8	-30.1	-17.4	12.6
	減反率法 Gentan probability method(B)	786.7	423.0	604.8	181.9
	比率 Rate(%) (A/B)	0.6	7.1	2.9	6.9
針葉樹計 Sum of Softwood	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	213.28	181.06		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	4.9	0.4	2.6	2.3
	減反率法 Gentan probability method(B)	751.7	811.0	781.3	29.6
	比率 Rate(%) (A/B)	0.7	0.0	0.3	7.6
広葉樹 Hardwood	現実の主伐面積 Area actually harvested(ha)	546.56	276.19		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-13.7	-7.4	-10.6	3.1
	減反率法 Gentan probability method(B)	346.3	620.2	483.3	136.9
	比率 Rate(%) (A/B)	4.0	1.2	2.2	2.3

注）分期別現実値は，分期期間実績量の年平均値である。誤差率は，残差（=再現値－現実値）の現実値に対するパーセント値である。表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標標準偏差を示す。表中の比率は，新しい収穫予測法の誤差率絶対値の減反率法に対するパーセント値である。

Notes : The area actually harvested is annual average in a period. The error rate denotes the percentage of the deviation of reproduced data from actual data for the actual data. Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

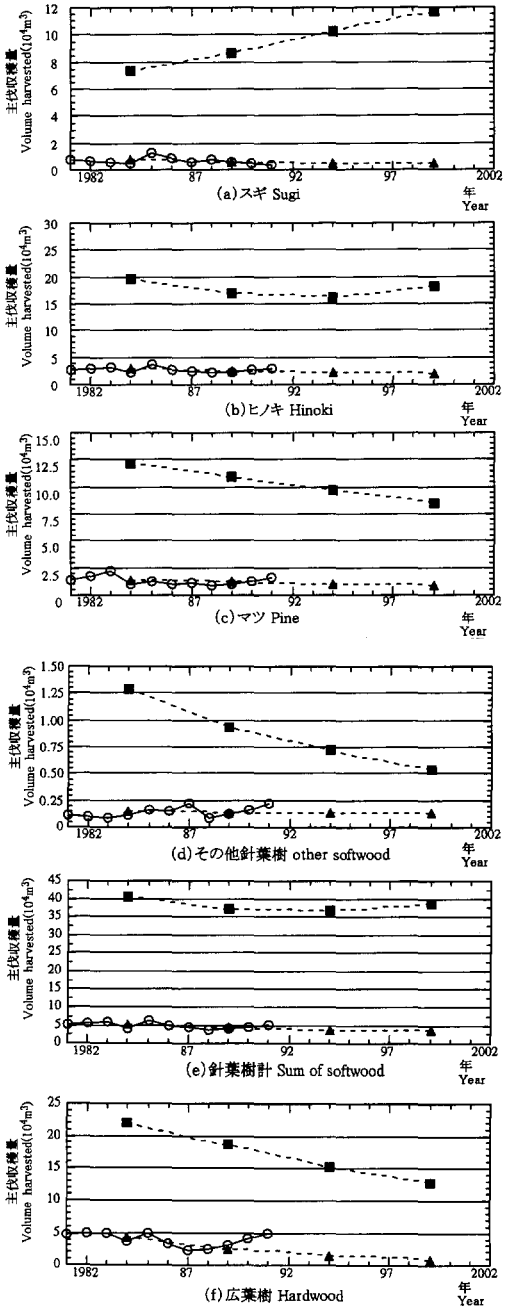


Fig.15.　主伐収穫量の現実値と予測値の推移

Trend of actual volumes harvested and the volumes forecasted by the forecasting methods

注）凡例は，Fig.14と同じである。主伐収穫量の予測値は，分期期間年平均値である。

Notes : Legend is the same as Fig.14. The volumes forecasted are the yearly means in the period.

Table 17. 主伐収穫量の分期別現実値と予測値の誤差率
The volumes actually harvested and the error rates of those forecasted by the forecasting methods

Unit : %

樹種 Species	予測方法 Forecasting methods	分期 Period 1	分期 Period 2	Mean	S.D.
スギ Sugi	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	8 324	5 926		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	- 0.7	0.5	- 0.1	0.6
	減反率法 Gentan probability method(B)	789.5	1 354.1	1 071.8	282.3
	比率 Rate(%) (A/B)	0.1	0.0	0.0	0.2
ヒノキ Hinoki	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	29 631	25 504		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	- 0.4	- 5.0	-2.7	2.3
	減反率法 Gentan probability method(B)	564.9	562.6	563.8	1.2
	比率 Rate(%) (A/B)	0.1	0.9	0.5	193.1
マツ Pine	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	13 528	12 007		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	4.8	0.1	2.5	2.4
	減反率法 Gentan probability method(B)	801.4	816.7	809.1	7.6
	比率 Rate(%) (A/B)	0.6	0.0	0.3	31.1
その他針葉樹 other Softwood	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	1 277	1 755		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	13.8	-24.4	-5.3	19.1
	減反率法 Gentan probability method(B)	913.8	430.6	672.2	241.6
	比率 Rate(%) (A/B)	1.5	5.7	0.8	7.9
針葉樹計 Sum of Softwood	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	52 760	45 192		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	1.2	-3.7	-1.2	2.4
	減反率法 Gentan probability method(B)	669.5	728.8	699.1	29.7
	比率 Rate(%) (A/B)	0.2	0.5	0.2	8.2
広葉樹 Hardwood	現実の主伐収穫量 Volume actually harvested(m^3)	42 213	24 468		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	2.6	2.1	2.4	0.3
	減反率法 Gentan probability method(B)	421.3	665.6	543.5	122.2
	比率 Rate(%) (A/B)	0.6	0.3	0.4	0.2

注）分期別現実値は，分期期間実績量の年平均値である。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。表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標準偏差を示す。表中の比率は，新しい収穫予測法の誤差率絶対値の減反率法に対するパーセント値である。

Notes : The area actually harvested is annual average in a period. The error rate denotes the percentage of the deviation of forecasted data from actual data for the actual data. Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

Table 18. 間伐面積の分期別現実値と予測値の誤差率
The areas actually thinned and the error rates of those forecasted by the forecasting methods

Unit : %

樹種 Species	予測方法 Forecasting methods	分期 Period 1	分期 Period 2	Mean	S.D.
スギ Sugi	現実の間伐面積 Area actually thinned(ha)	316.10	436.84		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-26.3	-60.2	-43.3	17.0
	減反率法 Gentan probability method(B)	182.9	77.6	130.3	52.7
	比率 Rate(%)(A/B)	14.4	77.6	33.2	32.2
ヒノキ Hinoki	現実の間伐面積 Area actually thinned(ha)	618.70	1 241.10		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	17.4	-22.7	-2.7	20.1
	減反率法 Gentan probability method(B)	118.1	46.1	82.1	36.0
	比率 Rate(%)(A/B)	14.8	49.3	3.2	55.8

注）分期別現実値は，分期期間実績量の年平均値である。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。表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標準偏差を示す。表中の比率は，新しい収穫予測法の誤差率絶対値の減反率法に対するパーセント値である。

Notes : The area actually thinned is annual average in a period. The error rate denotes the percentage of the deviation of forecasted data from actual data for the actual one. Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

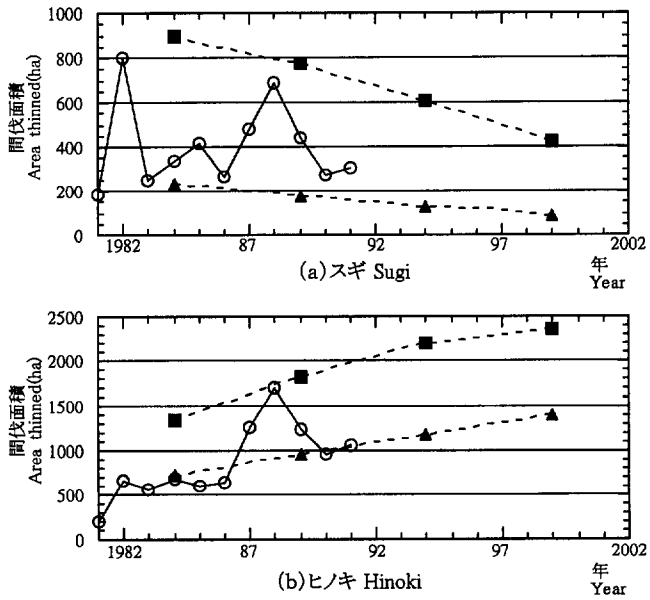


Fig.16. 間伐面積の現実値と予測値の推移

Trend of actual areas thinned and the areas forecasted by the forecasting methods

注）凡例は，Fig.14と同じである。間伐面積の予測値は，分期期間年平均値である。

Notes : Legend is the same as Fig.14. The areas forecasted are the yearly means in the period.

みると，スギについては，現実値がやや増加傾向にあるのに対して，新しい収穫予測法，減反率法による予測値は，減少傾向を示した。しかし，新しい収穫予測法の方が，減反率法よりも現実値にかなり近い推移を示した。ヒノキについてみると，両者の予測値は，ともに現実値に近い傾向を示したが，新しい収穫予測法の方が現実により近い推移を示した。

両者の誤差率をTable 18でみると，新しい収穫予測法の誤差率は-60%～17%で，減反率法のそれらに対する比率は，14%(6分の1)～78%(5分の4)であった。新しい収穫予測法の平均誤差率は-43%～-3%，誤差率標準偏差は17%～20%であった。減反率法のそれらに対する比率は，平均誤差率が3%(30分の1)～33%(3分の1)，誤差率標準偏差が32%(3分の1)～56%(2分の1)であった。新しい収穫予測法の平均誤差率，誤差率標準偏差がスギ，ヒノキとも減反率法のそれらよりも小さいことから，新しい収穫予測法で予測された間伐面積の予測精度は，減反率法に比べ高いといえる。

(5) 間伐収穫量

予測値と現実値の推移をFig.17に，誤差率をTable 19に示す。Fig.17で示した予測値と現実値の推移をみると，スギについては，間伐面積と同様に，現実値の経年変化は，増加傾向であるのに対し，新しい収穫予測法，減反率法の予測値は，ともにやや減少傾向となった。しかし，新しい収穫予測法の方が減反率法よりも現実値に近い推移を示した。ヒノキについてみると，両者の予測値はともに現実値に近い推移を示し，また，新しい収穫予測法の方がより現実に近い推移を示した。

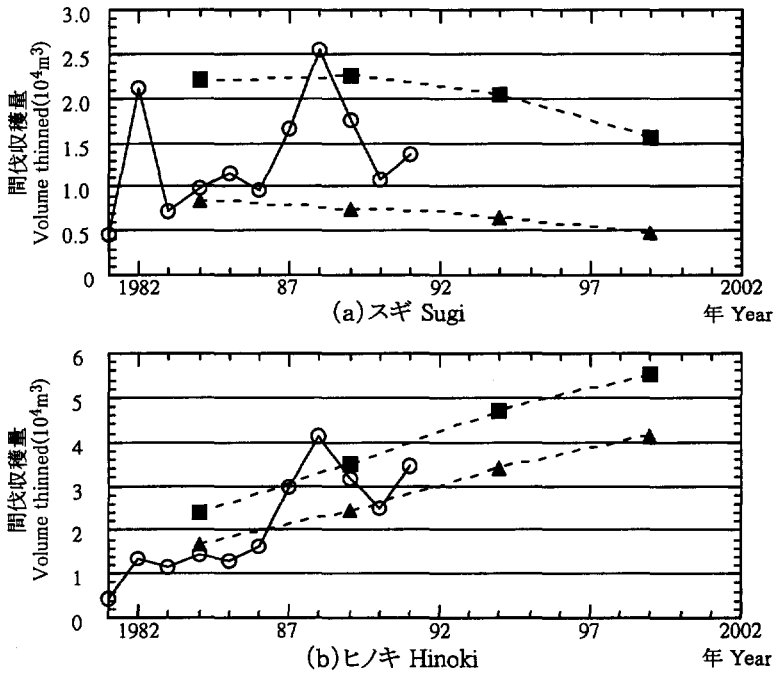


Fig.17.　間伐収穫量の現実値と予測値の推移

Trend of actual volumes thinned and the volumes forecasted by the forecasting methods

注)凡例は，Fig.14と同じである。間伐収穫量の予測値は，分期期間年平均値である。

Notes : Legend is the same as Fig.14. The volumes forecasted are the yearly means in the period.

