

森林資源の将来予測における減反率法の適用と課題

黒川 泰亨*・戸田 英輝**
平成13年7月2日受付

*鳥取大学農学部森林科学講座, **元鳥取大学大学院農学研究所

An Application and Problems of the Prediction of Forest Resources Using the Gentan Probability Theory

Yasuaki Kurokawa* and Eiki Toda**

*Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan

**Ex-The Graduate School of Agricultural Science, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan

A content and trend of forest resources are more important for inhabitants and economic activity at the mountain village region. Therefore the prediction of forest resources over a long period is very significant. A kind of Markov Process in the theory of stochastic processes was applied in this paper. This paper examined whether any result came out when the Gentan probability theory was applied to the prediction of forest resources according to a kind of sensitivity analysis and simulation method to verify the effectiveness and the limit of this Gentan probability theory at a small mountain village in Tottori Prefecture in Japan. The results of this paper were presented to the forestry-interested party of the local area, and some points in which they differed from the actualities were pointed out, but the results of the paper are more useful for the long-term prediction of the man-made forest resources. It is considered that these results of this method can give some useful suggestions for the management of forest resources in the future.

(Received 2 July 2001)

Key words: Markov process, Gentan probability theory, forest resources prediction, simulation

緒言

森林資源の将来予測は、地域産業の計画樹立の場合などにおいて重要な問題となる。森林および林業政策の展開に際しては、林木生産期間の超長期性、成熟期や収穫時期の不明瞭性や可変性など森林の持つ諸特性から、短期的視点からの動向にとらわれず長期的視点から森林資源の将来動向を予測し、生産基盤の整備や充実に関する方針を決定する必要がある。

従来から、わが国では森林計画の策定において国産材の供給予測を体系的に行う方法として減反率法が広く採用されてきた。減反率法が有効に利用できる場合も多いが問題点も多く指摘されている。本稿は、前号[2]の

不備を補うとともに、減反率法を実際に適用した場合の課題について感度分析などをもとにして二三の検討を加える。なおデータ類の収集は戸田が、コンピュータ・プログラムの作成と解析は黒川が担当した。

減反率法の意義

減反率法は、ある林分が種々の林齢で伐採される確率を示す減反率分布によって林齢別の伐採行動が統計的に説明できるというものである。この減反率法は多くの優れた特徴を持つが、同時に幾つかの問題点が指摘されてきた。方法論上の誤りとして、予測期間を通じて伐採年齢分布の平均と分散が概ね安定的に推移するという前提を

おくことが指摘されている[6,7]。

個別林家が保有する森林資源の将来予測は、面積規模も小さく、また伐採や植栽に関する動機も個別林家のライフサイクル等に合わせて容易に把握できるので比較的簡単である。しかし個別経営の集合としての地域全体の森林資源の将来動向を予測することは必ずしも容易ではない。このことはミクロ経済よりマクロ経済を導き出す集計の問題と似ている。

ミクロ分析とマクロ分析の関連は、個別主体の行動から集計量の間に成立する行動様式への集計という操作を通過することが求められる。集計的な関係は個別の経済主体の行動の結果であるとし、個別の動きを説明してそれを合計すると全体の動きになるとするものであるが、多数が集合して初めて起こる問題もあり、両者の乖離が従来から問題にされてきた。

集計の概念からすると、森林資源に関しても個別林家の植伐動向を地域全体で集計すれば、個別林家の集合である地域全体の森林資源の予測につながることは必ずである。しかし、この作業は決して容易ではない。また個別林家の行動様式のすべてが経済合理性にもとづくとは限らない点もこのことを困難なものにしている。これらを克服するものとして、地域全体の森林資源の将来予測に確率論的な方法を導入したのが減反率の理論であると言える。

本稿では、鳥取県智頭町の民有人工林を対象として、伐採分布の平均と分散が変化した場合に如何なる結果を招来するかを感度分析やシミュレーション的方法によって減反率法に関するケーススタディを行い、その有効性と問題点を検討する。本稿は、智頭町の森林資源について将来における構造を正確に予測して森林林業行政に直接役立てることを目的とするものではない。

智頭町民有林の概況

事例として取り上げた鳥取県八頭郡智頭町の森林と林業について概観しておきたい。智頭林業はスギ赤挿し苗で成立した用材林仕立ての歴史の古い林業地である。1999年度鳥取県林業統計によれば、智頭町の総土地面積22,461ha、総林野面積20,877haで、林野率が92.9%に達している。民有林野面積は17,230ha(蓄積:250.0m³/ha)、うち人工林13,523ha(蓄積:287.8m³/ha)、天然林3,466ha(蓄積:120.1m³/ha)、竹林38ha、伐採跡地8ha、未立木地189ha、除地6haとなっている。人工林率は78.5%で鳥取県下でも最高率である。ちなみに鳥取県全域の民有林人工林率は53.7%、わが国全域の民有林人工林率は46.0%である。智頭町の森林資源は充実の方向にあり、いわゆ

