

木曾ヒノキ天然林の保続計画に関する研究 ——新しい視点からみた神宮備林の法正状態——

南雲秀次郎*・山本博一*

The Study of the Sustained-Yield Planning of Kiso-Hinoki Natural Forests

——A New Approach to Studies on the Normal States of
Reserve Forests for the Consturction of Ise Shrine——

Hidejiro NAGUMO* and Hirokazu YAMAMOTO*

I. はじめに

森林資源の特徴は、第一にそれが再生可能な循環資源であるという点にある。もし森林を適切に管理してゆくなれば、われわれは未来永劫にわたって間断なく収穫を続けてゆくことができる。

第二の特徴はこの資源が様々な公益的機能を保持していることにある。地上に降った雨は一時森林に貯留され、時間をおいて逐次河川に流出してゆくので、森林は緑のダムとも言われている。こうした水源涵養機能に加え、森林は保健休養の場の提供、土壌保全など多くの効用を担っている。

第三の特徴は、この資源が極めて破壊されやすいことである。それは、森林のかなりの部分が将来利用可能となる資源を生み出す原資であるのに、この原資と収穫可能の部分が不可分に結び付いているため、様々な理由により過剰な収穫がされやすいからである。そしていったん破壊されたならば、その回復には長い年月と多大な育成努力を必要とする。このような理由により、かつて森林で覆われていたヨーロッパでも人口増加や商工業の発達の結果、木材需要が増大し、18世紀末までにはあらかたの森林が伐り尽くされ、各地で深刻な木材飢饉が生じたという苦い歴史がある。また現在でも、アジア、アフリカの一部では日常の炊事や暖房の薪炭にも事欠くという状態にあるといわれている。

こうした反省から生まれた林学という学問には、最も重要な概念として「保続」がある。これは、永続的な収穫を計るべく森林を管理してゆかねばならないということである。

森林を管理・経営するための物的組織を研究することを中心的課題としてきた森林経営学がこの「保続」を森林経営の第一の指導原則として掲げてきたのは至極当然であった。

しかしこの「保続原則」が具体的にどのように森林経営の中で生かされるかという点については森林の経営目的やその目的を遂行する施業手段などによって変化する。

* 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

本研究は旧木曾御料林の時代に 20 年ごとに行われる式年遷宮に必要なヒノキ材を保続的に供給するためにたてられた計画を新しい視点から分析し、その収穫予定法を検討したものである。

この研究は、当初、信州大学の木平勇吉氏の木曾ヒノキを対象として「森林の伐採許容量と環境保全に関する研究」を行おうという提案で始まり、1983 年から 85 年までトヨタ財団の助成を受けた。その成果は、1985 年上記題名の報告書としてトヨタ財団に提出されている。本論文は、その中で筆者らが分担した部分を基礎として新たな知見を加えたものである。

本研究にあたり様々な御教示を賜った共同研究者の木平勇吉、原田文夫、末田達彦氏、またこの研究に資金援助をいただいたトヨタ財団に深く謝意を表する次第である。なお、本研究を進めるにあたり林業試験場木曾分場、名古屋大学森林経理学研究室から林分調査資料の提供を得た。

II. 保続概念と伐採許容量

森林が前述のような様々な効用を常時適切に発揮できることの前提は、森林環境が安定的に維持されていることである。こうした状態が森林の保全である。この森林の保全とは、森林が人々に様々な利用されながら常にその状態が再生産されていること、すなわち、森林が動的に安定状態にあることであると定義できる。森林を適切な方法で利用していくならば、それによって森林を安定的に維持してゆくことができるということをわれわれは長い森林利用の歴史の中から学んだのである。

森林の保全とは極めて多義的な内容を含んでいるが、その中で最も重要な問題が木材生産の保続ということであった。これに関連して伐採許容量という概念が生まれてきた。それはこの保続生産の可能な最大収穫量であると定義できる。

これまで木材は人々にとって家とか家具・農具などの素材として利用されてきた。また、それはほとんど唯一の燃料源でもあった。木材なしには人々の生活は成り立たなかった。したがって交通運輸手段が発達していなかった当時においては、周辺の森林からの木材収穫の保続がいかに重要であったかはこの点を考えても明らかであろう。

こうした森林資源の保全とか保続また伐採許容量という概念が社会的に認識されるようになったのは森林を乱伐することによって森林が荒廃したり、木材が不足してそれが社会的な問題となってからである。

森林資源が十分に存在している場合、人々にとって問題となることは、そこからいかに能率よく木材を伐採搬出するかということである。その結果、森林の伐採や集運材の技術が発達し木材が大量に伐り出されるようになる。こうして森林資源が減少しこのままでは資源がいずれ枯渇するのということが明らかになると、はじめて人々の前に、いかに森林資源を管理してゆくかという問題が提起される。そこで森林を管理する方法とか、森林を再生させる技術が発達してくる。こうした状況は、ヨーロッパでは既に 14 世紀から、また、わが国でも徳川時代には各地で生じている。

ところで適切な収穫量とはどのようにして決まるのであろうか。森林収穫量は一般的には所与の森林に於て大きければ大きいほど好ましいことは明かである。しかし、その量がある限界を超えると、将来、収穫を続けることができなくなるような事態の生ずる危険性がある。そこで生産の保続が可能である収穫量＝伐採許容量をいかにして決定するかが森林経営上の重要な課題となったのである。

保続生産が保障されるための十分条件は、収穫量を森林の成長量以下に抑えることである。これは現在でも森林を管理経営する上での根本的原則である。収穫技術を体系化した森林経営学の中の収穫予定法でも、その根底にこの思想がある。

しかし、この森林からの収穫を成長量以下に抑えるという思想を現実に適用しようとする場合多くの問題が生じてくる。

先ず第一は何を保続するかという問題である。木材は質的にも多様である。この多様なものの中で一体何を保続するのかということが問題なのである。最も単純な保続とは、木材の質を捨象した量だけの保続である。木材を単に量としてみるのには、例えば住民がこれを日常生活で炊事や暖房用等に利用する場合が典型的である。このような保続は歴史的にも最初に現れた保続概念であり、これが基本的なものである。しかし、木材を商品として取引の対象に使用する場合には単に量的なもの以外に質的な面も考慮されるようになる。この場合、市場で素材として一定以上の価値の認められたものの保続が考え出されてくる。例えば木曾の五木というように樹種が限定されたり、それらが目通り七寸以上でなければならないというような様々な規定をもった素材の保続生産が問題となるのである。したがって、こうした収入に大きく寄与する木材の生産の保続が重要なのである。

このように何を保続の対象とするかということは社会経済的要請及び当該森林の経営者の意志によって様々に変化する。

第二の問題は伐採許容量を決定するために森林成長量を如何に査定するかということである。これは森林計測とそれに基づく成長予測の問題である。計測の対象としての森林資源には次のような特徴がある。

- ① 形が複雑で重量が重いこと
- ② 山野にあって直立しており動かすことのできないこと
- ③ 大量のものを取り扱わなければならないこと
- ④ 成長するものであること。この成長量の査定では、論理的には蓄積査定の場合の2倍の誤差をもつ。

以上のような特徴から、森林の計測は極めて労多くしかもその精度は低いものとならざるをえない。このように現在と将来を含めた資源量の把握には必然的に大きな誤差を伴うため、現実に伐採量を決定しようとする場合、本質的には森林の成長量を基準にするとしてもこれには安全度をかけることが必要となる。このように様々な側面から安全度がかけられて決定されるのが伐採許容量である。

蓄積や成長量の把握が困難な場合には、より確実に保続を守るために、時として伐採量の基準が木材の量ではなくて森林の面積であったりする場合もある。これは森林成長量を面積を単位として査定したものであり、保続生産の手段としては最も単純かつ確実性がある。

このように伐採許容量を決定する方法は極めて多様である。その手続きは収穫予定法として森林経営学の中で体系づけられている。しかし、それが現実の経営の中でとる姿は必ずしも明確ではない。筆者らは旧木曾御料林において当局が伊勢神宮の式年遷宮に必要なヒノキ材を保続生産するために備林面積を決定した計画に興味をもった。その過程は当時の御料林の施業の最高責任者であった倉田吉雄氏の「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」に詳しく述べられている。そこで、筆者らはそれとほぼ同じ資料を用いて新しい視点から同じ目的の計画をたてたならばどのように

なるかを研究したのである。

Ⅲ. 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」の概要

徳川時代のほぼ 250 年間、木曾山林では、尾張藩の厳しい資源管理の下で保続生産がおこなわれてきた。明治 2 年それは官林に移管されたが、明治 22 年には帝室御料林に編入され、ここに近代的な林業経営が行われることとなった。