Table 19. 間伐収穫量の分期別現実値と予測値の誤差率
The volumes actually thinned and the error rates of those forecasted by the forecasting methods

Unit : %

樹種 Species	予測方法 Forecasting methods	分期 Period 1	分期 Period 2	Mean	S.D.
スギ Sugi	現実の間伐収穫量 Volume actually thinned(m^3)	9 565	16 848		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	-12.8	-55.8	-34.3	21.5
	減反率法 Gentan probability method(B)	131.4	33.6	82.5	48.9
	比率 Rate(%) (A/B)	9.7	166.0	41.5	44.0
ヒノキ Hinoki	現実の間伐収穫量 Volume actually thinned(m^3)	13 928	32 498		
	新しい収穫予測法 the suggested(A)	20.3	-24.3	-2.0	22.3
	減反率法 Gentan probability method(B)	72.7	7.7	40.2	32.5
	比率 Rate(%) (A/B)	27.9	317.3	5.0	68.5

注）分期別現実値は，分期期間実績量の年平均値である。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。表中のMean, S.D.は，それぞれ齢級別誤差率の平均，標準偏差を示す。表中の比率は，新しい収穫予測法の誤差率絶対値の減反率法に対するパーセント値である。

Notes : The area actually thinned is annual average in a period. The error rate denotes the percentage of the deviation of forecasted data from actual data for the actual one. Mean, S.D. mean respectively the mean and standard deviation of error rate of age class. The rates are absolute percentages of errors of the suggested method for ones of the gentan probability method.

新しい収穫予測法の誤差率は-56%～20%で，減反率法のそれらに対する比率は10%(10分の1)～317%(3倍)であった。新しい収穫予測法の平均誤差率は-34%～-2%，誤差率標準偏差は22%で，減反率法のそれらに対する比率は，平均誤差率が5%(20分の1)～42%(2分の1)で，誤差率標準偏差が44%(2分の1)～69%(3分の2)であった。スギ，ヒノキともに第2分期の減反率法の誤差が，新しい収穫予測法のそれよりも小さくなったのは，1988年～1989年の現実間伐収穫量がそれまでの推移からは想定できない何らかの事情で突発的に異常な増加を示したことが原因である。しかし，新しい収穫予測法の平均誤差率，誤差率標準偏差は，スギ，ヒノキとも減反率法よりも小さい。従って，新しい収穫予測法で予測された間伐収穫量の予測精度は，減反率法に比べ高いとみてよいであろう。

予測された間伐収穫量が，実際の間伐状況を反映しているかどうかを明確にするために，新しい収穫予測法と減反率法のそれぞれで予測された間伐収穫量と間伐面積から，分期別のha当たり間伐材積を求め，実際のha当たり間伐材積の年次別推移と比較した(Fig.18)。その結果，スギ，ヒノキとも新しい収穫予測法で得られたha当たり間伐材積の予測値は実際の推移に沿い，減反率法による予測値は実際よりも小さい値で推移した。このことから，間伐収穫量の予測に減反率理論を適用した新しい収穫予測モデルでは，実際の間伐状況に基づいて間伐収穫量が算出されていることは明らかである。

ところで，今回設定した間伐対象林分は，減反率グループ全体であること，新しい収穫予測法のスギの間伐面積，間伐収穫量の推移は，現実の増加傾向に対してやや減少傾向を示したことを考え合わせる

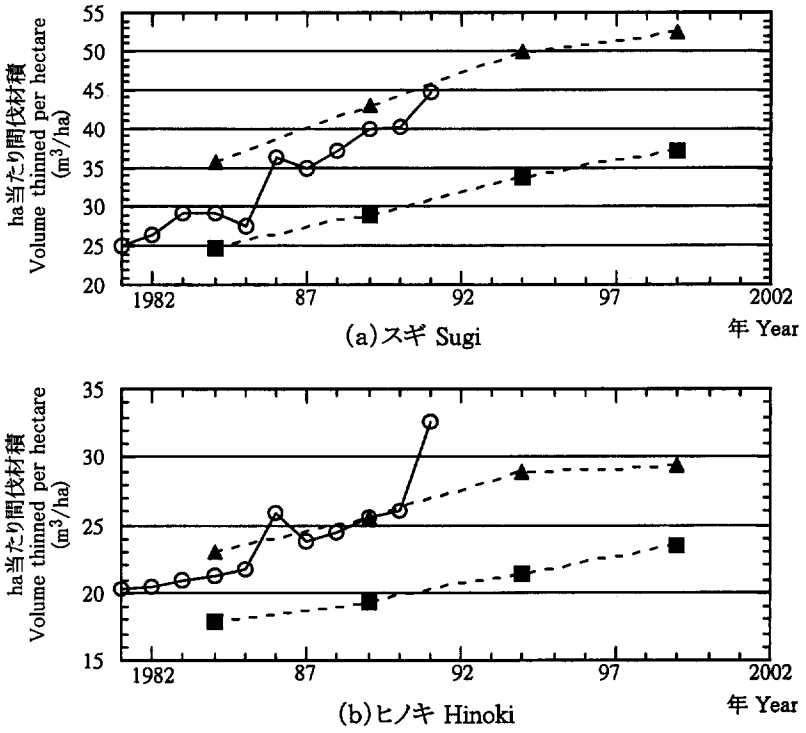


Fig.18.　ha当たり間伐材積の現実値と予測値の推移
Trend of actual volume thinned per hectare and the values forecasted by the forecasting methods
注)凡例は，Fig.14と同じである。ha当たり間伐材積の予測値は，予測された分期別の間伐収穫量を間伐面積で除したものである。
Notes : Legend is the same as Fig.14. The value forecasted is derived from the thinned volume forecasted divided by the thinned area forecasted.

と，非減反率グループの森林でもある程度の間伐が実施されていると考えられる。これについては，収穫予測モデルの今後の改良点と考えられる。

2.3　考察

森林現況，収穫量，伐採面積について新しい収穫予測モデルの再現性を評価した結果，いずれも減反率法に比べはるかに高い精度で再現された。特に，新しい収穫予測法の森林現況の樹種別再現性が，平均誤差率-1%～3%，誤差率標準偏差9%～27%で，減反率法のそれらに対する比率が，平均誤差率7分の1以下，誤差率標準偏差2分の1以下であって，減反率法に比べはるかに再現性が高いことが認められた。

過去のデータに基づいて推定されたパラメータを用い，新しい収穫予測モデルにより森林現況，収穫量，伐採面積を予測したところ，予測精度はいずれも減反率法よりも高かった。間伐収穫量についても，新しい収穫予測モデルがすぐれていた。このことから，非減反率グループからの間伐収穫も予測するように改善されれば，間伐収穫量の予測精度はさらに向上するといえる。

今回の予測計算で参考にした過去(1972年～1981年)の実績は，2回のオイルショックを含む林業を取り巻く経済的条件が大きく変化した時期であった。このような大きい経済的条件の変化がなければ，新しい収穫予測モデルの予測精度は，今回得られた精度よりさらに高いと推察される。すなわち，実際の地域森林計画における収穫予測手法として，今回作成した収穫予測モデルを適用することは極めて有効であるという結果が得られた。

3　収穫予測モデルの全国森林計画への応用

3.1　全国森林計画と収穫予測

地域森林計画は，森林法で規定される「全国森林計画」(15年を1期として5年ごとに樹立)に即して，10年を1期として5年ごとに樹立される。また，政府は，林業基本法に規定される「森林資源基本計画」と「重要な林産物の需給に関する長期見通し」に基づいて，「全国森林計画」を樹立する。

1980(昭和55)年樹立の森林資源基本計画は，政策努力を盛り込んだ目標および目標に到達する推移を見通したものである(森林計画研究会，1987)。樹立にあたっては，将来の森林資源を，政策努力に基づく資源目標に到達させることを前提とした上で，減反率法によって収穫量の予測が行われた。その際の減反率は，単純に正規分布に近いものが使われた(Fig.19)。このように，1980年の計画は，「政策努力を木材伐採量には控え目に反映させ，それが現実の動きとはかけ離れたものとならないように留意」(森林計画研究会，1987)されて樹立された。しかし，この資源基本計画に即して1983(昭和58)年に樹立された全国森林計画の伐採計画量に対する実行率をTable 20でみると，民有林の実行率は平均55%程度で，減反率法によって算出された計画量が過大であることが認められる。

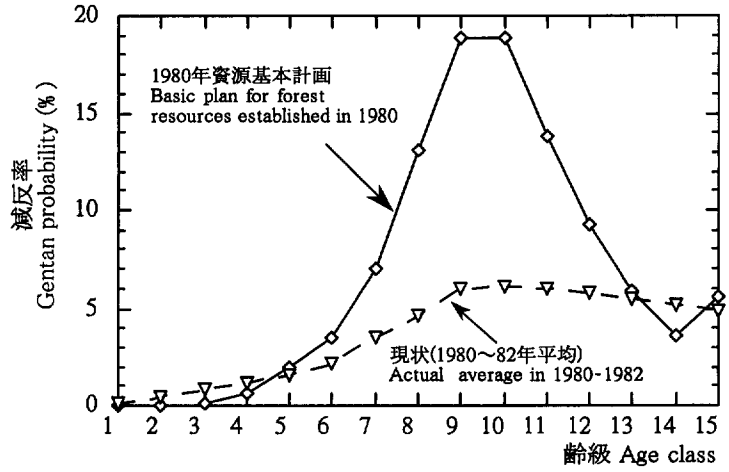


Fig.19.　1980年樹立の資源基本計画で収穫量算出に使用された減反率曲線(民有人工林)
The genatn probability used for forcasting yield of private man-made forests in establishment of the basic plan for forest resources in 1980

Table 20. 全国森林計画の計画量と実績量の比較
A comparison of the felled volumes expected in the nation-wide plan and the volumes actually felled

	項目 Items	計画量 Amount expected	実績量 Volume actually felled '83	'84	'85	'86	'87	平均 Mean
民有林 Private forest	伐採材積 Volume felled (10^6m^3)	51	26	28	29	28	27	28
	実行率 Rate of execution (%)		52	55	58	55	53	55
国有林 National forest	伐採材積 Volume felled (10^6m^3)	14	14	13	13	12	12	13
	実行率 Rate of execution (%)		102	97	94	90	86	94
総数 Sum	伐採材積 Volume felled (10^6m^3)	64	40	41	42	40	38	41
	実行率 Rate of execution (%)		63	64	65	62	60	63

注) 伐採材積は，主伐・間伐を含む。伐採材積の実績量は林業統計要覧による。計画量は，1983年樹立計画の伐採計画量を年平均とした値である。
Notes : The volumes felled consist of volumes harvested and volumes thinned. The volumes actually felled are quoted from 'Digest of Forestry statistics'. The expected amount denotes the annual average of felled volume expected in the nation-wide forest plan established in 1983.