第1表 人工林の現況(智頭町・民有人工林)

樹種	面積(ha)	蓄積	
		総量(m ³)	平均(m ³ /ha)
総数	13,785	3,987,140	289.5
スギ	8,704	2,969,717	341.2
ヒノキ	4,637	915,997	132.8
マツ	432	98,049	227.0
その他	13	3,377	259.8

注)平成11年度鳥取県統計
(鳥取県農林水産部:平成12年3月)

る智頭林業地の中核部分を形成している。本町の針葉樹人工林の概要は第1表のとおりである。

当町の場合、人工林に占めるスギの割合が圧倒的に高く山陰地方におけるスギ材の主要産地を形成している。歴史的に見れば、藩政時代に鳥取藩が山林の荒廃を憂い、藩有林に大規模な造林を開始したことが現在の智頭林業の源流となっている。明治期より天然スギによる赤挿し苗が試みられ、これがいわゆる沖の山スギとして大規模に普及した[1]。藩政時代から明治期にかけて地元需要に対応した建築材や樽丸材を主として生産してきた。従来の千代川筏流から鉄道やトラックによる陸路輸送への転換が進むつれて特殊用材から一般用材の生産へと展開し、近年では長伐期大径優良材生産を目標に桁丸太の生産も行われている。町内生産材の70%以上が県外へ流出し、豊富な中目材産地として推移してきた当林業地の変貌も激しいものがある[4]。

全国的な動向と同様に、当地域の場合も材価の長期低迷による育林投資の採算性の低下や後継者不在や労働力不足などで近年は伐採活動が低下している。主伐面積が縮小し、間伐による収穫の確保が中心となっている。つまり後述する保存率曲線の右シフトが着実に進行している状況にあると言える[14]。従って、減反率法の適用そのものが難しい状況となっているが、当地の主力樹種であるスギ人工林に限定して減反率法によって森林資源の将来予測に関する幾つかの感度分析とシミュレーションを試みて減反率法の有効性を検討する。

減反率法による森林資源の将来予測

減反率法の理論について若干の予備的検討をしておきたい。森林の林齢配置をその齢級別面積を成分とするベクトルで表現し林齢ベクトルと呼んでいる。一般に任意の分期の林齢ベクトル

$$\omega = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$$

は、1分期後には他の林齢ベクトル

$$\omega' = (\alpha_0', \alpha_1', \alpha_2', \dots, \alpha_n')$$

に変化する。いまj齢級の林分が1分期後にk齢級に遷移

する確率を $p_{j,k}$ とすると、

$$\alpha_k' = \alpha_0 p_{0,k} + \alpha_1 p_{1,k} + \dots + \alpha_n p_{n,k}$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, n$$

が成り立つ。従って、年齢遷移確率 $p_{j,k}$ を並べて

$$\mathbf{P} = (p_{j,k})$$

$$j, k = 0, 1, 2, \dots, n$$

という遷移確率行列を作れば、 ω から ω' への動きは以下のように表現できる。

$$\omega' = \omega \mathbf{P}$$

同様に次の分期における林齢ベクトル ω'' についても、その年齢遷移行列を \mathbf{R} とすれば、以下のように表現することができる。

$$\omega'' = \omega' \mathbf{R} = (\omega \mathbf{P}) \mathbf{R} = \omega (\mathbf{P} \mathbf{R})$$

ここで行列 $\mathbf{P}, \mathbf{R}, \dots$ などのすべての成分は非負で各行の和は1である。このような行列を確率行列というが、あるものの状態の遷移が同じ確率行列を逐次適用することによって得られるとき、これらはいわゆるマルコフ連鎖となる。各分期の年齢遷移行列が同じであると仮定すると、林齢ベクトルの全体はマルコフ連鎖をなす。このような構造を持つ林齢ベクトルの全体を林齢空間と呼んでいる[9]。

マルコフ性、すなわち現在の状態を与えられ将来の状態の推移が過去の履歴に依存しないという性質を満足するものをマルコフ過程と呼ぶが、かなり複雑なシステムでもマルコフ過程を用いて定義することができる。しかも状態が離散の場合にはコンピュータで容易に解析ができるので応用範囲が広い。初期分布に依存せず時間の経過によって平衡分布あるいは定常分布と呼ばれる一定の確率ベクトルに収束するとき、マルコフ連鎖はエルゴード的であるというが[5]、林齢空間もこのような性質を有している。