その経営目的は生産の保続と収益の増殖をはかることであった。そこで御料林では江戸時代から行われてきた施業方法の一部を改め、造林適地にある天然木を皆伐し、跡地に主としてヒノキを植栽し、従来 250 年から 300 年を要したヒノキ材生産期間を 100 年以内に短縮させることを意図した。このように御料林が目的としたところは価値の高い林木を殖やし、その成長を促進させることにより、より高い貨幣収入の保続をはかることであった。

しかしこれとは別に、御料林には 20 年ごとの伊勢神宮の式年遷宮に必要なヒノキを保続的に供給するという使命があった。そこで当局は普通施業林とは別に神宮備林を設定し、そこで特別施業を実施してゆくことにした。

ここで要求されたことは、最も厳密な意味で必要とされる質および量の双方を満足する天然ヒノキ材の保続生産であった。御料林当局は明治 39 年の施業案編成にあたりこの目的のために 8434 ha の備林を指定した。しかし、この区域がその目的に対して適切であるか否かについては懸念があった。そこで倉田を指導者として昭和 6 年から調査が行われ、昭和 9 年にその調査が終了した。この結果から御料林は式年遷宮に必要なヒノキ材を保続的に供給しうる神宮備林を決定した。倉田はこの研究成果を「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」として昭和 14 年に発表した。

この研究は極めて興味深い。ここでの「伐採許容量」とは通常の場合のような資源量から結果として出てくるものではなく、与件としてあるのは伐採必要量であった。すなわち、ヒノキ天然林分が通常の成長をしている場合に、安全度をかけてどの程度の森林面積を確保すれば安全確実に必要とするヒノキ材を保続的に供給できるかということであった。いま、この内容を原論文に基づいて考えでゆくことにしよう。

前述のように神宮備林とは、20 年ごとに改築される伊勢神宮の造営に必要なヒノキ材（以下、倉田の論文にしたがい「御造管用材」という）を、供給するために木曾御料林中のヒノキ大材のある区域を特定した、一般施業林と区別された森林である。明治 32 年の遷宮に際し将来ヒノキ大材の供給が困難となることが予想されたので、明治 39 年以降の施業案においては特定のヒノキ大材生産のための区域を定めた。その面積は約 8434 ha、うち 1960 ha を永久備林、6474 ha を臨時備林と称した。臨時備林は永久備林がその目的を達するまでの間（約 100 年）これを補給する林地とし、その必要がなくなれば漸次一般施業林に復帰させる方針であった。しかし、これは大まかな取り決めであって、ただ一定区域の保存林を設定したに過ぎず、ここから御造管用材を永久に供給できるかどうか、その面積が妥当なものであるかどうかは明確でなかった。そこで、昭和 6 年以降実地調査を行い、昭和 9 年に神宮備林の施業案を改訂した。この結果、従来の神宮備林の中から、ヒノキ大材の生産に最も適した区域を選び、これを永久備林に代えて、第一備林とした。すなわち、永久備林 1960 ha は第一備林 4484 ha に、臨時備林 6474 ha は第二備林 1777 ha と第三備林 1965 ha との変更することにした。ここで、第一備林は法正蓄積を包蔵する神宮備林の理論的最小面積として設定した。また、臨時の遷宮または予期せざる特殊の用途を顧

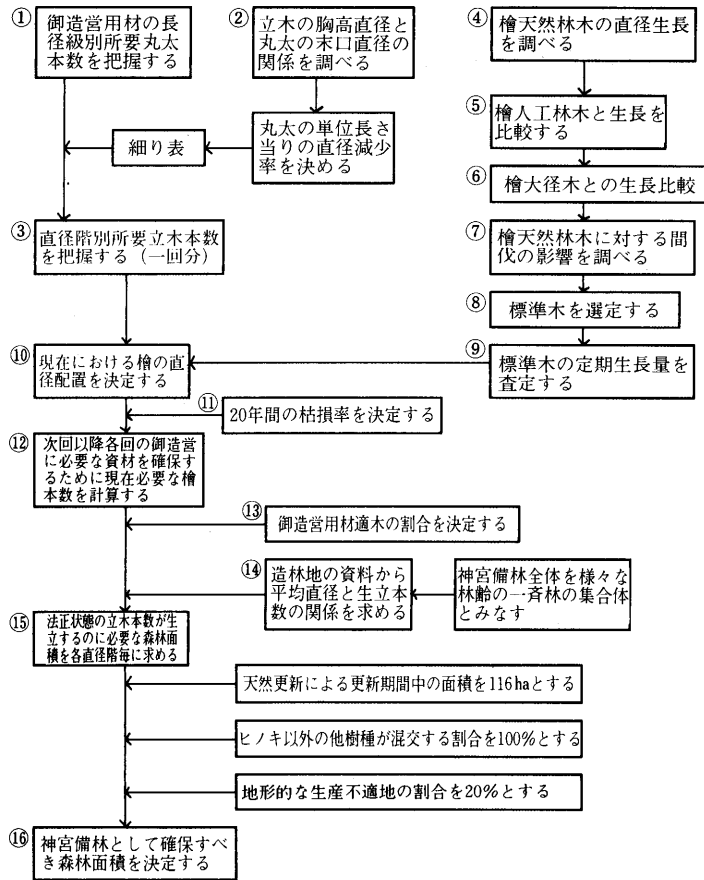


図-1 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」における研究の順序

Fig. 1. Flow chart of the course of study, "Studies on the Normal State of the Reserved Forest for Ise Shrine", by Kurata.

慮し、第一備林の予備林として、これに準じて永久にヒノキの大材生産を行うために第二備林を設けた。そして、第一、第二備林が法正状態に達するまでの間、御造営用材を補充するために第三備林を設けた。

この研究の流れは図-1 に示したとおりである。それでは、研究順序に従ってその内容を概説する。

① 御造営用林丸太の数量

昭和4年における式年遷宮の際に造神宮使より帝室林野局へ注文された11,705本をもって神宮備林における20年ごとに供給されるべき丸太の数量とした。御造営用材の注文寸法は用途ごとに長さは寸、末口径は分の位まで示されていることがこの研究では長さはm、末口径は2cm止めに換算してある。御造営用材は普通施業林における生産材と比較して著しく大きくかつ良質のものが求められ、その長径級別数量は表-1のとおりであった。

表-1 御用材末径別，長サ別所要本数表

Table 1. Number of logs necessary to the reconstruction of Ise Shrine

末口径 (cm) Topend diameter	長さ (m) Length												計 Total
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
22	本	本	本	本	本	本	本	本	本	本	本	本	本
24	2	21	1	18	2	-	-	-	-	-	-	-	44
26	6	60	3	56	5	-	2	-	-	-	-	-	132
28	3	28	21	42	15	-	17	-	-	8	-	-	134
30	2	12	29	27	5	-	8	2	-	4	-	-	89
32	5	6	66	38	4	-	5	7	2	-	-	-	133
34	43	85	50	223	16	7	17	2	-	-	-	-	443
36	21	97	74	231	20	10	7	3	-	-	-	-	463
38	14	206	168	469	45	23	4	5	-	-	-	-	934
40	32	417	232	672	139	17	32	4	-	-	-	4	1,549
42	28	198	131	342	79	16	31	3	-	-	-	1	829
44	53	173	159	348	95	26	54	5	-	-	-	-	913
46	166	392	417	719	147	63	91	3	-	-	8	-	2,006
48	79	213	208	311	116	28	65	4	-	1	2	-	1,027
50	72	246	205	205	202	19	100	12	-	2	-	-	1,063
52	25	83	62	457	51	30	26	8	2	1	2	-	747
54	14	39	26	191	21	11	27	6	2	-	-	-	337
56	17	29	16	112	12	5	49	12	8	-	-	-	260
58	2	16	16	28	11	10	4	1	1	2	-	-	91
60	-	11	5	9	6	6	14	-	6	1	-	-	58
62	-	15	-	-	-	8	39	2	19	-	-	-	83
64	-	4	6	9	16	8	9	3	-	2	-	-	57
66	-	7	2	3	12	6	5	2	2	1	1	-	39
68	1	13	-	3	19	12	10	5	3	-	-	-	66
70	-	4	2	6	4	16	9	4	2	-	-	-	47
72	1	-	1	2	2	6	9	3	1	1	-	-	26
74	2	2	3	-	3	4	16	4	-	4	-	-	38
76	-	8	7	2	-	1	3	2	-	-	-	-	23
78	-	4	6	-	-	-	1	-	-	-	2	-	13
80	-	3	12	-	-	-	-	-	-	-	4	-	19
82	-	3	4	-	3	-	-	-	2	-	-	-	12
84	-	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	4
86	-	-	3	-	-	2	-	-	4	-	-	-	9
88	-	1	1	-	-	-	-	2	-	3	-	-	7
90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
94	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	3
96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
98	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
122	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
計	588	2,399	1,942	4,524	1,051	335	654	104	55	30	18	5	11,705

(注) 「神宮備林，法正状態ニ関スル研究」第1表

Note: Table 1. in "Studies on the Normal State of the Reserved Forest for Ise Shrine"

表-2 ヒノキ立木の各直径級における細り
Table 2. Taper of Hinoki trees at each diameter classes

胸高直径 dbh	長さ Length		
	5 m 以下 under 5 m	6~10 m	11 m 以上 over 11 m
80 cm 以下	2.92 cm	2.09 cm	1.91 cm
82~100	4.05	2.70	2.33
102~120	4.57	3.26	2.77
120 以上	-	4.00(推定)	-

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第六表
Note: Table 6. in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine."