これら上位計画は，将来に向けたわが国の政策的努力を考慮することも必要であるが，わが国の森林資源を左右するものだけに，現実からかけ離れたものとならないようにしなければならない。

そこで，本章では，全国民有人工林を対象とし，前述の全国森林計画で実施される民有人工林の収穫予測に必要な，収穫予測モデルを取り入れた木材需給均衡モデルを作成し，その有効性について検討した。

3.2 収穫予測モデルを取り入れた木材需給均衡モデル

先に述べた著者らが参加して開発した収穫予測モデルと既に作成されていた木材需要を予測するモデルを木材価格を媒介として連結させた，木材需給均衡モデルを開発した(Amano et al., 1987；野田ほか，1987)。本システムを用いれば，収穫予測モデルからは前節と同様に将来の収穫量，資源の推移が，需要モデルからは木材需要量が，同時に予測される。ここでは，システムの基本構造，全国森林計画への応用に際して必要になるシステムの内容について述べる。

3.2.1 システムの基本

ここで作成した木材需給均衡モデル全体の概要図をFig.20に示す。図の右側は第2章で述べた新しい収穫予測モデルである。左側は，既に林野庁で作成されていた木材需要予測モデルで，両者は図の中央部の丸太市場モデルで連結されている。

(1) 収穫予測モデル

収穫予測モデルは，①木材価格が丸太市場モデルから内生的に与えられて，減反率グループ率が算出される，②得られた収穫量が丸太(素材)供給量に換算されて丸太市場モデルにわたされる，2箇所が第2章のモデルとの違いである。収穫量から丸太供給量を算出する丸太換算係数は造材歩止りを用いた。

(2) 木材需要予測モデル

今回使用した需要予測モデルは，過去20年間のデータをもとに林野庁で1984年に作成された(森林計画研究会，1987)。需要予測モデルについての詳細な説明は，本稿の目的からはずれるため省くが，これ

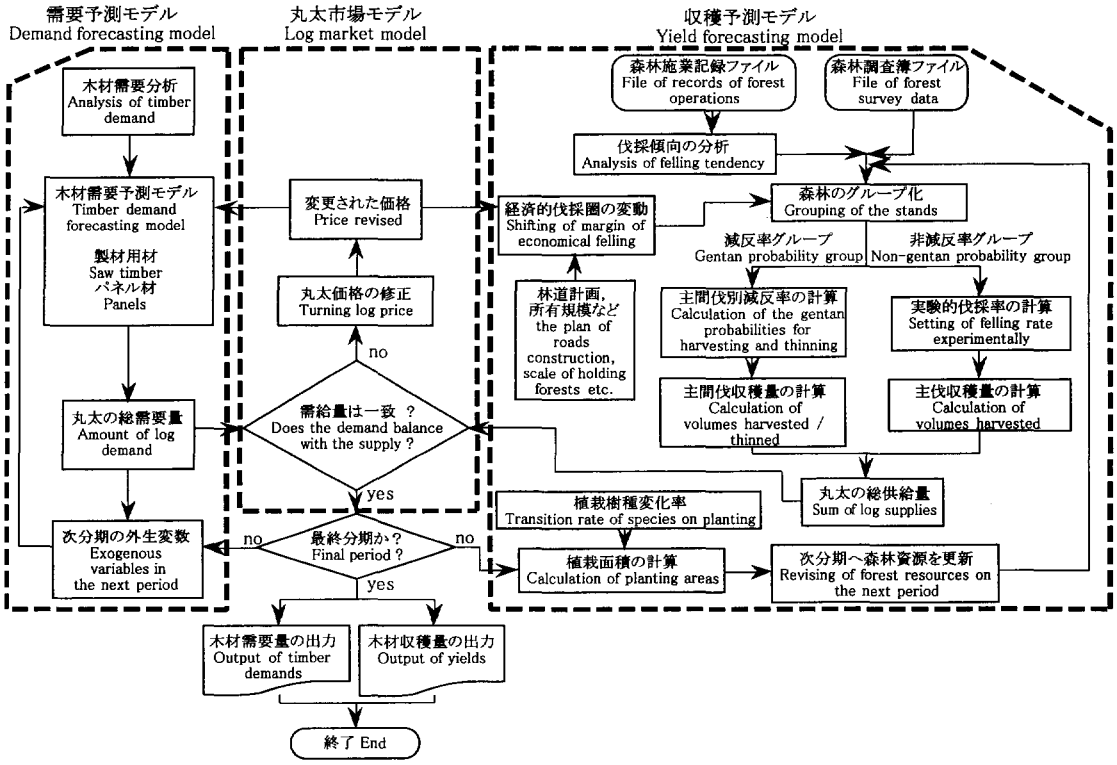


Fig.20.　収穫予測モデルを利用した木材需給均衡モデルの概要図（AMANO et al., 1987；野田ほか，1987）
Flow diagram of the new forecasting system of deman and supply using the suggested yield forecasting model

は，計量経済学モデルによって作成されていて製材用材，木質パネル類用材，パルプ用材，およびその他用材の部門別需要予測モデルで構成される。このうち，丸太価格と需要量の相関が高い製材用材，木質パネル類用材部門の需要予測モデルを採用した。なお，本モデルには，前述の丸太価格のほかに建築物着工床面積，新設住宅木造率等が，外生変数として採用されている。

(3) 丸太市場モデル

丸太市場モデルは，収穫予測モデルと木材需要予測モデルを結び付ける機能を果たす(Fig.20)。ここでは，収穫予測モデルで算出される丸太供給量と，木材需要モデルで算出される丸太需要量は，丸太価格によって需要と供給の市場均衡（HENDERSON et al., 1971）が図られて算出される仕組みとなっている（Fig.21；野田ほか，1987；森林計画研究会，1987）。

具体的には，まず，前分期の丸太価格を用いて，需要予測モデルで丸太需要量を，収穫予測モデルで丸太供給量を計算する。丸太市場モデルでは，丸太需給量の均衡をチェックし，均衡していないときは新たな丸太価格を採用する。丸太価格の変更に伴い，収穫予測モデルでは，減反率グループ率が調整され，新たな収穫量を算出する。需要モデルでも，新たな丸太価格に応じた需要量を算出する。このようにして，丸太市場モデルは市場メカニズムと同様に，需給量が一致する丸太の均衡価格を探索する。分期の進行とともに，丸太の需要，供給曲線は，需要構造や森林資源構造等の変化に応じてシフトする。

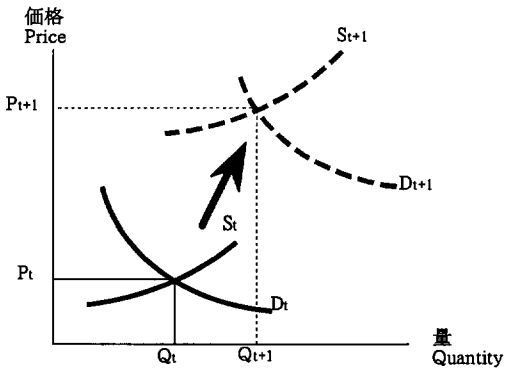


Fig.21.　t 分期から次分期に移行するときの需要曲線Dと供給曲線Sの動き(野田ほか，1987)
Shifting of the demand curve D and the supply one S, when it goes from period 't' to the next period

そのため，分期ごとに丸太の市場均衡価格が探索される。このように，市場メカニズムを模倣化した丸太市場モデルで，丸太需給量の均衡化が各分期ごとに図られることによって，各時点の木材需要構造と森林資源構成等の木材供給構造が同時決定される。

3.2.2　全国森林計画のためのシステム

全国森林計画に応用するにあたり，木材需給均衡モデルを実行するために必要な留意点を述べると，次のとおりである。

(1) 収穫予測モデルから得られた民有林人工林収穫量および，国有林人工林収穫量，丸太換算係数，人工林材の製材用材比率，国産天然林材の製材用丸太供給量を用いて，最終的に各分期の年平均国産材製材用丸太供給量を算出する(Fig.22)。国有林収穫量を加えたのは，木材需要予測モデルが民有林，国有林を含めたわが国の木材需要構造を対象としているからである。

(2) 丸太価格は，減反率グループ率の変動要因として用いられ丸太市場モデルの中で決定される。

以上を取り入れた木材需給均衡モデルの概要を示すとFig.22のとおりである。

3.3　システム実行のための諸要素

前節で述べたシステム実行に必要な諸要素の内容を，次節で述べる応用例の再現計算，予測計算に使用したデータを例にとって説明する。

3.3.1　森林資源現況

収穫予測は，全国民有人工林を対象として実施した。再現計算，予測計算の計算期首齢級別森林面積は，林野庁が数年ごとに行っている資源調査のうち1976年，1986年のものを使用した(Fig.23)。

3.3.2　主・間伐用減反率パラメータ

再現計算のための主伐用減反率パラメータは，各分期間(第1分期：1976年～1980年，第2分期：1981年～1985年)の実際の平均伐期齢，伐期齢分散を使用する(Fig.24)。

予測計算の主伐用減反率パラメータは，予測開始時点までの平均伐期齢，伐期齢分散の推移(Fig.24)をもとに次のようにして決定した。1966年～1984年までの民有林人工林の主伐平均伐期齢は，多少の変動はあるものの1966年8.41→1984年10.19と単調に増加傾向にあり，年次別平均伐期齢と年次の間には次の