林齢空間の理論によれば、特定の森林を対象として安定した伐採確率に従って伐採と植栽を逐次繰り返していくと、出発点で如何なる年齢構成を持つ森林であっても、何れは安定した年齢構成を持つ森林の状態に収束することになる。理想としての理想的森林組織を備えたものが法正林であるとし、法正林の造成が森林経営の理想とする目標であるというのが法正林思想であるが、林齢ベクトルの平衡状態はある種の法正林の形態を示しているとも考えられる。

減反率推定の意義

減反率は森林が植栽されてから伐採されるまでの一種の待ち時間に関する確率とも考えられる。ある分期に植栽された林分がちょうど j 年齢で伐採される確率を j 年齢

の減反率と呼び、 $q(j)$ と定義する。よって新植された林分が j 年齢までに伐採されずに残存している確率は、

$$1 - q(1) - q(2) - q(3) - \dots - q(j-1)$$

で表される。これを j 年齢の保存率という。従って、現在 j 年齢の森林が第1分期に伐採される確率 $q(j, 1)$ は、以下に示すように保存率のうちの減反率となる。これを j 年齢の森林に関する第1分期の減反率という。

$$q(j, 1) = q(j) / [1 - q(1) - q(2) - \dots - q(j-1)]$$

同様にすでに j 年齢の森林に関する第 k 分期の減反率は以下ようになる。

$$q(j, k) = q(j+k-1) / [1 - q(1) - q(2) - \dots - q(j-1)]$$

この減反率を使用して伐採面積および保続面積を計算し、これによって将来の各分期における伐採面積、伐採材積と林分蓄積を年齢別に予測する方法が減反率法の基本的考え方である[13]。鈴木は簡単な仮定を使用して森林の寿命が t 年齢となる確率が、次式で計算できることを導いた[9]。

$$F_M(t) = e^{-mt} (mt)^{M-1} \cdot m / (M-1)!$$

従って、計画対象地の平均伐採齢 $E(t)$ と伐採分散 $\sigma^2(t)$ は、

$$E(t) = M/m, \quad \sigma^2(t) = M/m^2$$

によって求められる。

減反率 $q(t)$ は林分の寿命が j 年齢と $j+1$ 年齢の間にある確率であるから、次式で求められる。

$$q(j) = \int_j^{j+1} F_M(t) dt$$

この積分は

$$M = n/2, \quad mt = \chi^2/2$$

とおくと自由度 n の χ^2 分布であって、 χ^2 分布表を使用して計算できる。本稿では、 $\bar{t} = M/m$ 、 $\sigma^2 = M/m^2$ とし、自由度 $2M$ の χ^2 分布表から減反率曲線を描き、グラフの横軸を $2m$ 間隔に分割し、 $2m(j)$ と $2m(j+1)$ の2点間における縦軸の差が j 年齢の減反率 $q(j)$ に相当するものとして計算した[8]。なお自由度 $n > 30$ の場合には、与えられた p に対する χ_p^2 の値は下記の近似式で計算できる。本稿の場合、自由度 $n > 49$ であるので、この近似式を使用して確率の計算を行った[3]。

$$\chi_p^2 = \{Z_p + (2n-1)^{0.5}\}^2 / 2$$

減反率の計算では、伐採齢の平均と分散を求めるのに1分期間の年齢別伐採面積の値を使用するのが一般的である。これが可能となるのは毎分期の伐採面積の変動が概ね均等であることを前提としているが、現実には各分期の年齢別伐採面積に変動が認められる[10, 11]。このことが減反率法による森林資源の将来予測を不確かなものにして一因とも言える。これを回避するために標

本減反率を時間打ち切り標本として捉え、伐採齢の平均と分散を推定する方法などが提案されているが[12]、本稿では従来方法を踏襲して減反率を計算した。

実際に平均伐採齢と伐採齢分散を計算する場合には必ずしも年齢別の実伐採面積を必要とせず、総伐採面積に占める年齢別伐採面積の比率(ウェイト)に関する情報があれば十分である。照査法によって把握した鳥取県全域の年齢別伐採面積(1992~1996年)を見ると、12~15年齢に大きなピークがあってこの時期に伐採が集中していることが分かる。鳥取県全域の平均伐採齢と伐採齢分散は次のとおりであった[2]。

$$\text{平均伐採齢 } \bar{t} = 12.83$$

$$\text{伐採齢分散 } \sigma^2 = 7.23$$

松下らが熊本県小国町において伐採届けより集計した規模別主伐件数(1985~1990年)[9]を使用して筆者が計算したところ、平均伐採齢と伐採齢の分散は以下のとおりとなった。鳥取県の場合と比較すると平均伐採齢は2.5年齢低く伐採齢の分散は1.9だけ大きくなっている。