② 立木の胸高直径と丸太末口径の関係

ここでは神宮備林の面積を決定するために、その森林より生産されるべき立木本数を決定する。そのためには、御造管用材を得るにはどれだけの大きさの立木が何本必要であるかを定めなければならない。この研究においては常に一本の立木からは丸太一本を生産するものと見なし、他の丸太は事業の安全率として保留することにした。

立木の大きさを定めるためには丸太の末口径と立木の胸高直径の関係を定めておかなければならない。

神宮御造管用材は品質を重視するがために、伐採の際に先ず根元より相当の長さの物を根張り材として除きしかる後に御造管用材を採取するのが普通である。更に、傷、曲がりなどを避けるために、普通丸太に比して遙かに直径大なる立木より採取しなければ、同一末口径の丸太を得ることができない。そのため、大正9年に御造管用材として伐採したヒノキ664本について胸高直径と丸太末口径との減少率を調べた。その結果、単位長あたりの直径減少率は同一直径の立木においては丸太長が長いほどその値は小さくなり、胸高直径が大きなものほど減少率が大きいことが分かった。ここでの胸高直径と末口径、丸太長の関係は、単に正常に成長したヒノキの樹幹の直径減少を表すものではなく、現実の天然林に生育するヒノキの樹幹の細り、根張り、根元の屈曲など、木材の不良部分とを合わせ考えて定めたものであった。御造管用材のごとき品質上等の物をとるには、正常に成長したヒノキの直径にながしかの安全率を掛けておく必要があったのである。

③ 立木数量の計算

丸太の末口径と立木の胸高直径の関係から御造管用材に伐採すべき立木の胸高直径とその数量を知ることができる。ここでは、丸太長を3つ、胸高直径を4つに分けて、直径減少率の平均を求め表-2のようにまとめた。さらにこの表を利用して、御造管用材として必要な立木11,705本の胸高直径別内訳を表-3のようにとりまとめた。この数値と、昭和4年の式年遷宮の際に実際に伐採された本数を胸高直径別に比較すると表-4のようになった。この表を見れば以上の調査結果から算出した立木本数が当を得たものであることが分かる。

④ ヒノキ天然林木の直径成長

木曾地域林内に生育するヒノキ約100本の胸高における円板を収集し、そのうち、幼時に被圧

表-3 御造営用材として必要な立木の直径別本数

Table 3. Number of trees necessary to the reconstruction of Ise Shrine

直径階 (cm) Diameter class	長さ Length (m)												計 Total
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
22	2	21	1	18	2								44
24	6	60	3	56	5		2						132
26	3	28	21	42	15		17			8			134
28	(2)												(2)
	2	12	29	27	5		8	2		4			89
30	(6)	(21)											(27)
	5	6	66	38	4		5	7	2				133
32	(3)	(60)											(03)
	43	85	50	223	16	7	17	2					443
34	(2)	(28)	(1)		(2)								(33)
	21	97	74	231	20	10	7	3					463
36	(5)	(12)	(3)	(18)	(5)								(43)
	14	206	168	469	45	23	4	5					934
38	(43)	(6)	(21)	(56)	(15)								(141)
	32	417	232	682	139	17	32	4				4	1,549
40	(21)	(85)	(29)	(42)	(5)		(2)						(184)
	28	198	131	342	79	16	31	3				1	829
42	(14)	(97)	(66)	(27)	(4)		(17)						(225)
	53	173	159	348	95	26	54	5					913
44	(32)	(206)	(50)	(38)	(16)		(8)						(350)
	166	392	417	719	147	63	91	3				8	2,006
46	(28)	(417)	(74)	(223)	(20)	(7)	(5)	(2)		(8)			(784)
	79	213	208	311	116	28	65	4		1	2		1,027
48	(53)	(198)	(168)	(231)	(45)	(10)	(71)	(7)		(4)			(733)
	72	246	205	205	202	19	100	12		2			1,063
50	(166)	(173)	(232)	(469)	(139)	(23)	(7)	(2)					(1,211)
	25	83	62	457	51	30	26	8	2	1	2		747
52	(79)	(392)	(131)	(672)	(79)	(17)	(4)	(2)					(1,379)
	14	39	26	191	21	22	27	2					337
54	(72)	(213)	(159)	(342)	(95)	(16)	(32)	(5)					(934)
	17	29	16	112	12	5	49	12	8				260
56	(25)	(246)	(417)	(348)	(147)	(26)	(31)	(4)					(1,244)
	2	16	16	28	11	10	4	1	1	2			91
58	(14)	(83)	(208)	(719)	(116)	(63)	(54)	(3)					(1,260)
	11	5	9	6	6	14			6	1			58
60	(17)	(39)	(205)	(311)	(202)	(28)	(91)	(5)					(898)
	15					8	39	2	19				83
62	(2)	(29)	(62)	(205)	(51)	(19)	(65)	(3)				(4)	(440)
	4	6	9	16	8	9	3			2			57
64	(16)	(26)	(457)	(21)	(30)	(100)	(4)					(1)	(655)
	7	2	3	12	6	5	2	1	1				39
66	(11)	(16)	(191)	(12)	(11)	(26)	(12)			(1)	(8)		(288)
	1	13		3	19	12	10	5	3				66
68	(15)	(16)	(112)	(11)	(5)	(27)	(8)			(2)	(2)		(198)
	4	2	6	4	16	9	4	2					47
70	(4)	(5)	(28)	(6)	(10)	(49)	(6)			(1)			(109)
	1	1	2	2	6	9	3	1	1				26
72	(1)	(7)		(9)		(6)	(4)	(12)	(2)		(2)		(43)
	2	2	3		3	4	16	4		4			38
74	(13)	(6)		(16)	(8)	(14)	(1)	(2)					(60)
	8	7	2		1	3	2						23
76	(1)	(4)	(2)	(9)	(12)	(8)	(39)		(8)	(2)			(85)
	4	6				1					2		13

表-3 の つ づ き

Table 3. continued

直径階 (cm) Diameter class	長さ Length (m)												計 Total
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
78	(2)			(3)	(19)	(6)	(9)	(2)	(1)	(1)			(43)
		3	12								4		19
80		(2)	(2)	(3)	(4)	(12)	(5)	(3)	(6)				(37)
		3	4		3				2				12
82		1	1		1	1							4
84			3			2			4				9
86		(8)	(1)		(2)	(16)							(27)
		1	1					2		3			7
88		(4)	(3)	(6)	(3)	(6)	(10)	(2)	(19)	(2)			(55)
		(3)	(7)	(2)		(4)	(9)	(5)		(1)			(31)
90			1										1
92		(3)	(6)			(1)	(9)	(4)	(1)				(24)
				1					2				3
94		(1)	(12)	(2)			(16)	(3)	(3)				(37)
			(4)			(3)	(3)	(4)	(2)	(1)			(17)
96		2	1										3
98		(1)	(1)		(1)		(1)	(2)	(1)	(4)			(11)
100			(3)			(1)							(4)
102													
104			(1)										(1)
106													
108			(1)			(2)							(3)
110		(2)									(2)		(4)
112											(4)		(4)
114			(1)						(2)				(3)
116				(1)				(2)		(3)			(6)
118									(4)				(4)
122			3										3
132									(2)				(2)
142			(3)										(3)
計	588	2,399	1,942	4,524	1,051	335	654	104	55	30	18	5	11,705

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第7表

無括弧の数字は丸太の本数で直径は末口径, 長さは丸太長.

括弧内の数字は立木の本数で直径は胸高直径, 長さは利用する丸太の長さ.