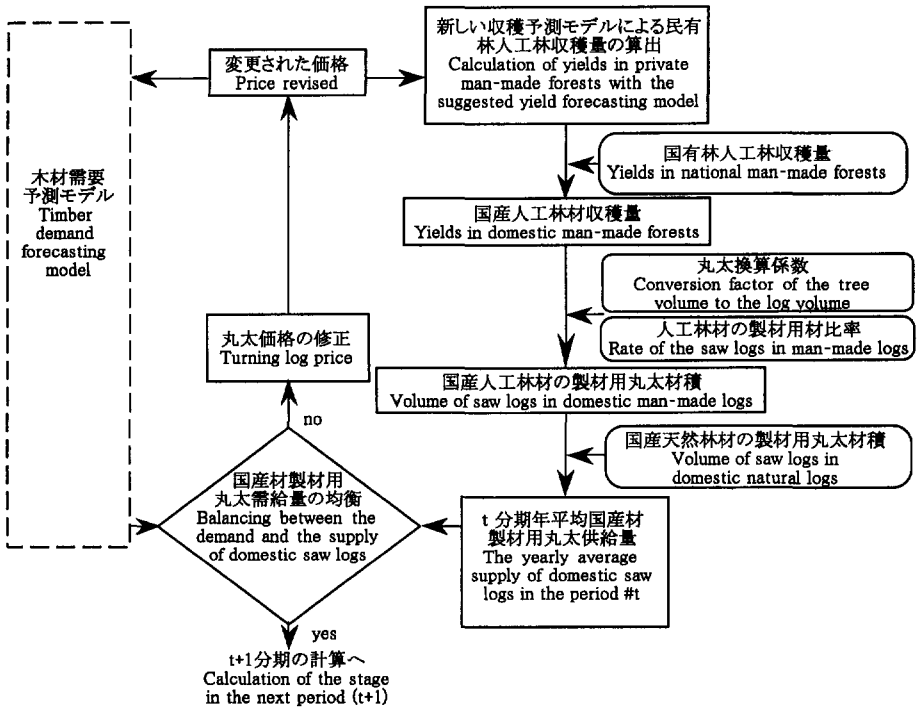


Fig.22.　全国森林計画に応用するために改変された木材需給均衡モデル
The modified version of the new forecasting system on demand and supply to the nation-wide forest plan

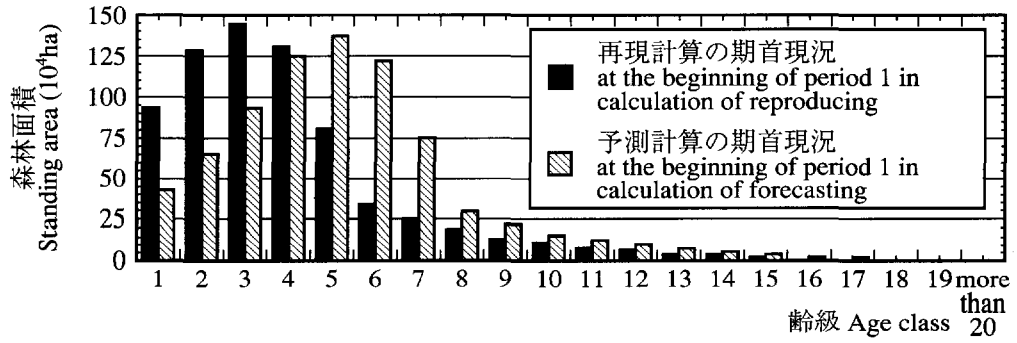
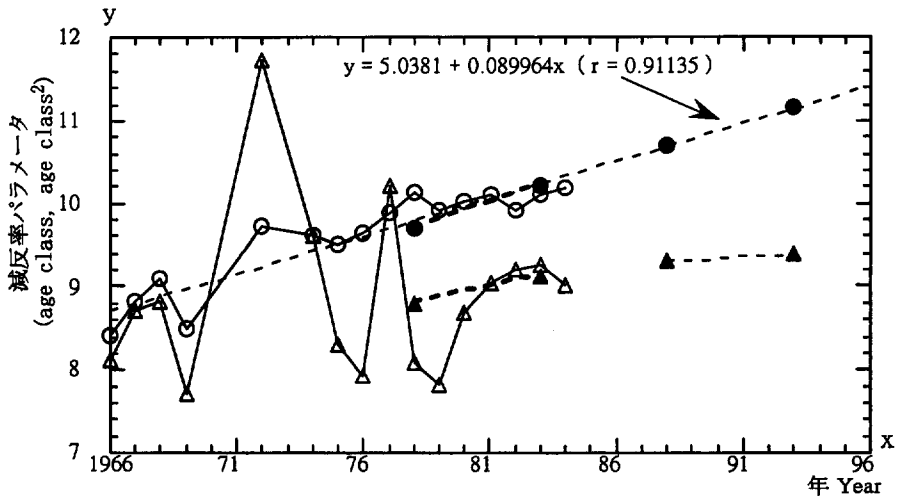


Fig.23.　再現計算と予測計算の期首現況に使用した民有人工林齢級別森林面積
Standing areas in age classes of private man-made forest in Japan used as ones at the beginning of the 1st period in calculations of reproducing and forecasting
注）林野庁計画課資料。
Notes : These are from Planning Section of Forestry Agency.



パラメータ Parameters	現実の推移 Actual trend	再現計算用 For reproducing	予測計算用 For forecasting
平均伐期齢 Mean of felling age	—○—	- -●- -	- -●- -
伐期齢分散 Variance of felling age	—△—	- -▲- -	- -▲- -

Fig.24.　民有人工林の主伐に関する現実の減反率パラメータの推移と再現計算，予測計算で使用した分期別主伐用減反率パラメータ

Actual trend of parameters of the gentan probability on clear felling in private man-made forests and the parameters used in calculations of reproducing and forecasting

注)実際の減反率パラメータは，林野庁業務資料。

Notes : The actual trend of parameters are from Planning Section of Forestry Agency.

回帰式が成立することが認められた。

$$y = 5.0381 + 0.089964 \cdot x \qquad (r = 0.91135) \qquad (12)$$

ただし，　y = 平均伐期齢，x = 年次

予測計算における主伐用平均伐期齢は，相関係数が0.91135(F値=68.24**>F(1,14;0.01))と高いことから，式(12)によって推定した(Fig.24)。主伐の伐期齢分散の推移は，変動が大きく，平均伐期齢のような有意な回帰式を求めることができなかった。しかし，ある程度の増加傾向がみられるため，予測期間の主伐用伐期齢分散は，1976年～1980年の推移をフリーハンドで延長して推定した(Fig.24)。なお，減反率パラメータは，丸太価格の影響を受けていることが考えられるが，この点については今後の課題としたい。

間伐用減反率パラメータについては，民有人工林の間伐の伐採傾向を示すデータが1981年～1984年の4カ年しか得られなかった(Fig.25)。間伐の減反率パラメータは，この4年間でみる限り大きな変動もなく推移していると考えられる。また，間伐は，主として4～7齢級の生育途上林分について保育的施業

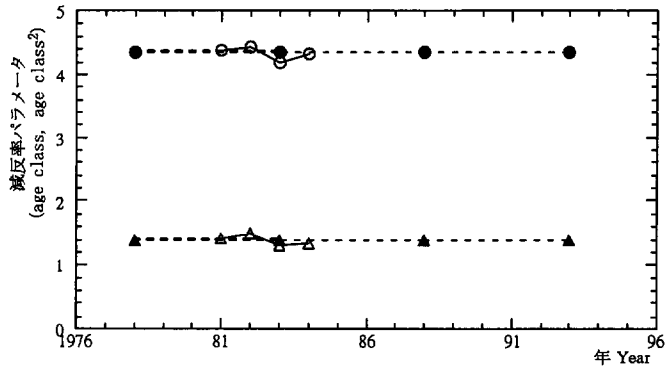


Fig.25. 民有人工林の間伐に関する現実の減反率パラメータの推移と再現計算，予測計算で使用した分期別間伐用減反率パラメータ

Actual trend of parameters of the gentan probability on thinning in private man-made forests and the parameters used in calculations of reproducing and forecasting

注）凡例と実際の減反率パラメータの出所は，Fig.24と同じである。

Notes : The legends and the source of actual parameters are the same as Fig.24.

のために行われることから，将来においてもこの伐採傾向は変わらないと考えられる。そこで，再現計算，予測計算の間伐用減反率パラメータは，各分期とも1981年～1984年の4年間の平均値とした(Fig.25)。

3.3.3 減反率グループ率

減反率グループ率の変動と丸太価格の関係を明らかにするため，1973年～1984年の民有人工林の年次別減反率グループ率を算出した。減反率グループ率は，年次別の減反率パラメータを用い，減反率グループ率100%として予測した第1分期収穫量の1/5に対する民有人工林の年次別収穫量の割合とした。すなわち，年次別減反率グループ率g_tは，

$$g_t = y_t \,/\, (Y_t/5) \qquad (13)$$

ただし，　g_t = t 年の減反率グループ率

Y_t = t 年の減反率パラメータで減反率グループ率100%として予測される第1分期収穫量

y_t = t 年の民有人工林収穫量

で算出した。なお，Y_tの算出に際して必要になる第1分期期首森林現況は，林野庁の資源調査(1970，1981，1984年)と世界農林業センサス(1980年)の結果から，対象年次 t に最も近い年次を適用した。

Fig.26に，1973年から1984年までの年次別減反率グループ率と，需要予測モデルの外生変数として使われている丸太価格(1980年を100とした国産材製材用素材実質価格指数)との関係を示す。両者の関係を求めると次の回帰式が成立することが認められた。

$$y = -25.533 + 0.7891 \cdot x \qquad (r = 0.95076) \qquad (14)$$

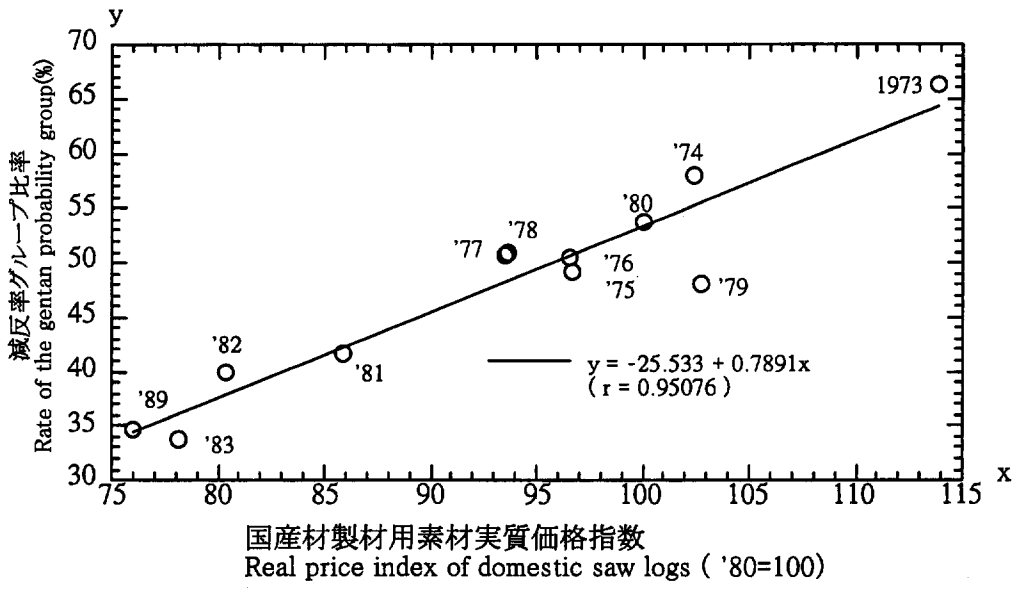


Fig.26.　年次別にみた全国民有人工林の減反率グループ率と価格指数の関係
Relationship between the yearly rate of the gentan probability group and price index
注)国産材製材用素材実質価格指数は，名目価格を一般物価総平均指数でデフレートして求めたものである。
Notes : The real price index of domestic saw logs are derived from the nominal prices deflated by average price index of general commodities.