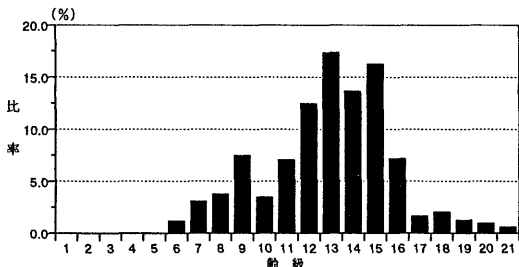
$$\text{平均伐採齢 } \bar{t} = 10.37$$

$$\text{伐採齢分散 } \sigma^2 = 9.13$$

私有林所有者の何にもとづいて伐採性向が決まるのか、この伐採性向が将来どのように推移するかを的確に予測することは、減反率法による森林資源の将来予測における重要な課題であり、今後の研究によるところが大きい。減反率法をより確実なものにするためには、伐採性向が経時的に動くのか、材価や搬出コストを反映して動くのか、地域差があるか、樹種間に差異があるか等の解明が必要となってくる[6]。

智頭町における減反率の推定

八頭地方農林振興局や智頭町役場における資料類を突き合わせても智頭町スギ林に関する年齢別の伐採面積の実面積を把握することは容易ではなかった。森林計画制度にもとづく伐採届けも町段階では集計されておらず、伐採された森林の面積と林齢を十分把握できなかった。



第1図 伐採齢の分布(智頭町)

そこで、これらの資料を参考にし林家に対する聞き取り調査の結果等をもとにして年齢別の伐採面積の比率を推定した。1993~1997年における年齢別伐採面積の比率を示したものが第1図である。この比率についての信憑性がある程度確保できているということを前提として、平均伐採齢と分散を計算すれば以下のようになった[2]。

$$\text{平均伐採齢 } \bar{t} = 12.9083$$

$$\text{伐採齢分散 } \sigma^2 = 7.9393$$

前号[2]では、この平均伐採齢と伐採齢分散の値をそのまま使用して森林資源の将来予測を行ったが、長伐期化が着実に進行し、伐採確率の上方シフトが徐々に進んでいることを受けて、本稿ではこの平均伐採齢が変化した場合に如何なる結果が出るについて以下の3ケースを想定して感度分析の形で検討した。なお本稿では伐採齢の分散は変化しないと仮定している。

$$\text{ケース1: 平均伐採齢 } \bar{t} = 13.91$$

$$\text{ケース2: 平均伐採齢 } \bar{t} = 14.91$$

$$\text{ケース3: 平均伐採齢 } \bar{t} = 15.91$$

平均伐採齢と伐採齢分散から m 、 M を計算し、 χ^2 分布の自由度 n を計算すると以下ようになる。

$$\text{ケース1: } m = 1.752, M = 24.370, n = 49$$

$$\text{ケース2: } m = 1.878, M = 28.001, n = 56$$

$$\text{ケース3: } m = 2.004, M = 31.884, n = 64$$

それぞれの自由度を持つ χ^2 分布グラフ上の横軸に $2m$ 間隔で点を取り、この各点から垂線を立ててこれとグラフの交点の縦軸に関する値が各年齢における保存率となるが、グラフ上でこの値を正確に把握するのは容易では

第2表 保存率と減反率

年齢	保存率 (%)			減反率 (%)		
	ケース			ケース		
	1	2	3	1	2	3
1	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
2	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
3	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
4	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
5	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00
6	100.00	100.00	100.00	0.40	0.20	0.10
7	99.60	99.80	99.90	0.94	0.50	0.20
8	98.66	99.30	99.70	2.21	1.17	0.25
9	96.45	98.13	99.45	4.96	2.34	0.54
10	91.49	95.79	98.91	7.94	4.70	1.86
11	83.55	91.09	97.05	10.60	7.58	4.82
12	72.95	83.51	92.23	12.26	10.32	8.18
13	60.69	73.19	84.05	13.18	11.99	10.73
14	47.51	61.20	73.32	12.96	13.18	12.20
15	34.55	48.02	61.12	11.96	12.61	13.17
16	22.59	35.41	47.95	9.27	11.66	13.00
17	13.32	23.75	34.95	6.02	9.70	12.19
18	7.30	14.05	22.76	3.55	6.62	10.27
19	3.75	7.43	12.49	2.20	4.13	7.04
20	1.55	3.30	5.45	1.05	2.25	3.90
21以上	0.50	1.05	1.55	0.50	1.05	1.55
合計				100.00	100.00	100.00

ないため、本稿では、便宜的に χ^2 分布曲線に対して8次の回帰式を当てはめ(自由度調整済み重相関係数: ケース1:0.999689, ケース2:0.999004, ケース3:0.999694), 2mの倍数に相当する値を代入して各齢級に対応する保存率を計算し, 保存率をもとにして減反率を算出した面積が若干増減する。この結果を第2表に示した。