Note: Table 7. in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine"

されたり, 成長途上にて変調をきたしたものを除外した 86 本について調べた。そして, 成長の速さの順に優勢木 (A), 中庸木 (a), 中庸木 (b), 劣勢木 (c), 被圧木 (d) の 5 種に分類し, 10 年目ごとの胸高直径の平均値を計算した 5 種類の成長量表を作成した。この本数の内訳を見ると中庸木 (b) と劣勢木 (c) の数が多かった。これは過去における天然林が適切な人工撫育を受けなかったためと考えられた。この資料からヒノキの成長の優劣は局部立地と疎密度によるものと推察された。

⑤ ヒノキ人工林木との成長の比較

天然林の成長と人工林の成長を比較するために, 6 つの地域における人工林の収穫表について

表-4 大正9年に伐採された御造営用材数量

Table 4. Number of trees felled for the reconstruction of Ise Shrine in 1920

胸高直徑 dbh (cm)	御造営用 材立木本数 Calculated	昭和四年御遷宮用トシテ大正九年ニ 伐採セル数量 (本数) Observed		
		付知出張所 Tsukechi	木曾支局 Kiso	計 Total
20~ 28	2		188	188
30~ 38	307		1,113	1,113
40~ 48	2,276		4,795	4,795
50~ 58	6,028	3	5,719	5,722
60~ 68	2,479	152	961	1,113
70~ 78	340	237	100	337
80~ 88	119	126	29	155
90~ 98	120	100	4	104
100~108	8	31	1	32
110~118	21	7	-	7
120~128	-	1	-	1
130~138	2	5	-	5
140 以上	3	2	-	2
計	11,705	664	12,910	13,578

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第8表

Note: Table 8 in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine".

て、ヒノキ天然林の成長との相違を調べた。その結果、天然林木の成長は50年生前後までは著しく劣るが、100年前後においては天然林の優勢木と人工林の1等地とではほぼ同じ大きさになり、それ以降では、連年成長量は天然林の方が優ること、人工林における通常の伐期(100年前後)における成長は天然林の優勢木(A)と中庸木(a)の中間に位置するものが多いことがわかった。

⑥ ヒノキ大径木との成長の比較

次に、天然林において優勢に成長したと見なされる大径木10本についてその成長を調べたところ、優勢木(A)以上の成長を示したものは1本だけで、7本が優勢木(A)と中庸木(a)の中間に位置するものであった。

⑦ 天然林木に対する間伐の影響

天然林内において、過去に撫育的間伐を施したことが明らかな個所において、間伐の影響ありと認められた林木について、従来調査されたものおよび新たに調査したものの合計81本について調べた。ヒノキの天然林における間伐後の連年成長を著しく成長したものからそうでないものまで、I~IVの4つの級に区分した。その平均値は良いものから順に0.347 cm, 0.242 cm, 0.149 cm, 0.070 cmであった。本数の割合は14%, 25%, 44%, 17%であった。そして、I, II級は50~60 cmの大径木に多く、III, IV級は40 cm内外のものが多かった。このことから、現在、樹齢の割に直径の小さい林木においても、I, II級にあたる約40%のものは撫育間伐によって成長促進を図ることができるものとみなされた。さらに8本の資料木について樹幹解析を行い、間伐後の成長経過を詳しく検討したところ、間伐後5~6年は成長量を増加させるがその後は増加量を減ずることがわかった。以上のことから天然林内のヒノキ老齢木といえども撫育により成長を増加

せしめうると考えることにした。

⑧ 標準木の選定

ここでは、神宮備林の区域を決定し、主伐数量を永久に保続生産するために計算上用いるべきヒノキの成長量を決定する。もとより、備林内部には地味の良否があり、疎密度にも差があるので各種の成長量を示すヒノキが存在する。しかし、備林の区域を決定するためにはその中のヒノキを代表する成長量を定め、これを神宮備林におけるヒノキの法定成長量とする必要がある。まず、成長量表作成に用いたヒノキ天然林木の成長状況を見ると中庸木 (b) と劣勢木 (c) が最も多数を占めるが、全体を通じて平均すればほぼ中庸木 (b) に相当することが分かった。次に、間伐後の連年成長の状況を見れば、撫育伐を繰り返すことによつて、優勢木 (A) の成長をするものと見込んでも差し支えないように考えられた。しかし、広大な神宮備林内においては撫育伐の回帰年として最低 20 年を見込まなければならぬので、事業上の安全率を見込みこの研究においては中庸木 (a) を平均的な林木とすることにした。

⑨ 標準木の定期成長量の査定

この中庸木 (a) の成長量をもとに 20 年ごとの定期成長量を表-5 のようにまとめた。この表は、中庸木 (a) の成長量表から各直径階ごとの年齢差を求めて、一直径階における連年成長量を算出し、直径級 10 cm ごとに平均したものを 20 倍したものである。胸高直径 60 cm 以上のものは資料が得られなかったので天然林木の連年成長量の傾向からこれを推定した。このような大径木の成長推定が当を得たものであるかどうかを検定するために、出の小路神宮備林において伐採された樹齢 800 年、胸高直径 142 cm の円板と比較した。先に推定した 20 年間の定期連年成長量に基づき胸高直径 142 cm の立木の年齢を推定すると 900 年となる。800 年における年平均成長量は調査木で 0.1779 cm、推定立木で 0.1650 cm となった。このことから、推定立木は調査木に対しやや成長を遅く見積っているが、大体において事業上当を得た成長量の推定であるといえる。

⑩ 現在におけるヒノキの直径配置の決定——法定蓄積本数の決定——

ここでは、20 年ごとに伐採しても、次の伐採時期までには残存木が成長して再び元のような蓄積量を備えるように、現在におけるヒノキの直径配置を定める。換言すれば、現在の主伐木と次 (20 年後) の主伐木、更に 40 年後、60 年後……等 20 年ごとの主伐木は現在どれだけの大きさがあればよいかを成長量から逆算して、現在林における大きさ及び数量を定める。

今、御造営用材に必要な立木の直径階を d_1, d_2, d_3, \dots とし、各直径階の本数を n_1, n_2, n_3, \dots と

表-5 ヒノキ中庸木の定期成長量

Table 5. Periodic diameter increment of sub-dominant Hinoki tree.

胸高直径 dbh	連年生長量 Current	廿年間ニ於ケル 定期生長量 Periodic (20 yr)
cm	cm	cm
1~ 10	0.30	6
11~ 20	0.35	7
21~ 30	0.30	6
31~ 40	0.25	5
41~ 50	0.20	4
51~ 60	0.15	3
61~ 70	0.15	3
71~ 80	0.15	3
81~ 90	0.15	3
91~100	0.15	3
101~110	0.15	3
111~120	0.01	2
121~130	0.10	2
131~140	0.10	2
141~150	0.10	2

(注) 「神宮備林ノ法定状態ニ関スル研究」第 33 表

Note: Table 33 in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine".

表-6 直径階別蓄積基本数

Table 6. Standard number of Hinoki trees necessary to sustained yield

胸高直径 dbh	一回分の主伐量 No. of trees necessary to every 20yrs	蓄積基本数 Standard number of Hinoki trees necessary to sustained yield
10 cm 未満	-	31,746
10 cm 以上	-	26,311
20	2	27,221
30	307	31,255
40	2,276	32,356
50	6,028	25,248
60	2,479	6,970
70	340	1,966
80	119	1,003
90	120	385
100	8	129
110	21	117
120	-	37
130	2	23
140	3	6
計	11,705	184,773

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第40表

Note: Table 40 in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine".

すれば、第一回分の主伐数量は $n_1+n_2+n_3+\dots+n_n=N_1$ となる。第二回分の主伐数量 N_2 は第一回分の主伐数量に20年間の枯損量を加えたものである。20年間の枯損率を p とすれば、

$$N_2 = \frac{N_1}{1-0.0p} = \frac{1}{1-0.0p}(n_1+n_2+n_3+\dots+n_n)$$

となる。この各項が所属する直径階は原直径階より20年間の成長量を差し引いた直径階である。例えば第一項 n_1 の属すべき直径階は d_1 ではなくて d_1 より20年間の成長量を差し引いた直径階である。同様にして、第三回分の主伐数量 N_3 は

$$N_3 = \frac{N_2}{1-0.0p} = \frac{1}{(1-0.0p)^2}(n_1+n_2+n_3+\dots+n_n)$$

となる。この各項が所属する直径階は原直径階より40年間の成長量を差し引いた直径階である。以下同様にして60年後、80年後……等20年ごとの主伐数量とその所属すべき直径階を計算することができる。そして、この合計数すなわち各直径階の現在あるべき本数を順次計算することができる。

⑪ 枯損率の決定

ここでは、20年間の枯損率 p について検討する。一般に林木の自然枯死率は森林の取扱の良否によって異なるが、この研究では安全を見込んで20年間に5%が枯損するものとした。

⑫ 現在あるべき本数の計算

以上の結果から現在あるべき本数（以下蓄積基本数という）184,773本を胸高直径階ごとに示すと表-6のとおりであった。

表-7 ヒノキ林分の平均直径と立木本数

Table 7. The relationship between mean dbh and number of trees per hectare in Hinoki stands

胸高直径 dbh	本数 Number of trees/ha	備考
10 cm 未満 under 10 cm	3,000	推定セリ
10~18 (平均 14)	1,700	本数ハ胸高直径
20~28 (" 24)	850	10~18ノ平均 14 cm
30~38 (" 34)	500	ノ本数ヲ以テ示セリ
40~48 (" 44)	340	以下同断
50~58 (" 54)	250	
60~68	150	60 以上ハ推定セリ
70~78	120	
80~88	100	
90~98	90	
100~108	80	
110~118	70	
120~128	65	
130~138	60	
140 以上	55	

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第 49 表

Note: Table 49 in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine".