ただし，　y = 減反率グループ率(%)

x = 国産材製材用素材実質価格指数(1980年=100)

式(14)の相関係数rは0.95076 (F値=94.116**>F(1,10;0.01)) で，減反率グループ率と丸太価格の間には有意な高い相関が認められる。従って，減反率グループ率は，丸太市場モデルで決定される丸太価格(国産材製材用素材実質価格指数)を用いて，式(14)で算出されるものとした。

3.3.4　林分収穫表

Table 21は，伐採面積から収穫量を求めるために使用した林野庁調製の民有人工林林分収穫予想表である。主伐収穫量，間伐収穫量は，主林木，副林木の数値に主伐面積，間伐面積を乗じることによって求めた。

3.3.5　拡大造林面積

再現計算のための第1，2分期拡大造林面積は，Table 22に示すように各分期の期首森林面積の差とした。ところで，1976年～1980年の5年間の第1分期間内拡大造林面積実績は60.31万haで第1，2分期の期首森林面積の差41.1万haよりも過大であった。本来，第1分期間内拡大造林面積合計は，第1分期期首(1976年)と2分期期首(1981年)の森林面積の差にほぼ等しくなるはずである。第2分期間についても同様であった。本稿で必要としている再現された森林現況と実際の森林現況との比較は，システムで算出

Table 21. 民有人工林林分収穫予想表
Yield table of private forests used in calculation

齢級 Age class	主林木 Trees harvested	副林木 Trees thinned
1	0.0m³/ha	0.0m³/ha
2	27.0	0.0
3	68.8	3.2
4	109.9	8.1
5	154.1	11.9
6	197.4	13.6
7	238.1	13.9
8	277.2	13.8
9	306.8	13.2
10	331.1	11.9
11	352.6	10.4
12	368.7	9.7
13	378.9	9.1
14	386.5	8.5
15	393.8	7.2
16	398.9	6.1
17	403.8	5.2
18	407.0	5.0
19	409.3	4.7
more than 20	416.0	0.0

注）林野庁業務資料。
This is quoted from the affairs report of Forestry Agency.

Table 22. 分期別拡大造林面積
Area afforested in each period

Unit : 10^4ha

計算区分 Class of test calculation	分期 Period	拡大造林面積実績値 Area actually afforested	期首森林面積 Standing area in the beginning of each period	次分期期首森林面積との差 Changes of standing areas	使用した拡大造林面積 Afforested area used in calculation
再現計算 Reproduction calculation	1分期 1st period('76-'80)	60.31	707.5	41.1	41.1
	2分期 2nd period('81-'85)	40.32	748.6	25.5	25.5
予測計算 Forecasting calculation	1分期 1st period('86-'90)	24.30	774.1		15.8

注）拡大造林実績値は，林業統計要覧の民有林拡大造林面積。期首森林面積は，林野庁計画課による民有人工林面積。
Notes : The areas actually afforested are only in private forests on 'Digest of forestry statistics'. The standing areas are quoted from Forestry Agency and denotes the man-made areas of private forests.

される収穫量が実際の齢級別伐採状況に基づいているか否かを明らかにする目的で行われるから，再現計算用の拡大造林面積には各分期の期首森林面積の差を用いた。

予測計算に用いた拡大造林面積は，1985年までの推移をもとに次のように決定した。民有林の拡大造林面積の推移は，1967年～1972年までを除きほぼ単調に減少している(Fig.27)。そこで，予測計算の拡大造林面積は，先に求めた，第1，2分期拡大造林面積の趨勢を延長して，25.5・(25.5/41.1) =15.8万haとした(Table 22)。

3.3.6　その他の要素

国有林からの人工林収穫量，国産天然林材の製材用丸太供給量，丸太換算係数，人工林材の製材用材比率のほか，木材需要予測モデルに必要な要素についての詳細は省くが，計算にあたって，再現計算では分期期間の実際の値を，予測計算では減反率パラメータの場合と同様，それまでの趨勢を延長することにより得られた値を用いた。

3.4　全国森林計画への応用例

木材需給均衡モデルが全国森林計画に応用できる可能性を議論するため，ここでは本システムを用いて，全国民有林の人工林について実施した収穫予測の一計算例を示す。同時に，その結果から，本木材需給均衡モデルの有効性を評価する。

3.4.1　方法

木材需給均衡モデルの有効性を第2章2節と同様に，再現性，予測精度の二つの点について評価した。

(1) 再現性の評価方法

計算期間は，下に示すとおり1976年から1985年までの10年間，2分期間とする。木材需給予測に必要な諸要素には，それぞれの分期期間内の実績値を用いて予測を行い，得られた結果を現実値と比較することで再現性の検証を行う。

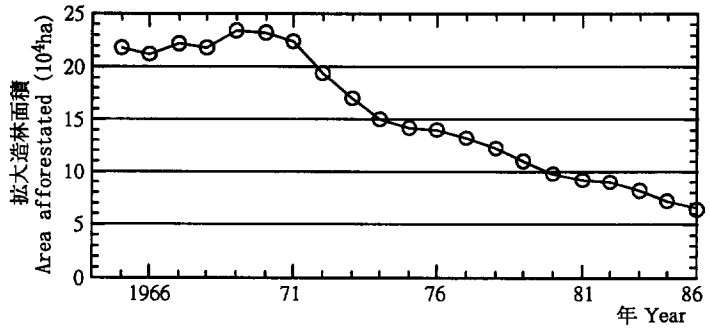


Fig.27.　民有林の拡大造林面積の推移
Trend of areas afforested in private man-made forests in Japan
出所) 林業統計要覧
Source : Digests of Forestry statistics.

分 期 Period	期間 Years
1	1976～1980
2	1981～1985

(2) 予測精度の評価方法

通常の予測方法と同様に，予測開始時点以前の過去のデータだけを用いて，木材需給均衡モデルモデルに必要な諸要素を設定した上で，分期別の収穫量，伐採面積，森林現況を予測し，その結果を現実値と比較する。計算期間は，下に示す1986年を計算期首とし1995年までの10年間，2分期間とする。

分 期 Period	期間 Years
1	1986～1990
2	1991～1995

さらに，木材需給均衡モデルによる予測結果を，従来全国森林計画でも使用されてきた減反率法の予測結果と比較することにより同モデルを構成する収穫予測モデルの有効性を評価した。

3.4.2　再現性

(1) 森林現況

再現された森林現況を第2，3分期期首に相当する年次別の現実値と比較した。比較は，第2章2節と同様に齢級別誤差率(再現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)で齢級ごとの伐採状況を評価し，その平均(平均誤差率)と標準偏差(誤差率標準偏差)で分期別森林現況全体の再現性を評価した。齢級別誤差率をFig.28に，齢級別誤差率の平均と分散をTable 23に示す。

齢級別誤差率は，木材需給均衡モデル27%～5%，減反率法-63%～63%となった。誤差率が両者とも非常に小さい3～6齢級を除くと，いずれの齢級も減反率法の方が，大きい誤差を示した(Fig.28)。特に，減反率法については，再現期間内の新生林分に該当する齢級では現実値よりも過大に，高齢級では過小になる傾向を示した。このことから，減反率法では伐採が実際よりも高齢級で多く行われ，しかも総伐採面積が大きいため，新生林分面積が実際よりも過大に予測されてしまうことが伺われる。これに対し，木材需給均衡モデルにより再現された森林現況は，高齢級でやや過小になるになる傾向があるが，その程度は減反率法に比べ非常に少なかった。

木材需給均衡モデルによる再現精度を平均誤差率，誤差率標準偏差でみると，平均誤差率-6%～-5%，誤差率標準偏差8%～9%であって，再現性は高く安定していた。減反率法のそれらに対する比率は，平均誤差率35%(3分の1)～41%(2分の1)，誤差率標準偏差28%(3分の1)～45%(2分の1)であった(Table 23)。このように，木材需給均衡モデルによる森林現況の再現性は，減反率法に比べ非常に高いことが明らかとなった。

(2) 伐採面積

再現結果は，5年を1分期間とする分期単位で算出された値である。そこで，算出された伐採面積を1/5倍して分期期間年平均値を求め，現実の年次別平均値と比較した結果をFig.29に示す。現実値に対する分期別誤差率および2分期間の平均誤差率，誤差率標準偏差をTable 24に示す。

Fig.29に示す木材需給均衡モデルによる再現値は，減反率法のそれに比べ非常に現実の推移に近いこと

Table 23. 森林現況再現値の誤差率
Error rates of standing areas reproduced by the forecasting methods

分期 Period	誤差指標 Error indicator	木材需給均衡モデル the new forecasting system (A)	減反率法 Gentan probability method (B)	比率 Rate (A/B)
2	平均誤差率 Mean of error rate	-4.91%	-11.94%	41.1%
	誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate	7.74	17.23	44.9
3	平均誤差率 Mean of error rate	-5.58	-15.93	35.0
	誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate	8.86	31.44	28.2

注）誤差指標は，齢級別誤差率の平均と標準偏差である。表中の比率は，減反率法に対する木材需給均衡モデルの誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes : The error indicators are the mean and standard deviation of error rates of age classes. The rates are absolute percentages of errors of the new forecasting system for ones of the gentan probability method.