減反率法による森林資源の予測と問題

智頭町の森林資源の把握には, 鳥取県農林水産部林務課による「人工林施業方法別・制普別・伐採方法別森林資源構成表」(平成7年度調査, 平成8年度発表)を使用した。この表には, 樹種別・齢級別・制普別(制限林と普通林の略)・施業方法別(単層林と複層林)の面積, 蓄積, 成長量が記載されていて, 市町村段階における森林資源を把握するのに信憑性の高いものである。

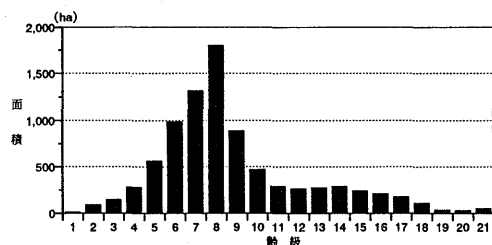
第3表は, この資源構成表から抜粋した智頭町の民有人工林(スギ)の齢級別面積・蓄積および単位蓄積を示したものである。これをもとにして計画初期の齢級別森林面積と蓄積を示したものが第2図と第3図である。当町の場合も全国的傾向と同じく7~9齢級の林分が相対的に多い。この資源の将来を描くことが本稿の目的である。第3表に示す森林資源を初期状態とし, 計画期間を20分期(1分期=5年)としてケース1~3について分期の推移に伴ったこの森林資源の動態を検討し, 森林資源の将来を予測する。

第3表 齢級別面積と蓄積(智頭町)

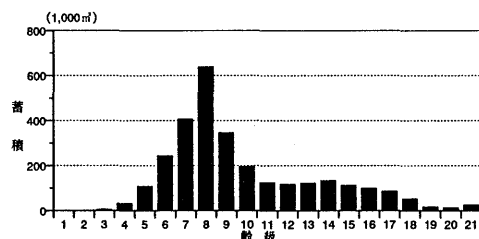
齢級	面積 (ha)	蓄積 (m^3)	単位蓄積 (m^3/ha)
1	13.3	17	1.3
2	94.0	1,259	13.4
3	151.0	7,637	50.6
4	286.2	33,668	117.6
5	566.7	109,561	193.3
6	991.0	245,535	247.8
7	1,320.9	408,934	309.6
8	1,805.1	640,364	354.8
9	891.2	347,251	389.6
10	472.8	196,719	416.1
11	293.0	127,639	435.6
12	267.3	119,517	447.1
13	278.3	124,907	448.8
14	292.9	135,730	463.4
15	245.2	115,338	470.4
16	212.2	101,393	477.8
17	181.0	87,305	482.3
18	112.0	54,703	488.4
19	37.3	18,348	491.9
20	31.6	15,621	494.3
21以上	54.8	27,101	494.5
合計	8,597.7	2,918,547	

注)人工林施業方法別・制普別・伐採方法別森林資源構成表(平成8年度鳥取県農林水産部林務課資料)による。

本稿では, 当分期に伐採された森林面積のうち60%は当分期内に再造林され, 残りの40%は次分期に持ち越しで再造林されるものと仮定している。またスギに関する拡大造林面積は, 最近の状況を反映させて計画分期内はすべて各分期ごとに10haと仮定している。従って, 減反率法の計算過程から分期ごとに森林面積が変わることがあるが何ら問題はない。



第2図 齢級別森林面積(智頭町)



第3図 齢級別森林蓄積(智頭町)

第4表はケース1について第4分期首~第10分期首に関して1分期おきに50年間における齢級別の森林面積の推移を示したものである。ケース1は平均伐採齢が低いので, 当然ながら早い段階で齢級の低い森林が伐採の対象となる。分期の進行とともに齢級別の森林面積が平準化されていくが, 計算によれば計画初期に存在する林分が概ね伐採され消滅して新生林分に置換されることになる。第21分期末以降にこの安定状態が形成される。いわゆる法正林形が形成されるまでに約100年という長期のスパンを要することになる。

同様に, 第5表はケース2について第4分期首~第10分期首に関して1分期おきに齢級別の森林面積の推移を示したものである。ケース2と比較して平均伐採齢が1齢級相当分上昇しているぶん, 伐採対象となる森林が計画分期の後方へシフトしていくことが分かる。計画期首に存在した1,800haに達する8齢級の主力林分は第4分期首には11齢級にシフトし, さらに第8分期首には15齢級にシフトして, 第10分期首にはほぼ完全に姿を消すことになる。計画分期の進行とともに伐採対象とされて新生林分に置換されていく。