表-8 蓄積基本数を包蔵すべき森林面積

Table 8. The area of stands which grow the standard number of Hinoki trees

胸高直径 dbh	蓄積基本数 (改正セル) Standard number	蓄積基本数ヲ包蔵ス可キ森林面積 Area of stands which grow the standard number of trees	
		1 ha ニ立チ得ル本数 No. of trees per ha	面積 (ha) Area
10 cm 未満	79,373	3,000	26.5
10 cm 以上	65,778	1,700	38.7
20	68,053	850	80.1
30	78,138	500	156.3
40	80,890	340	237.9
50	63,120	250	252.5
60	17,425	150	116.2
70	4,915	120	41.0
80	2,508	100	25.1
90	963	90	10.7
100	323	80	4.0
110	293	70	4.2
120	93	65	1.4
130	58	60	1.0
140	15	55	0.3
計	461,945	-	995.9

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第 42 表

Note: Table 42 in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine".

表-9 修正された必要森林面積

Table 9. Revised forest area which grow the standard number of Hinoki trees

胸高直径 dbh	修正面積 revised area	檜 本 数	
		— haニ立ち得ル本数 No. of trees per hectere	総 本 数 Total
cm	ha		
10 未満	252.5	3,000	757,500
10 以上	252.5	1,700	420,250
20	252.5	850	214,625
30	252.5	500	126,250
40	252.5	340	85,850
50	252.5	250	63,120
60	116.2	150	17,425
70	41.0	120	4,915
80	25.1	100	2,508
90	10.7	90	963
100	4.2	80	323
110	4.2	70	293
120	1.4	65	93
130	1.0	60	58
140	0.3	55	15
計	1,719.1	-	1,703,188

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第43表

Note: Table 43 in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine".

⑬ 御造営用材適木の割合の決定

次に、品質不良木の割合を見込むために、現在天然林中にある直径 60 cm 以上の大径木調査を行い、そのうち御造営用材として適当と認められるものの割合を調べた。その結果、全体の 60% は不適木となった。したがって、前述の蓄積基本数を 2.5 倍した 461,945 本を改めて蓄積基本数とすることにした。

⑭ 平均胸高直径と成立本数の関係

このように本数を基準として必要な森林面積を求めるために、ここでは神宮備林中の林木は直径階ごとに一斉林のように集団的に存在するものと仮定した。そして、ここで用いるべき 1 ha の立木成立本数を定めるために、人工林 15 箇所を調査を行った。さらに、老齢大径の人工林は実例がないので、比較的一斉林に近いヒノキ天然林 18 箇所を調査し、各林分の平均胸高直径と立木本数の関係を表-7 のように定めた。

⑮ 必要な森林面積の計算

⑬で求めた各直径階ごとの蓄積基本数を 1 ha あたりの立木本数で割れば、表-8 のように必要な森林面積 995.9 ha を求めることができる。この表では 50 cm の直径階の面積が 252.5 ha で最大となった。しかし、50 cm 以下の直径階の面積計算は主伐時の本数をもとになされており、途中の撫育伐による本数減少分は含まれていない。そこで、撫育伐による本数減少分を見込んで、50 cm 以下の林木でも後で 50 cm の直径階に達したときの面積として 252.5 ha 必要になることとした。こうして、表-9 のとおり積算された森林面積は 1719.10 ha となった。

⑩ 神宮備林の面積計算

前述したような、1719.10 ha の森林面積はヒノキの林木が全ての林地を覆っているという前提の基に計算されたものである。しかし、現実の森林においては考慮しなければならないいくつかの制限因子がある。一つは、天然更新のための更新期間を見込まなければならないことである。そこで、50 cm 以上の主伐木本数に見合う面積 (116.23 ha) において 20 年間の更新期間を見込むことにした。二つ目は、ヒノキ以外の他の樹種が混交する割合を見込まなければならないことである。木曾においては他にも有用な針葉樹があり、適地適木ということを考えてヒノキの占有割合を 50% と見なした。三番目に地形等の関係から林木の生育が困難な土地の存在を考えなければならない。神宮備林においては、大径材の生産という条件の下で森林面積の 20% を大径材生産不適地とみなした。その結果、神宮備林の面積は次のように計算された。ヒノキ生立面積 1719.10 ha, 更新期間中の面積 116.23 ha, 他の樹種が占有する面積 $1719.10 + 116.23 = 1835.33$ ha, 大径材生産不適地 $(1719.10 + 116.23 + 1835.33) \times 0.20 = 734.14$ ha, 合計 4404.70 ha となった。

IV. 新たな視点にたった「神宮備林の法正状態に関する研究」

保続計画を立てる場合、当該目的の実現に対してとるべき森林施業が適切であるか、また、適切であるとした場合想定される成長と予測結果にどの程度の安全率を乗ずべきかが慎重に検討されなければならない。倉田の御造宮用材の保続生産計画を立てる際の考え方はおおむね適切なものであったと評価できる。しかし、その後の研究から得られた知見を加え、新しい視点からみた場合いくつかの問題がある。その中の主要なものは次の 2 点である。

- 1) 現在の天然林の成因を江戸時代中期以降に繰返し行われた弱度の択伐林施業に基づく天然更新と誤認したこと。この結果、神宮備林として特別な施業をしたところの後継樹はヒバが主体となってしまった。
- 2) 保続に必要な直径階別本数（蓄積基本数）の計算方法。

まず第一の問題についてみることにしよう。現在の木曾ヒノキ天然林の成因に関してはいくつかの研究がなされている。いま原田文夫氏の研究結果に基づいてその成立過程を概説しよう。

原田は木曾林業史や現在のヒノキ天然林の林木構成、特にその樹齢分布を分析した結果、現在の木曾ヒノキ林の大半は徳川時代上期から中期にかけての強度伐採された跡地に更新したものと推論している。

原田はまず木曾ヒノキの成立過程について従来の考え方を次の 5 とおりに分けている。① 若干の伐採があったがほぼ原生林である。② 徳川時代またはそれ以前からの択伐林である。③ ②の択伐林が大部分であるが一部は徳川時代の小径木、不良木を除き蓄積の 70~80% におよぶ強度伐採跡地に成立した更新林分である。④ 徳川上期から中期にかけての強度伐採の更新木が大半である。⑤ 徳川時代の造林の成果である。

以上の 5 説に対して原田は、①については現在一部残っている奥地林ではその樹齢分布からみて徳川上期あるいはそれ以前の風倒木更新によるものと考えられるものがある。しかし、徳川時代の巨大な木材生産量からみて原生林説は妥当とはいえない。②、③は択伐による天然更新が成功するという前提に立つが、しかしこれまでの経験からみて、それによる成林の可能性は少ない。択伐（抜き伐り）は厳重な森林保護政策をとった中期以降に主として実行されたものである。⑤

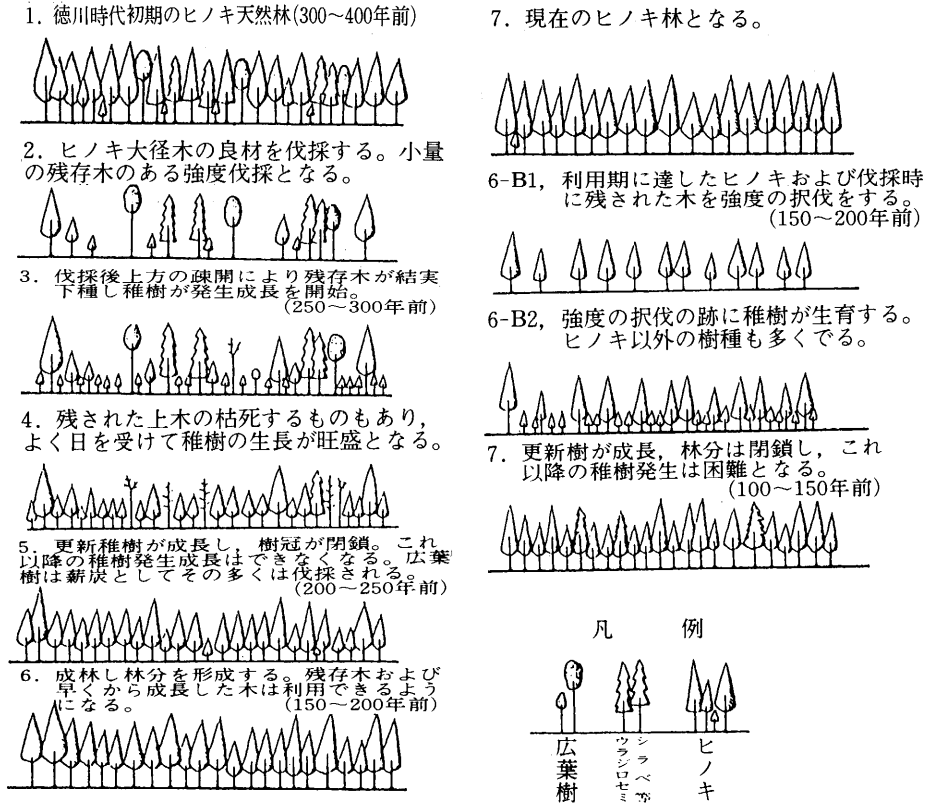


図-2 木曽ヒノキ林分成立過程の模式図(原田原図)

Fig. 2. Changes of Kiso-Hinoki stand structure caused by heavy cutting in Tokugawa period (original drawing by Harada).