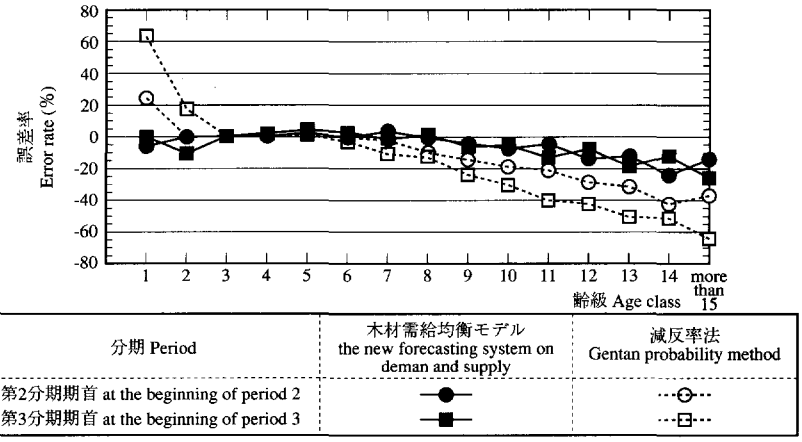


Fig.28.　森林現況再現値の齢級別誤差率
Error rates in age classes of the standing areas reproduced by the forecasting methods

が認められる。木材需給均衡モデルによる場合の誤差率は-2%～6%で，減反率法のそれらに対する比率は，2%(47分の1)～4%(27分の1)であった。また，平均誤差率，誤差率標準偏差も，減反率法のそれらに対する比率は2%，11%と小さく再現精度は安定していた。これらのことから，木材需給均衡モデルで得られた主伐面積の再現性は，減反率法に比べ非常に高いといえる。

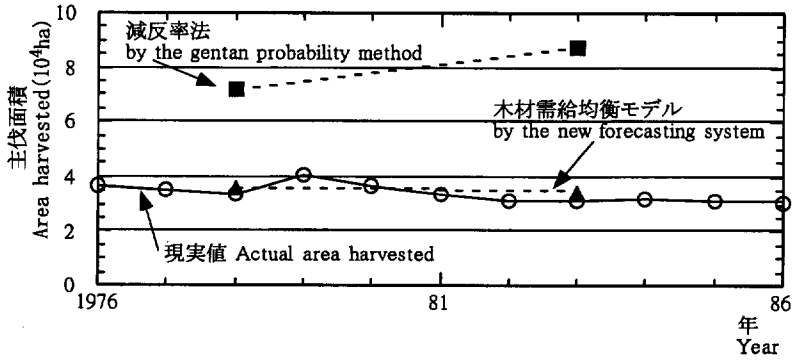


Fig.29.　主伐面積の現実値と再現値の推移
Trend of actual area harvested and the ones reproduced by the forecasting methods

Table 24.　主伐面積の再現値と誤差率
Error rates of harvested areas reproduced by the forecasting methods

分期 Period	現実値 Area actually harvested (10^4ha/yr)	木材需給均衡モデル the new forecasting system		減反率法 Gentan probability method		比率 Rate (%) (A/B)
		再現値 Area reproduced (10^4ha/yr)	誤差率 Error rate (%) (A)	再現値 Area reproduced (10^4ha/yr)	誤差率 Error rate (%) (B)	
1	3.70	3.62	-2.0	7.19	94.4	2.1
2	3.22	3.41	6.2	8.75	172.1	3.6
平均誤差率 Mean of error rate			2.1		133.3	1.6
誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate			4.1		38.9	10.5

注）表中の比率は，減反率法に対する木材需給均衡モデルの誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes: The rates are absolute percentages of errors of the new forecasting system for ones of the gentan probability method.

(3) 収穫量

収穫量の再現値と現実値の年次別推移，再現値の誤差率をFig.30，Table 25に示す。Fig.30から，木材需給均衡モデルによる再現値は，減反率法のそれに比べ非常に現実の推移に近いことが認められる。木材需給均衡モデルによる場合の誤差率は-5%～-3%と非常に小さく，減反率法のそれらに対する比率は，4%(27分の1)程度であった。また，平均誤差率，誤差率標準偏差の減反率法に対する比率は4%，6%と非常に小さく，再現精度は安定していた。このことから，木材需給均衡モデルで得られた収穫量の再現性は，減反率法に比べ非常に高いといえる。

(4) 需要量

木材需給均衡モデルによって，収穫量と同時に木材需要予測モデルから再現された需要量の例として，国産材製材用素材需要量の推移をFig.31に示す。これによると，算出された分期別の値は，現実値の趨勢

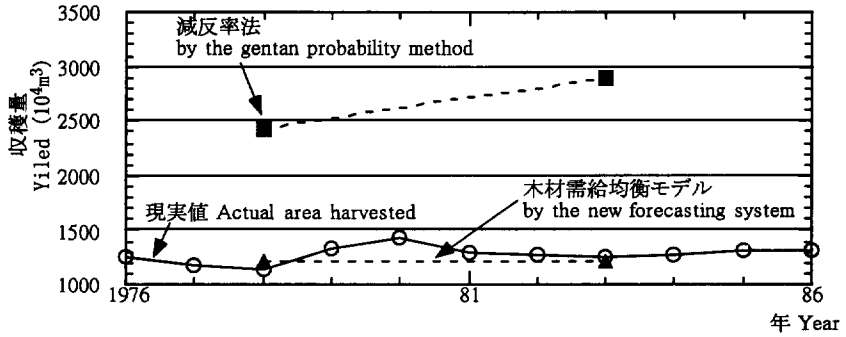


Fig.30.　収穫量の現実値と再現値の推移
Trend of actual yields and the ones reproduced by the forecasting methods

Table 25.　収穫量の再現値と誤差率
Error rates of harvested volumes reproduced by the forecasting methods

分期 Period	現実値 Volume actually harvested (10^4m^3/yr)	木材需給均衡モデル the new forecasting system		減反率法 Gentan probability method		比率 Rate (%) (A/B)
		再現値 Area reproduced (10^4m^3/yr)	誤差率 Error rate (%) (A)	再現値 Area reproduced (10^4m^3/yr)	誤差率 Error rate (%) (B)	
1	1 268.68	1 225.62	-3.4	2 430.92	91.6	3.7
2	1 284.06	1 216.63	-5.3	2 891.74	125.2	4.2
平均誤差率　Mean of error rate			-4.3		108.4	4.0
誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate			0.9		16.8	5.5

注）表中の比率は，減反率法に対する木材需給均衡モデルの誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes: The rates are absolute percentages of errors of the new forecasting system for ones of the gentan probability method.

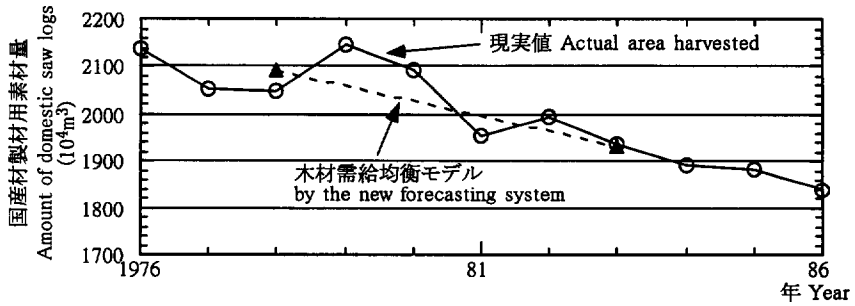


Fig.31.　木材需給均衡モデルによる国産材製材用素材量の現実値と再現値の推移
Trend of actual amounts of domestic saw logs and the ones reproduced by the new forecasting system

に沿っていることが認められる。誤差率は，Table 26でみると，第1分期-0.2%，第2分期0.03%であって，再現性は非常に高かった。平均誤差率は-0.1%，誤差率標準偏差は0.1%であって，再現性は非常に安定していた。このように，収穫量と同時に木材需要予測モデルによって算出される需要量の再現性は非常に高かった。

3.4.3　予測精度

(1) 森林現況

予測された第2分期期首森林現況の評価には，第2分期期首に相当する1991年の実際の森林現況が無かったので，1990年の値を用いて予測値との比較を行った。齢級別誤差率をFig.32に，齢級別誤差率の平均と分散をTable 27に示す。

齢級別誤差率は，木材需給均衡モデル14%～16%，減反率法-35%～136%となった。ほとんどの齢級で減反率法による誤差が，木材需給均衡モデルによる誤差より大きいことがFig.32で認められる。特に，減反率法については，再現値と同様に，予測期間内の新生林分に該当する齢級で現実値よりも過大(誤差率

Table 26.　木材需給均衡モデルによる需要量の再現値と誤差率（国産材製材用素材量）
Error rates of the demand reproduced by the new forecasting system（Demand of domestic saw timber）

分期 Period	現実値 Actual value ($10^4m^3/yr$)	再現値 Reproduced value ($10^4m^3/yr$)	誤差率 Error rate (%)
1	2 096.0	2 091.4	- 0.22
2	1 932.6	1 933.3	0.03
平均誤差率　Mean of error rate			- 0.09
誤差率標準偏差　Standard deviation of error rate			0.13

注）現実値は，分期期間中の年平均値である。
Notes: The actual value is an annual average in the period.

Table 27.　森林現況予測値の誤差率
Error rates of standing areas forecasted by the forecasting methods

分期 Period	誤差指標 Error indicator	木材需給均衡モデル the new forecasting system（A）	減反率法 Gentan probability method（B）	比率 Rate (A/B)
2	平均誤差率　Mean of error rate	0.87%	- 2.28%	38.2%
	誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate	7.37	38.45	19.2

注）誤差指標は，齢級別誤差率の平均と標準偏差である。表中の比率は，減反率法に対する木材需給均衡モデルの誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes: The error indicators are the mean and standard deviation of error rates of age classes. The rates are absolute percentages of errors of the new forecasting system for ones of the gentan probability method.

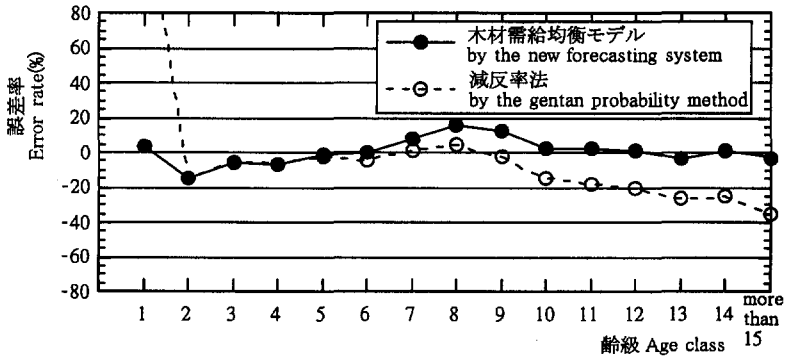


Fig.32.　森林現況予測値の齢級別誤差率(第2分期期首)
Error rates in age classes of the standing areas reproduced by the forecasting methods (at the beginning of 2nd period)

136%)に，高齢級では過小になる傾向がみられた。このことから，減反率法では，高齢級での伐採面積の予測値が現実値より大きくなり，その結果，総伐採面積も大きくなるので新生林分面積が実際よりも過大になったと考えられる。

木材需給均衡モデルによる予測精度を平均誤差率，誤差率標準偏差でみると，平均誤差率1%，誤差率標準偏差7%で，予測精度は安定していた。減反率法のそれらに対する比率は，平均誤差率38%(3分の1)，誤差率標準偏差19%(5分の1)であった(Table 27)。このように，木材需給均衡モデルによる森林現況の予測精度は，減反率法に比べ非常に高いことが認められた。

(2) 伐採面積

予測値の分期期間年平均値の推移をFig.33に，誤差率をTable 28に示す。第2分期(1991年～1995年)については，実際の主伐面積の資料が1992年までしか無かったので，1991，1992年の平均値を現実値に使用した。木材需給均衡モデルによる再現値は，減反率法に比べ非常に現実値の推移に近かった(Fig.33)。木材需給均衡モデルによる誤差率は17%～19%で，減反率法による誤差率と比較してみると，5%(21分の1)～6%(17分の1)程度であった。また，平均誤差率，誤差率標準偏差も，減反率法に対する比率は，5%，2%と非常に小さく，予測精度は安定していた。このことから，木材需給均衡モデルで得られる主伐面積の予測精度は，減反率法に比べ非常に高いといえる。