第6表は, ケース3の場合に関して第4分期首~第10分

第4表 分期別・齢級別森林面積(ケース1)

齢級	4分期首	6分期首	8分期首	10分期首
1	733.8	818.7	854.4	745.6
2	744.6	772.8	850.7	820.6
3	483.5	733.8	818.7	854.4
4	13.3	744.6	772.8	850.7
5	94.0	483.5	733.8	818.7
6	151.0	13.3	744.6	772.8
7	285.1	93.6	481.6	730.9
8	559.1	149.0	13.1	734.6
9	955.8	276.0	90.7	466.5
10	1,213.3	518.5	138.2	12.2
11	1,528.6	828.0	239.1	78.5
12	674.1	967.5	413.4	110.2
13	313.6	1,110.4	601.4	173.7
14	166.6	439.0	630.1	269.2
15	126.6	178.5	632.1	342.4
16	103.6	79.5	208.7	299.6
17	82.1	48.8	68.8	243.7
18	51.8	33.5	25.6	67.5
19	35.2	23.1	13.7	19.4
20	21.1	11.0	7.1	5.4
21以上	7.7	4.7	3.1	1.8
	8,344.6	8,327.5	8,341.8	8,418.5

単位:ha

第5表 分期別・齢級別森林面積(ケース2)

齢級	4分期首	6分期首	8分期首	10分期首
1	577.2	695.8	812.6	802.9
2	578.6	627.1	763.1	827.7
3	379.1	577.2	695.8	812.6
4	13.3	578.6	627.1	763.1
5	94.0	379.1	577.2	695.8
6	151.0	13.3	578.6	627.1
7	285.6	93.8	378.4	576.1
8	562.7	149.9	13.2	574.6
9	972.5	280.8	92.2	372.1
10	1,267.8	542.8	144.6	12.7
11	1,655.9	902.7	260.7	85.6
12	758.4	1,105.3	473.3	126.1
13	361.3	1,330.5	725.3	209.5
14	196.9	555.8	810.0	346.8
15	153.7	237.0	872.9	475.9
16	134.6	113.9	321.6	468.7
17	113.7	76.0	117.2	431.7
18	71.7	53.4	45.2	127.6
19	44.5	35.6	23.8	36.7
20	25.1	16.9	12.5	10.6
21以上	8.4	6.3	5.0	3.4
	8,406.2	8,372.0	8,350.5	8,387.3

単位:ha

期首について齢級別の森林面積の推移を示したものである。ケース1と比較して平均伐採齢が2齢級相当分上昇しているため、伐採対象となる森林がいつそう計画分期の後方へシフトしている。計画期首に存在した1,800haに達する8齢級の主力林分は、第10分期首になっても依然その姿を留めている。各林分は計画分期の進行とともに伐採され新生林分に置換されていくが、平均伐採齢が高くなると、計画初期に存在した若齢林分が長期間に亘

第6表 分期別・齢級別森林面積(ケース3)

齢級	4分期首	6分期首	8分期首	10分期首
1	444.5	575.1	749.5	829.5
2	448.1	494.5	667.1	807.4
3	300.2	444.5	575.1	749.5
4	13.3	448.1	494.5	667.1
5	94.0	300.2	444.5	575.1
6	151.0	13.3	448.1	494.5
7	285.9	93.9	299.9	444.0
8	565.0	150.5	13.3	446.7
9	985.6	284.6	93.5	298.7
10	1,307.8	560.5	149.4	13.2
11	1,757.1	961.8	277.8	91.2
12	826.5	1,219.5	522.7	139.3
13	401.8	1,521.8	832.9	240.6
14	221.4	657.0	969.5	415.5
15	177.1	292.2	1,106.6	605.7
16	158.8	144.8	429.7	634.0
17	139.6	101.3	167.1	632.8
18	91.3	75.4	68.7	204.0
19	55.3	49.9	36.2	59.7
20	28.2	21.9	18.0	16.5
21以上	7.6	6.9	6.2	4.5
	8,460.0	8,417.5	8,370.1	8,369.3

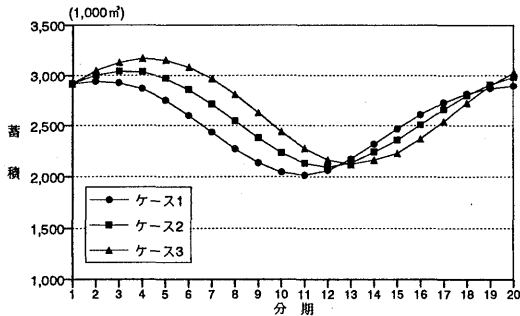
単位:ha

て残存することになる。

林齢空間の理論によれば、特定の森林を対象にして安定した伐採確率に従って伐採と植栽を繰り返していくと、出発点で如何なる齢級構成を持つ森林であっても何れは安定した齢級構成を持つ森林の状態に収束することになるが、第4表～第6表に示したとおり、計画分期の進行とともに齢級構成が安定化の方向に推移していく様子を数字上で確認できる。これにより林齢空間の理論を側面から裏付けることができる。さらに3つのケースを比較すると、平均伐採齢が高まるほど齢級構成が安定化するまでに長期間を要することも分かる。