については、一斉林型に近い現在の森林形態と徳川時代の文献の一部から推測したものであるが、林業史を検討してみると植林は小面積で散在しており、大面積造林は行われなかった。こうして原田は上述のような結論に達し、その成立過程を図-2のように模式図に示している。

伊那谷地域などでもほぼ同様な施業が江戸時代に行われていながら、木曽地域にのみ現在ののようなヒノキ林ができたのは、木曽地域が環境的にヒノキの適地であることによる。この環境条件とは、地質、土壌および気象条件であり、木曽地域はヒノキが優先できる条件因子の組合せを持つ特殊な地域であると原田は述べている。

天然更新の成否をわけるものはササの処理である。当時木曽谷でササがどのように分布していたかは不明である。ただ樹冠が閉鎖した密な森林が永続すれば照度不足からササは生育していたとしてもそう密ではないはずである。大部分のヒノキ天然林はこうした状態のもとで江戸時代上期から中期に強度伐採が行われ、ヒノキが一斉に更新し新たな林分ができたものと推測される。なお、伐採後更新が速やかに行われていれば、現在300年を超えるヒノキ天然林がもっと多くあっていいはずである。このことから、古い時代にもササはある程度は分布しており、それが伐採-天然更新の期間に数年から数十年の差を生じさせた原因となったとみられると原田は述べて

表-11 蓄積基本数に基づく立木本数と平均直径から導かれる立木本数との比較

Table 11. Comparison of number of trees derived from the standard number (A) with that from the average diameter (B)

経過年数 Years after regeneration	蓄積基本数を初期値とし、 枯損と収穫の結果残った 立木本数 (A)	表-7の平均胸高直径と立木 本数の関係から導かれる 立木本数 (B)	A/B
当初	20,353 本	20,353 本	1.0000
20 年後	19,335	16,730	1.1557
40	18,369	11,533	1.5927
60	17,450	5,767	3.0258
80	16,578	4,791	3.4602
100	15,723	3,392	4.6353
120	14,804	2,946	5.0251
140	13,755	2,307	5.9623
160	12,521	2,307	5.4274
180	10,454	1,696	6.1639
200	7,471	1,696	4.4051
220	6,210	1,696	3.6616
240	3,521	1,270	2.7724
260	2,492	1,018	2.4479
280	1,327	1,018	1.3035
300	987	937	1.0534
320	646	814	0.7936
340	573	814	0.7039
360	406	814	0.4988
380	345	678	0.5088
400	293	678	0.4322
420	278	678	0.4100
440	186	636	0.2925
460	148	611	0.2422
480	82	611	0.1342
500	62	583	0.1063
520	44	543	0.0810
540	42	543	0.0773
560	39	543	0.0718
580	34	475	0.0716
600	28	475	0.0589
620	23	475	0.0484
640	19	475	0.0400
660	13	475	0.0274
680	8	441	0.0181
700	8	441	0.0181
720	7	441	0.0159
740	7	441	0.0159
760	7	441	0.0159
780	6	407	0.0147
800	6	407	0.0147
820	4	407	0.0098
840	4	407	0.0098
860	3	407	0.0074
880	3	373	0.0080
900	3	373	0.0080

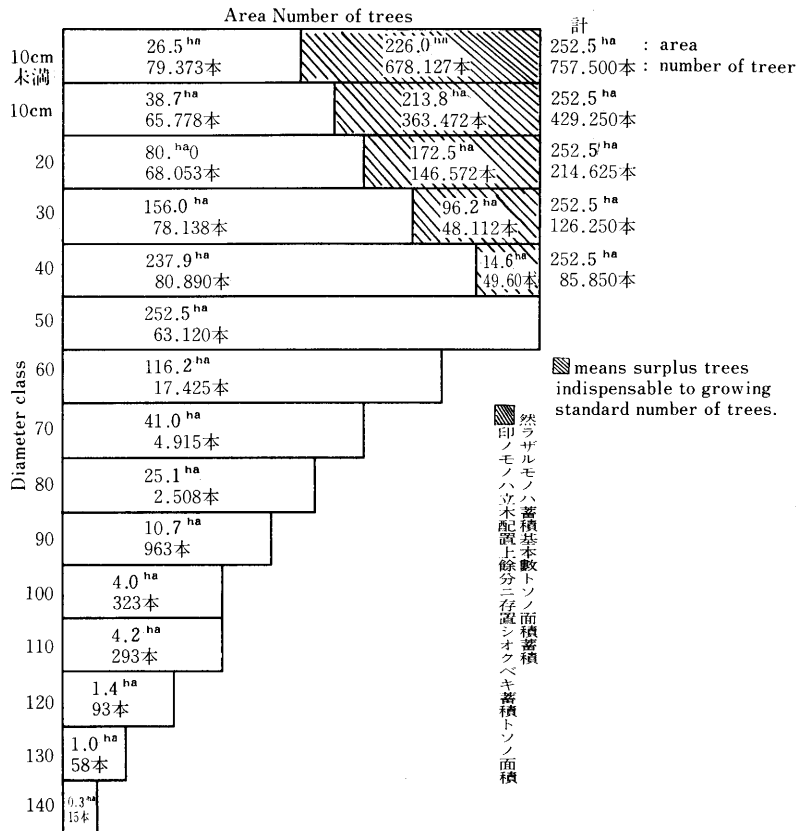


図-3 神宮用材の保続生産に必要な直径階別ヒノキ本数

(注)「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第七図

Fig. 3. Number of Hinoki trees at each diameter class necessary to sustained yield of timber for the reconstruction of Ise Shrine.

Note: Fig. 7 in "Studies on the Nrmal State of the Reserved Forest for Ise Shrine".

いる。

以上のように、木曽ヒノキ林の成因は弱度の択伐ではなくて、強度の伐採に伴う更新，すなわち、現在の概念でいえば漸伐によるものである。十分な光の照度を与え、かつ、ササが回復する以前に更新したヒノキをササの上に出すことが実は神宮備林の天然林施業であるべきであったのである。

次に第二の問題点についてみてみよう。倉田はまず、蓄積基本数を計算するのに全ての林木が同一の直径成長をするという前提から出発した。しかし、現実には林木の成長速度は分布を持っている。多くの林木が平均的な速度で成長するとしても、それより速いものも遅いものもあり、これが本来の意味の蓄積基本数の計算に影響を与えるはずである。この点についても十分な検討が必要であった。次に、この蓄積基本数を包蔵する森林面積の算出方法にも問題がある。そこでは、⑭に述べたような同一直径階の林木が一つの集団となって成立しているという想定のもとに、表-7に示した平均胸高直径と ha 当りの立木本数との関係を利用して必要な森林面積が計算