(3) 収穫量

予測値の分期期間年平均値の推移をFig.34に，誤差率をTable 29に示す。第2分期(1991年～1995年)については，実際の収穫量の資料が1992年までしか無かったので，1991，1992年の平均値を現実値に使用した。Fig.34から，木材需給均衡モデルによる再現値は，減反率法のそれに比べ非常に現実値の推移に近いことが認められる。木材需給均衡モデルの誤差率は-3%～2%と非常に小さく，減反率法のそれに対する比率は0.8%(131分の1)～1.2%(82分の1)程度であった。また，平均誤差率，誤差率標準偏差も-0.7%，2.3%で非常に小さく，しかも予測精度は安定しており，減反率法のそれに対する比率は0.3%，12%に過ぎなかった。このことから木材需給均衡モデルで得られる収穫量の予測精度は，減反率法に比べ非常に高

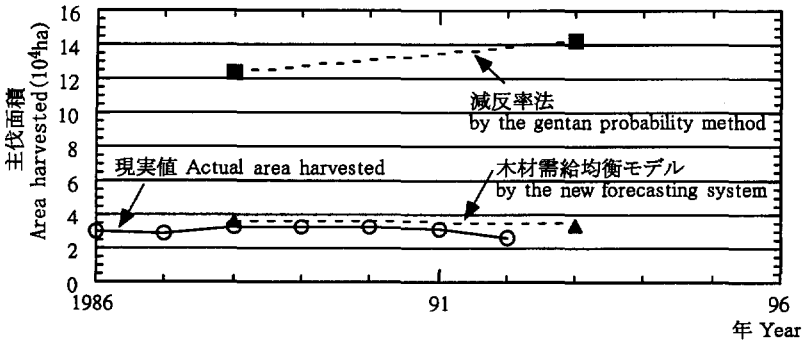


Fig.33.　主伐面積の現実値と予測値の推移
Trend of actual area harvested and the ones forecasted by the forecasting methods

Table 28.　主伐面積の予測値と誤差率
Error rates of harvested areas forecastced by the forecasting methods

分期 Period	現実値 Area actually harvested (10^4ha/yr)	木材需給均衡モデル the new forecasting system		減反率法 Gentan probability method		比率 Rate (%) (A/B)
		予測値 Area forecasted (10^4ha/yr)	誤差率 Error rate (%) (A)	予測値 Area forecasted (10^4ha/yr)	誤差率 Error rate (%) (B)	
1	3.14	3.66	16.7	12.39	295.2	5.7
2	2.86	3.39	18.7	14.24	398.6	4.7
平均誤差率 Mean of error rate			17.7		346.9	5.1
誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate			1.0		51.7	1.9

注）表中の比率は，減反率法に対する木材需給均衡モデルの誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes: The rates are absolute percentages of errors of the new forecasting system for ones of the gentan probability method.

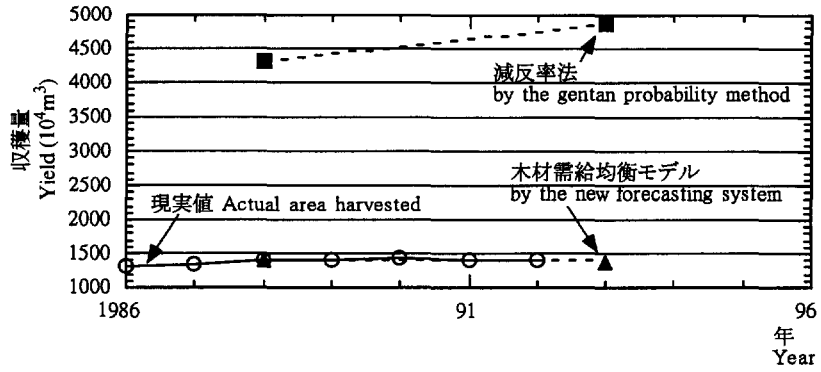


Fig.34.　収穫量の現実値と予測値の推移
Trend of actual yields and the ones forecasted by the forecasting methods

Table 29.　収穫量の予測値と誤差率
Error rates of harvested volumes forecasted by the forecasting methods

分期 Period	現実値 Volume actually harvested (10^4m^3/yr)	木材需給均衡モデル the new forecasting system		減反率法 Gentan probability method		比率 Rate (%) (A/B)
		予測値 Area forecasted (10^4m^3/yr)	誤差率 Error rate (%) (A)	予測値 Area forecasted (10^4m^3/yr)	誤差率 Error rate (%) (B)	
1	1 387.64	1 409.58	1.6	4 301.33	210.0	0.8
2	1 406.95	1 364.66	-3.0	4 887.60	247.4	1.2
平均誤差率　Mean of error rate			-0.7		228.7	0.3
誤差率標準偏差 Standard deviation of error rate			2.3		18.7	12.3

注）表中の比率は，減反率法に対する木材需給均衡モデルの誤差率絶対値のパーセント値である。
Notes: The rates are absolute percentages of errors of the new forecasting system for ones of the gentan probability method.

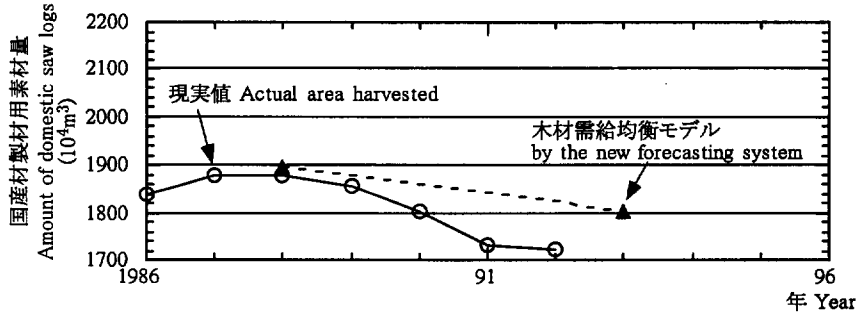


Fig.35.　木材需給均衡モデルによる国産材製材用素材量の現実値と再現値の推移
Trend of actual amounts of domestic saw logs and the ones forecasted by the new forecasting system

いといえる。

(4) 需要量

国産材製材用素材需要量の予測値の推移をFig.35に示す。これによると，算出された分期別の値は，現実値の趨勢に沿っていることが認められる。1991年から国産材製材用素材量が急激に減少したため，第2分期では予測値との乖離が大きくなった。これは，バブル経済崩壊により，国産材製材用素材量が急激に減少したためである。具体的に述べると，国産材製材用素材需要量は，その80%以上が建築用材で，住宅着工の動向に大きく影響を受ける。1990年まで横這いで推移していた新設住宅着工量は，バブル経済崩壊による住宅投資の減少で20%減少した。その結果，1991年以降の国産材製材用素材量は急減してしまった。このような経済の混乱が，乖離の大きい原因となったと推察される。

予測誤差率をTable 30でみると誤差率は，第1分期2.5%，第2分期4%で，平均誤差率3%，誤差率標準偏差1%で安定していた。予期時点で，先述のような予想不可能な経済混乱のため，第2分期に誤差が大きくなったが，誤差率でみると予測精度は非常に高かった。従って，今回作成した木材需給均衡モデルを用いて収穫量と同時に算出される木材需要予測モデルの予測精度は非常に高いといえる。

Table 30.　木材需給均衡モデルによる需要量の予測値と誤差率（国産材製材用素材量）
Error rates of the demand forecasted by the new forecasting system (Demand of domestic saw timber)

分期 Period	現実値 Actual value (10^4m^3/yr)	予測値 Forecasted value (10^4m^3/yr)	誤差率 Error rate (%)
1	1 851.1	1 896.9	2.5
2	1 728.6	1 804.7	4.4
平均誤差率　Mean of error rate			3.4
誤差率標準偏差　Standard deviation of error rate			1.0

注）現実値は，分期期間中の年平均値である。
Notes: The actual value is an annual average in the period.

3.5　考察

木材需給均衡モデルを構成する供給側の一要素である収穫予測モデルの有効性を検証するため，本システムを全国民有人工林に適用し，算出された森林現況，収穫量，伐採面積を現実値と比較した。その結果，再現性，予測精度ともに非常に高く，従来の減反率法に比べてもはるかに高い精度で予測できることが明らかになった。また，収穫量と同時に算出される木材需要予測の結果も再現性，予測精度が高かった。今回は，木材需給均衡モデルの全国森林計画への応用可能性を知ることを目的としているので，非常に簡単な計算例を示したに過ぎないが，一応の成果を得ることができた。そのため，本システムをさらに改良して緻密にする，例えば，木材価格が減反率パラメータに及ぼす影響を考慮に入れることにより予測精度を一層向上させることが可能であると考えられる。従って，収穫予測モデルを取り入れた木材需給均衡モデルは，全国森林計画で必要な収穫量，森林現況，伐採面積の予測に非常に有効なシステムとして機能するものといえよう。

従来は，「資源基本計画」と「重要な林産物の需給見通し」が個別に樹立された後で，両者の調整を図って計画が樹立されてきた。これに対して木材需給均衡モデルは，収穫量とそれに関連する林産物の木材需給量を同時に予測できるので，この点からもその利用価値は非常に高い。さらに，木材需給均衡モデルは全国森林計画樹立において実施される政策的意図を考慮したシミュレーションによる将来予測ばかりでなく，森林政策支援システムとして有効に利用できるものと考えられる。

4　結論

4.1　研究の要約

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となっている状況の中で，民有林の地域森林計画についてみると，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，その結果が現実と大きく異なるために，本質的な機能を果たしていないと指摘されており，精度の高い新たな収穫予測法の作成が急務となっている。そこで，本研究は，民有林の地域森林計画樹立に際して，著者ら（Amano et al.,1987；野田ほか，1987；森林計画研究会，1987）によって開発された収穫予測法並びに木材需給均衡モデルの構造を整理し予測精度を検証することを目的としている。そして，この手法がより精度の高い森林計画の作成に寄与することを検証することができた。そ

の結果を要約すると以下のようになる。

第2章では，第1報で明らかになった減反率法の改善策を組み込んだ収穫予測モデルの構造を整理した。本モデルは，

(a) 経済的条件の変化に対応させるため，過去の減反率パラメータの推移から，将来の予測分期における減反率パラメータを分期別に推定する。

(b) 収穫予測は，生産活動が積極的に行われている減反率グループと，生産活動に消極的な非減反率グループに分けて行う。分期ごとに減反率グループ率は変化させる。

(c) 樹種別，地利別に，減反率パラメータの異なるものを区別して計算の単位を設定する。

(d) 将来の林道開設に伴う地利別森林面積の変化を考慮し，分期ごとに地利級変化率を決める。

(e) 更新に伴う樹種構成の変化を，分期別樹種変化率で表す。

(f) 間伐収穫量は，減反率グループの森林のみを対象とし，減反率法を適用して予測する。

こと等を特徴とする。

次に，収穫予測モデルを地域森林計画に適用するにあたっての有効性を検証するために，本モデルを飛騨川地域森林計画区に適用し，その再現性，予測精度を評価した。再現値を現実値と比較したところ，森林現況，伐採面積，収穫量のいずれも極めて高い精度で再現された。予測精度についても同様に，森林現況，収穫量，伐採面積のいずれも高い精度で予測された。このことから，収穫予測モデルは地域森林計画における収穫予測法として極めて価値の高いことが検証された。