第4図は、ケース1～3について総森林蓄積の推移を第1分期首～第20分期首に亘って示したものである。計画当初292万㎡あった森林蓄積は、ケース1の場合は計画分期の進行とともに減少していき第11分期首で199万㎡にまで減少するがその後増加に転じることになる。ケース2の場合は第3分期首まで若干増加し、その後減少に転じ第12分期首で202万㎡まで減少して、あとは増加に転じる。さらにケース3の場合は、第4分期首までは若干増加するもののその後減少に転じ第13分期首で205万㎡まで減少しその後徐々に増加の方向をたどる。

第4図からも明らかなおと、計画分期の推移とともに総森林蓄積は増減を繰り返しながら安定化の方向を辿るがその振幅は結構大きい。平均伐採齢が上昇するほどこの振幅は長くなり、平均伐採齢が低下するほど振幅は短くなって安定状態に到達する速度が速くなることが分かる。このことは、平均伐採齢が上昇すると齢級別の森



第4図 分期首総蓄積の推移

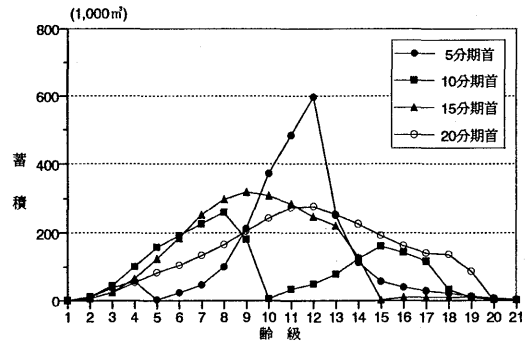
林面積が均等化するまでに要する期間が長くなることと符合している。安定後の総森林蓄積は約300万 m^3 のレベルで推移することになり、約348 m^3/ha のレベルで安定化する。時間の経過とともに植伐を反復しつつ計画当初の総森林蓄積は徐々に増加する方向に向かっていく。

次に、ケース1~3について年齢別森林蓄積の推移を示したものが第5図~第7図である。計画初期において大面積を持つ6~9年齢級の林分の動向が年齢別森林蓄積の推移に大きく影響するのは当然であるが、分期の進行に伴って徐々にその影響が小さくなり、森林蓄積が各年齢級に均等に分配されていくことが確認できる。

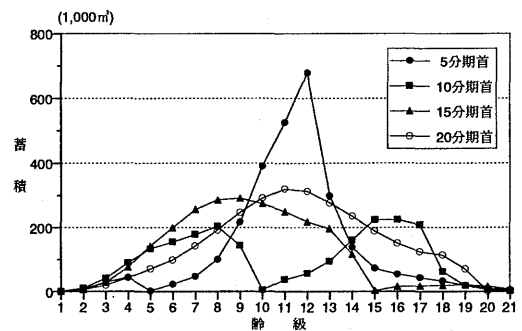
第5図はケース1について年齢別森林蓄積の推移を示したものである。これを見ると第5分期期までは計画当初の姿が残っているものの、第10分期まで進むと10~11年齢級の森林蓄積が極端に低下して中間年齢級の森林蓄積が少ない双峰型の非対称分布を形成することになる。第15分期まで進むと15年齢級以下の森林蓄積は正常な形に戻り、さらに第20分期まで進むと森林蓄積は12年齢級をモードとする正常な形になる。

ケース2について年齢別の森林蓄積の推移を第6図に示した。平均伐採年齢が1年齢相当分上昇すると第5分期期までは計画当初に存在した林分の姿が濃く残っている。これが第10分期まで進むと10~11年齢級の森林蓄積が極端に低下して中間年齢級の森林蓄積が少なくなるものの15~17年齢級の森林蓄積もなお残っている双峰型の分布となる。第15分期まで進むと中間年齢級の森林蓄積も徐々に正常な形に戻り、さらに第20分期まで進むと森林蓄積は11年齢級をモードとする正常な形になる。ケース1の場合と比較してケース2の場合平均伐採年齢が1年齢相当分上昇しているが、計画分期の推移とともに年齢別蓄積が低い年齢級をモードとする分布になる点が注目される。