されている。ここでは直径階が大きくなるにつれて極めて大きな本数減少を示している。この減少割合と当初の蓄積基本数の計算で20年ごとの枯損率を5%と規定したこととの間には若干の矛盾が生じている。⑬に示した蓄積基本数をもとに、時間の経過によって本数減少がどのように起こるかを計算すると、表-10のようになる。当初、1~6 cmの直径階に20,353本の稚樹が発生することになっている。これが20年後には5%枯損し、残りはそれぞれ6 cmずつ成長するので7~12 cmの直径階に19,335本が分布することになる。それらは80年目から御造営用材として収穫され始め、180年目までに2,585本が収穫され7,314本が枯損する。その結果、50~52 cmの直径階に10,454本が残存することになる。このときの平均直径は51.02 cmである。他方、表-7の平均胸高直径とha当りの立木本数との関係から、平均直径は51.02 cm、ha当り成立本数は250本となる。そのためには、180年間にha当り成立本数は3,000本から250本にまで減少しなければならない。このことを前提とするならば、この時点で立木が10,454本存在しているためには、当初の発生本数は $10,454 \times 3000 / 250 = 125,448$ となる。したがってこの本数が成立しうる空間が必要となるはずである。この値は実際に蓄積基本数の計算に用いられた発生本数20,353の6.16倍に当たっている。このように、蓄積基本数を初期値とし、枯損と収穫が行われた結果残った本数と、表-7の平均胸高直径と立木本数の関数から導かれる立木本数とを20年目ごとに比較したのが表-11である。これによると20年日以降300年目まで、前者の方が常に大きな値を示し、前者と後者の比は180年目に最大になっている。これは、この間の立木本数がその直径階の立木が生育するために必要な立木密度よりも、遙かに高い密度のもとにあることを示している。したがって、蓄積基本数の計算にあたっては、途中の生育段階において、その直径成長に必要な生育空間が確保されていなければならない。以上のように表-11を前提とすると、1~6 cmの蓄積基本数は、倉田の計算の6.16倍の本数が必要となる。倉田はこの矛盾を図-3の斜線の部分を加えることで調整した。そこでは、50 cm以下の直径階の林木の集団が後に50 cmの直径階に達したときに現在の50 cmの直径階と同じ面積を占めていなければならないとしたのである。このことは、論理的には誤りであったと筆者らは考える。なぜならば、倉田の論理は図-3の直径階の目盛りが時間軸と正しく比例する時初めて成り立つ、しかし、実際には直径階ごとに成長速度は異なるため、直径階の目盛りをそのまま時間に置き換えることはできないのである。したがって、図-3の斜線部分を加えるには正当な根拠が見いだせない。

そこで、筆者らは表-12に示すような方法で蓄積基本数の再計算を行った。ここでは、1~6 cmの直径階の蓄積基本数は表-11に示した方法で計算した結果、125,454本となった。同様に、次の7~12 cmの直径階についても、枯損と収穫の結果残った本数と、平均胸高直径と立木本数の関係から導かれる立木本数とを20年目ごとに比較し、その比が最大となる160年目の値から必要な蓄積基本数95,462本を導いた。こうして得られた立木本数から計算された必要面積は倉田の計算よりも約322 ha少ない1397.29 haであった。

以上で主要な問題点を概説した。このようにこの計算過程には若干の問題点がある。しかしそれでもなおその結果は有効性を失わない。それは、倉田らは御料林における御造営用材の保続生産という当時もっとも重要な課題を前にして、不確実性がある場合はそれに応じて十分な安全度をかけるという森林資源管理の基本思想を徹底的に実践したからである。

筆者らは倉田の研究と同じ目的で、同じ森林を対象とし、その後発展した新たな手法と林分調査の成果を加えて、神宮備林の保続計画の研究を行なった。

表-12 新しい視点に基づく蓄積基本数

Table 12. The standard number of Hinoki trees calculated on the new standpoint

直径階 Diameter class	蓄積基本数 Standard number of trees (A)	修正倍率 Correction rate (B)	修正本数 Corrected number (C=A×B)	ha 当り本数 No. of trees per hectere (D)	必要面積 Necessary area (E=C/D)	不適木分加算 Area multiplied by safty focter (F=E×2.5)	備考
cm	本		本	本	ha	ha	
1	7,571	6.1639	46,667	3,000	15.56	38.90	
2	4,379	6.1639	26,992	3,000	9.00	22.50	10 cm 未満
3	43	6.1639	265	3,000	0.09	0.23	
4	8,304	6.1639	51,185	3,000	17.06	42.65	151.49 ha
6	56	6.1639	345	3,000	0.12	0.30	
(小計)	(20,353)		(125,454)				
7	7,192	4.9373	35,509	3,000	11.84	29.60	
8	4,160	4.9373	20,539	3,000	6.85	17.13	
9	41	4.9373	202	3,000	0.07	0.18	
10	7,889	4.9373	38,950	1,700	22.91	57.28	
12	53	4.9373	262	1,700	0.15	0.38	
(小計)	(19,335)		(95,462)				
13	6,833	3.8699	26,443	1,700	15.55	38.88	10~19 cm
14	3,952	3.8699	15,294	1,700	9.00	22.50	
16	39	3.8699	151	1,700	0.09	0.23	162.22 ha
17	7,494	3.8699	29,001	1,700	17.06	42.65	
19	51	3.8699	197	1,700	0.12	0.03	
20	6,491	2.0369	13,222	850	15.56	38.90	
21	3,754	2.0369	7,647	850	9.00	22.50	
23	37	2.0369	75	850	0.09	0.23	
24	7,120	2.0369	14,503	850	17.06	42.65	20~29 cm
25	48	2.0369	98	850	0.12	0.30	
26	6,167	1.6653	10,270	850	12.08	30.20	152.44 ha
27	3,567	1.6653	5,940	850	6.99	17.48	
29	35	1.6653	58	850	0.07	0.18	
30	6,764	1.6653	11,264	500	22.53	56.33	
31	46	1.6653	77	500	0.15	0.38	
32	5,858	1.3298	7,790	500	15.58	38.95	
33	3,388	1.3298	4,505	500	9.01	22.53	30~39 cm
34	33	1.3298	44	500	0.09	0.23	
35	6,400	1.3298	8,511	500	17.02	42.55	212.88 ha
36	43	1.3298	57	500	0.11	0.28	
37	5,506	1.1836	6,517	500	13.03	32.58	
38	3,219	1.1836	3,810	500	7.62	19.05	
40	6,080	1.1836	7,196	340	21.16	52.90	
42	5,230	1.0336	5,406	340	15.90	39.75	
43	2,924	1.0336	3,022	340	8.89	22.23	40~49 cm
44	5,601	1.0336	5,789	340	17.03	42.58	
46	4,755	1.1355	5,399	340	15.88	39.70	262.01 ha
47	2,778	1.1355	3,154	340	9.28	23.20	
48	4,988	1.1355	5,664	340	16.66	41.65	
50~59	25,248	1.0000	25,248	250	100.99	252.48	
60~69	6,970	1.0000	6,970	150	46.47	116.18	
70~79	1,966	1.0000	1,966	120	16.38	40.95	
80~89	1,003	1.0000	1,003	100	10.03	25.08	50 cm 以上
90~99	385	1.0000	385	90	4.28	10.70	
100~	129	1.0000	129	80	1.61	4.03	456.25 ha
110~	117	1.0000	117	70	1.67	4.18	
120~	37	1.0000	37	65	0.57	1.43	
130~	23	1.0000	23	60	0.38	0.95	
140~	6	1.0000	6	55	0.11	0.27	
合計	184,773		457,904		558.87	1,397.29	

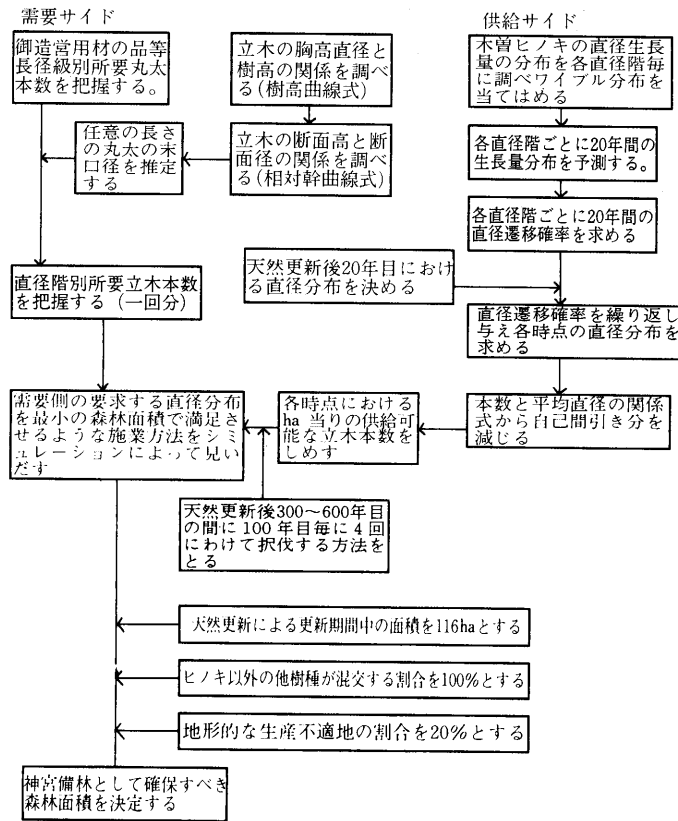


図-4 新たな視点にたって行った木曾ヒノキの保続計算の流れ図

Fig. 4. Flow chart of the sustained yield calculation of Kiso-Hinoki on the new standpoint.