第3章では木材需給均衡モデルを「重要な林産物の長期需給見通し」へ適用する場合の精度を検証するため，本システムを用いて全国民有林人工林の収穫予測を行った。その結果，本システムで算出される森林現況，伐採面積，収穫量の再現性，予測精度は減反率法に比べて極めて高かった。また，それらと同時に予測される木材需要量の再現性，予測精度も高かった。従って，今回作成した木材需給均衡モデルは，今後，改良を加えれば全国森林計画樹立における収穫量，森林資源，林産物需給量の予測に有効なシステムとしてばかりでなく，シミュレーション的利用によって，政策上の支援情報を得る意志決定支援システムとして利用できることが考えられた。

4.2　総括的考察

高度経済成長期という林業に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。このことは，経済的条件の変化で林業が停滞すれば，的確な予測が行えないことを意味しており，これが，減反率法の抱えている欠点であった。

1975年以降，上記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挙げられる。本研究は，この点に着目し，経済的条件の変化に対応させるため，①樹種別，地利別に，減反率の推移が，異なるものを区別して計算する，②将来の予測分期における減反率パラメータを分期ごとに与える，③森林を減反率法を適用する減反率グループと減反率を適用しない非減反率グループに分ける，④全森林に対する減反率グループの大きさを分期の進行に伴い変化させる，⑤将来の林道開設によって変化する森林の地利級変化は分

期ごとの地利級変化率で与える，⑥更新に伴う樹種構成の変化を分期ごとの樹種変化率で与える，等を取り入れた減反率法をベースとする木材需給均衡モデルの再現性，予測精度を検証したところ，かなり良い結果が得られた。このことは，計算が簡便で，シミュレーション的利用が可能な減反率法が改善されれば，民有林の地域森林計画，全国森林計画の収穫予測に，今後とも利用できることを意味する。同時に，今回議論した木材需給均衡モデルを改良すれば，その利用価値はますます高くなることを示唆している。

今後の改良点としては，次の事項が挙げられる。

(a) 間伐実態に関するデータが少なかったので，モデルにおける間伐は，次のように仮定した。間伐は，本来，将来の主伐に備えての保育的施業であることから，積極的に林業生産活動が行われている減反率グループだけで，実施されるとした。しかし，主伐を控えざるを得ない状況から，最近，主伐期林分から間伐収穫がみられる等，間伐は，本来の保育的性格よりも収入のために行われている傾向が想定される。従って，今後，間伐の実態をさらに分析して，非減反率グループでも間伐が行われるメカニズムを追加する等，間伐についての改良が必要である。

(b) 木材需給均衡モデルの全国民有林人工林を対象にした計算例では，全国国有林人工林，全国天然林からの収穫量は，国有林人工林収穫量，国産天然林材の製材用丸太供給量という外生変数で与えた。従って，民有・国有の人工林・天然林を合わせた全国の森林について，森林現況，収穫量，伐採面積を予測できるようにするためには，今後，国有林の人工林・天然林と民有林天然林についても，民有林人工林と同様に，木材需給均衡モデルが適用できるように改良しなければならない。

(c) 今回，木材需給均衡モデルで利用した木材需要予測モデルは，計量経済学モデルによって作成されている。計量経済学モデルは，一般的に5年程度の予測に用いられるもので，それ以上の予測には相応しくない。森林計画樹立では，10年以上の予測が必要であるため，木材需給均衡モデルで利用する木材需要予測モデルを，このような長期予測に相応しいものにする。そのためには，丸太市場の競争構造の変化，木材価格が減反率パラメータに及ぼす影響も考慮に入れることが，今後の重要な研究課題といえよう。

上記の改良点を取り入れた収穫予測モデル，木材需給均衡モデルが作成されれば，まず，将来の森林資源構成，収穫量，伐採面積の予測精度が一層向上するばかりでなく，造林政策による造林面積の増減，林道開設による地利級の変化，更新樹種の変更などを考慮した，地域あるいは全国の，将来の資源構成，伐採面積，収穫量のシミュレーションが可能となる。この点を，計算機の発達の歴史から眺めてみよう。

減反率法が誕生した30年前に比べ，電子計算機の発達は，大量の情報処理，高度な数学の計算を可能にした。手計算でもできる減反率法は，当時としては画期的な収穫予測法であったが，逆にいえば，それは手計算でも可能な単純なモデルであった。また，そのことが，減反率法による予測が現実値と合わない原因の一つでもあった。しかし，電子計算機の発達は，複雑な計算も簡単に行えることを可能にした。本研究の収穫予測モデル，木材需給均衡モデルも，構造的には減反率法に比べ，はるかに複雑であるが，電子計算機を用いれば短時間で計算できる。このことは，先に述べた，諸要因が，将来の収穫量，資源構成に与える影響をシミュレーションすることが可能であることを示している。従って，本研

究で提案した収穫予測モデル，木材需給均衡モデルは，単に，森林計画における資源構成や収穫量の予測ばかりでなく，森林政策における意志決定支援システムとして，あるいは，地域森林計画，全国森林計画樹立に必要な情報収集システムとして利用できると考えられる。そのため，前記の改良点に関する研究が今後の大きい課題となろう。

現在，わが国の森林・林業は，外材の圧迫による木材価格の低下，労賃・生産費の高騰等によって，森林所有者の林業生産活動に対する意欲の低下が着実に進行し，危機的状態にある。しかし，一方では，国民の森林・林業に対する認識が変化し，森林環境を保全しながら持続的経営を行って木材生産を行うことが，社会的に要請されている。これらの課題を解決するためには，政府の適正な森林政策とともに，わが国の森林の70%を占める民有林に対する有効な行政指導が必要となる。この森林政策，行政指導の大綱を決めるのが全国森林計画，地域森林計画であり，それら両計画の中心に位置づけられるのが森林資源構成，木材収穫の予測である。このようにみたとき，収穫予測モデル，木材需給均衡モデルに関する研究が，今後，ますます発展すると思われるが，それらの研究に，本研究の成果が有効に利用されることを期待して止まない。

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る。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る。

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下さり指導を賜った。特に，天野科長には，始終貴重な助言と指導を頂いた。

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頂いた。特に，神尾氏には磁気テープフォーマットの変更等惜しみない協力を頂いた。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頂いた。

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，林野庁計画課後藤健氏には，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下さるとともに貴重な助言を頂いた。元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頂いた。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頂いた。

以上の方々に，ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

ABRAMOWITZ, Milton and STEGUN, Irene A. eds. (1964)：Handbook of mathematical functions with formulas,

graphs, and mathematical tables, National Bureau of Standards Applied Mathematics Series, 55, 255-941

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

天野正博，熊崎実，野田巌(1985)：森林計画のシステム分析，計画行政，15，44-50

AMANO, Masahiro and NODA, Iwao(1987)：Japanese wood supply in the future and the effects of air pollutants, Proceedings of a workshop held in Krakow, Poland, IIASA, WP-87-15, 515-522

HENDERSON,J.M. and QUANDT,R.E.(1971): A mathematical approach -Second edition, McGraw-Hill Book. 小宮隆太郎，兼光秀郎訳(1973)：現代経済学第2版，創文社，544pp.

稲葉弘道(1987)：パソコンによる計量経済分析，農林統計協会，108-112

近藤次郎(1983)：システム分析, 丸善，271pp.

NAYLOR,T.H. and BALINTFY,J.L. and BURDICK,D.S. and CHU,K.(1966)：Computer simulation techniques, John Wiley & Sons. 水野幸男，小柳芳雄訳(1971)：コンピュータシミュレーション，培風館，23-42

野田巌，天野正博(1987)：民有林における木材供給予測(III)ー木材需給予測システムー，98回日林論，101-104

野田巌，天野正博(1988)：森林計画システム利用の手引，58pp.，林野庁

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)，林野庁企画課，122pp.

森林計画研究会編(1987)：新たな森林・林業の長期ビジョン，地球社，415pp.

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

A Study on Forecasting Yield for Regional Private Forest Planning (II)
- Development of a new yield forecasting model -

NODA, Iwao

Summary

The establishment of a reasonable forest plan, based on the precise prediction of yield and forest resources has become extremely important. However, forecasts based on the gentan probability method, which has been used as a yield prediction method for 30 years or more, different greatly from actual data. Thus, the gentan probability method doesn't work well as a prediction model. Therefore, this research was desired to establish a new precise yield prediction method to establish local forest plans for private forests and to contribute to the establishment of nation-wide forest plans. The methods and results are summarized in this paper.

In Chapter 2, the new yield prediction model is shown. The new model was developed based on modifications to the gentan probability method, which were explained in the previous report. The following are the main features of this model.

(a) From trends of the gentan probability parameters, the estimated gentan probability parameters in prospective periods are set corresponding to changes in economic conditions.

(b) Yield prediction is done after dividing a forest between the passive group (the gentan probability group) where production activities are passive, and the active group (the non-gentan probability group). The size of the gentan probability group changes every period.

(c) Calculation units are set according to differences in the gentan probability parameters, such as in species, and accessibility classes.

(d) As standing areas in accessibility classes may change as forest roads are constructed, the accessibility classes should be reassessed every period.

(e) Changes in species constitution by planting after felling are expressed as the transition rate of species in the period.

(f) Thinning is undertaken in the forest of the gentan probability group, and the yield amount is predicted by the gentan probability method.

Next, the reproducibility and the forecasting precision were evaluated in order to investigate the effectiveness of the new yield prediction model, by tests applied to the Hidagawa local forest planning area. Standing areas, areas felled and yields were reproduced with high precision, compared with actual values. However, standing areas, areas felled, and yields were forecasted accurately. Therefore, it was concluded that this new prediction model is very worthy as a yield prediction method in a local forest plan.

In Chapter 3, the "timber supply and demand prediction system" is presented. In this system, the yield prediction model is connected with the existing timber demand prediction model through the log-market model. The yield prediction in all the private man-made forests was predicted in order to investigate whether this system can be applied to the nation-wide forest planning. The results showed that for the standing areas, areas felled, yields and timber demands calculated synchronously, the reproducibility of this system and the prediction accuracy were by very higher. Therefore it was concluded that the timber supply and demand prediction system could be utilized effectively predicts the yield amount, forest resources, and demand for

Received September 11, 1998
Kyushu research center

forest products, which are necessary in the nation-wide forest planning. It also became apparent that the system could be utilized as a decision support system to get information on policies.