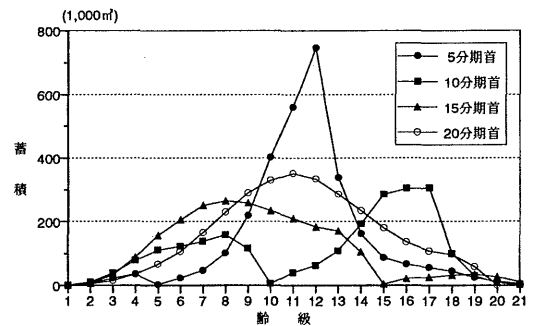
同様に、ケース3について年齢別の森林蓄積の推移を示したものが第7図である。第10分期まで進むと10~11年齢級の森林蓄積が極端に低下して中間年齢級の森林蓄積が少なくなるものの15~17年齢級の森林蓄積も多く残っている



第5図 年齢別期首蓄積の推移(ケース1)



第6図 年齢別期首蓄積の推移(ケース2)



第7図 年齢別期首蓄積の推移(ケース3)

る双峰型の分布となる。第15分期まで進むと中間年齢級の森林蓄積も正常な形に戻り、さらに第20分期まで時間が進むと森林蓄積は11年齢級をモードとする正常な形になる。ケース1~3を比較して、平均伐採年齢が上昇するに従って低い年齢級をモードとする森林蓄積の分布になる点が注目される。

智頭町スギの場合、伐採の大部分は間伐となっている。間伐面積を見ると1997年度129ha、1998年度161ha、1999年度208haとなっている。間伐の実績は着実に上がっているが皆伐は極く少ない。従って、最近の年齢別伐採面

積を把握することは容易ではなかった。かかる事情から過去の伐採実績から保存率曲線を導き、減反率を計算して、この減反率に従って森林の植伐を継続的に安定して繰り返してことを前提とした減反率法の適用は極めて厳しい環境にあったことは否めない。

本稿は幾つかの大胆な仮定をおいて計算したものである。従って、ここで示した智頭町スギ林に関する将来予測の結果は、必ずしも現実の姿に対応できていない点は率直に認めざるを得ない。本稿は、平均伐採齢が上昇したとき減反率理論の適用過程を通して森林資源の将来の構造に如何なる結果をもたらすかについて、二三の感度分析とシミュレーション的手法で検討した。昨今のように林業が長期低迷に陥り、植伐活動が異常な低レベルで長く続いている場合においては減反率法による森林資源の将来予測に誤差が生じるのはむしろ当然といえるが、減反率の効果的な推定方法が確立すれば、この理論は有効に適用できると考える。

謝 辞

本稿の作成にあたり諸資料の提供にご協力頂いた智頭町役場産業課の小坂明彦氏、鳥取県八頭地方農林振興局林業振興課の岸田淳氏ならびに鳥取県農林水産部林政課森林計画係の方々に謝意を表する。

引用文献

- 1) 久田喜二：智頭林業技術史，林業技術史，第1巻地方林業編(上)，日本林業技術協会，東京(1969) pp.251-256
- 2) 黒川泰亨・戸田英輝：減反率法による森林資源の将来予測に関する検討－鳥取県智頭町における民有人工林の事例について－，鳥大農研報，53:35-42(2000)
- 3) 森田優三・久次智雄：新統計概論(改訂版)，日本評論社，東京(1993)pp.394-395
- 4) 大北英太郎：智頭林業の変遷と課題，林業技術，704 :27-30(2000)
- 5) 大矢雅則・今井秀樹・小嶋泉・中村八束・廣田正義：数理情報学事典，朝倉書店，東京(1995) pp.970-973
- 6) Peter Blandon(ピータブランドン)：イギリス人が見た日本林業の将来，築地書館，東京(1996)pp.32-56
- 7) Peter Blandon : Unmanaged forests and forecasting using the Gentan Probability distribution, J.Jpn.For.Soc., 73: 187-191(1991)
- 8) 森林計画制度研究会：新版森林計画の実務，地球社，東京(1992)pp.142-145
- 9) 鈴木太七：森林経理学，朝倉書店，東京(1979) pp.124-131
- 10) 高橋護：スギ人工林の伐採性向について(Ⅰ)－山形県民有林における地利級別減反率の推定－，日林東北支誌，43:202-203(1991)
- 11) 高橋護：スギ人工林の伐採性向について(Ⅱ)－山形県民有林における時系列変化－，日林東北支誌，42 :73-75(1990)
- 12) 田中和博：時間打ち切り標本からの減反率の推定について，日林論集，90:123-124(1979)
- 13) 田中和博：森林計画学入門，森林計画学会出版局，東京(1996)pp.100-105
- 14) 智頭町・智頭町森林組合：智頭林業，智頭町森林組合・智頭町役場，鳥取(1995)pp.2-5