本研究では、森林施業として強度の抜き伐りによる漸伐方式を採用することとし、漸伐の結果更新した下木が御造営用材として利用できるまで、現在の上木によって保続的供給を図るという基本方針をとることとした。

本研究で新たな手法として採用したものには次の三点がある。まず第一点は、当初の直径分布として現状のヒノキ林分の数値をそのまま用いず、ワイブル分布により修正したものをを用いたことである。直径分布にワイブル分布を適用する研究にはすでに内外に多くの文献がある。次に、樹幹形の表現を従来 finer 表より精密に立木から丸太への変換ができるように3次多項式による相対幹曲線式を採用した。第三に、直径の成長速度が分布をもつことを前提として直径の遷移を直径遷移確率を用いて計算した。なお、この遷移確率の計算は現実の資料にワイブル分布を適用して求めた。天然林の遷移確率の計算に関して現実の資料にワイブル分布を適用する研究は筆者らによってこれまで実施されその有効性は検証されている。

ここでの計算は、次の①②③④の順序で行なった。(図-4)

① 20年ごとに使用されるべき、御造営用材のヒノキ丸太の径級別数量から、これらの丸太を生産するのに必要な直径階別立木本数を相対幹曲線式を用いて計算する。

表-13 連年生長量の平均値と分散

Table 13. Mean and variance of current annual increment

直径階 (cm)	平均 (cm)	分散	変動係数 (%)
2 (1.0~ 2.9)	0.768	0.1116	43.49
4 (3.0~ 4.9)	1.032	0.2266	46.12
6 (5.0~ 6.9)	1.190	0.3994	53.11
8 (7.0~ 8.9)	1.259	0.4638	54.09
10 (9.0~10.9)	1.359	0.4956	51.80
12 (11.0~12.9)	1.422	0.4872	49.09
14 (13.0~14.9)	1.402	0.5535	53.07
16 (15.0~16.9)	1.387	0.5285	52.42
18 (17.0~18.9)	1.366	0.4858	51.02
20 (19.0~20.9)	1.352	0.4692	50.67
22 (21.0~22.9)	1.345	0.4583	50.33
24 (23.0~24.9)	1.280	0.3844	48.44
26 (25.0~26.9)	1.286	0.3576	46.50
28 (27.0~28.9)	1.251	0.2970	43.57
30 (29.0~30.9)	1.275	0.2959	42.67
32 (31.0~32.9)	1.290	0.3047	42.79
34 (33.0~34.9)	1.268	0.2981	43.06
36 (35.0~36.9)	1.318	0.2683	39.30
38 (37.0~38.9)	1.257	0.2714	41.45
40 (39.0~40.9)	1.234	0.2735	42.38
42 (41.0~42.9)	1.181	0.2362	41.15
44 (43.0~44.9)	1.142	0.2162	40.72
46 (45.0~46.9)	1.141	0.2228	41.37
48 (47.0~48.9)	1.081	0.2116	42.55
50 (49.0~50.9)	1.147	0.1722	36.18
52 (51.0~52.9)	1.084	0.1018	29.43
54 (53.0~54.9)	0.989	0.1043	32.66
56 (55.0~56.9)	0.966	0.1082	34.06
58 (57.0~58.9)	0.952	0.0745	28.68
60 (59.0~60.9)	0.875	0.0729	30.86
62 (61.0~62.9)	0.895	0.0986	35.08
64 (63.0~64.9)	0.902	0.0475	24.17
66 (65.0~66.9)	0.765	0.0734	35.42
68 (67.0~68.9)	0.958	0.0292	17.85
70 (69.0~70.9)	0.862	0.0433	24.13
72 (71.0~72.9)	1.093	0.0000	0.09
74 (73.0~74.9)	1.001	0.0003	1.70
76 (75.0~76.9)	0.913	0.0076	9.53
78 (77.0~78.9)	0.980	0.0004	2.04
80 (79.0~80.9)	0.932	0.0046	7.30
82 (81.0~82.9)	0.500	0.0025	10.00
84 (83.0~84.9)	0.400	0.0016	10.00
86 (85.0~86.9)	0.300	0.0009	10.00
88 (87.0~88.9)	0.200	0.0004	10.00
90 (89.0~90.9)	0.100	0.0001	10.00

② 実際の森林調査資料に基づき計算した初期直径分布に直径遷移確率を繰り返しかけあわせて森林の成長をシミュレートする。

③ ①②の方法を組み合わせ、様々な施業の結果として得られる丸太の量を計算する。

④ その中から最適な施業方法を選択する。

表-14 ヒノキ林分の直径遷移確率(その1)

Table 14-1. The diameter transition probability of Hinoki stands

直径階	直径遷移確率					
	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
2	0.17859	0.71123	0.10905	0.00113	0.00000	0.00000
3	0.16836	0.70507	0.12484	0.00173	0.00000	0.00000
4	0.16099	0.66752	0.16572	0.00574	0.00003	0.00000
5	0.14106	0.64185	0.20559	0.01138	0.00012	0.00000
6	0.13701	0.59749	0.24038	0.02440	0.00073	0.00001
7	0.12492	0.57418	0.26532	0.03413	0.00143	0.00002
8	0.11590	0.55410	0.28402	0.04359	0.00234	0.00005
9	0.10881	0.53660	0.29846	0.05260	0.00345	0.00009
10	0.10322	0.52165	0.30949	0.06084	0.00466	0.00015
11	0.09912	0.51004	0.31728	0.06756	0.00579	0.00021
12	0.09659	0.50257	0.32193	0.07202	0.00663	0.00026
13	0.09549	0.49927	0.32390	0.07403	0.00702	0.00029
14	0.09550	0.49931	0.32388	0.07400	0.00702	0.00029
15	0.09620	0.50142	0.32262	0.07272	0.00676	0.00027
16	0.09725	0.50453	0.32073	0.07084	0.00640	0.00025
17	0.09839	0.50792	0.31863	0.06881	0.00602	0.00022
18	0.09954	0.51125	0.31650	0.06684	0.00567	0.00020
19	0.09038	0.52347	0.32422	0.05838	0.00349	0.00007
20	0.09154	0.52723	0.32158	0.05636	0.00324	0.00006
21	0.09296	0.53176	0.31831	0.05397	0.00295	0.00005
22	0.09476	0.53737	0.31413	0.05108	0.00263	0.00004
23	0.09684	0.54371	0.30922	0.04790	0.00229	0.00003
24	0.08930	0.56033	0.31068	0.03854	0.00115	0.00001
25	0.09107	0.56612	0.30570	0.03611	0.00100	0.00001
26	0.08362	0.58109	0.30622	0.02860	0.00046	0.00000
27	0.08453	0.58432	0.30323	0.02749	0.00043	0.00000
28	0.07691	0.59609	0.30483	0.02198	0.00020	0.00000
29	0.07683	0.59577	0.30513	0.02207	0.00020	0.00000
30	0.06917	0.60370	0.30894	0.01809	0.00009	0.00000
31	0.06867	0.60146	0.31113	0.01864	0.00010	0.00000
32	0.06825	0.59953	0.31300	0.01912	0.00010	0.00000
33	0.06790	0.59791	0.31456	0.01952	0.00011	0.00000
34	0.06113	0.60518	0.31780	0.01585	0.00005	0.00000
35	0.06099	0.60443	0.31854	0.01600	0.00005	0.00000
36	0.06128	0.60594	0.31705	0.01568	0.00005	0.00000
37	0.06225	0.61091	0.31215	0.01465	0.00004	0.00000
38	0.06394	0.61931	0.30370	0.01302	0.00003	0.00000
39	0.06620	0.63010	0.29256	0.01112	0.00002	0.00000
40	0.06886	0.64212	0.27978	0.00922	0.00001	0.00000
41	0.07176	0.65451	0.26620	0.00752	0.00001	0.00000
42	0.07476	0.66648	0.25268	0.00608	0.00000	0.00000
43	0.07763	0.67724	0.24017	0.00496	0.00000	0.00000
44	0.08024	0.68642	0.22922	0.00412	0.00000	0.00000
45	0.08257	0.69417	0.21977	0.00349	0.00000	0.00000
46	0.08461	0.70062	0.21176	0.00301	0.00000	0.00000

表-14 ヒノキ林分の直経遷移確率 (その2)

Table 14-2. The diameter transition probability of Hinoki stands

直 経 階	直 経 遷 移 確 率					
	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
47	0.08620	0.70540	0.20571	0.00269	0.00000	0.00000
48	0.08006	0.72213	0.19621	0.00160	0.00000	0.00000
49	0.07415	0.73756	0.18737	0.00093	0.00000	0.00000
50	0.06368	0.76708	0.16898	0.00027	0.00000	0.00000
51	0.05605	0.80025	0.14366	0.00004	0.00000	0.00000
52	0.05102	0.83754	0.11143	0.00000	0.00000	0.00000
53	0.05163	0.86454	0.08383	0.00000	0.00000	0.00000
54	0.05666	0.87797	0.06537	0.00000	0.00000	0.00000
55	0.06144	0.88702	0.05154	0.00000	0.00000	0.00000
56	0.06571	0.89264	0.04165	0.00000	0.00000	0.00000
57	0.06981	0.89629	0.03390	0.00000	0.00000	0.00000
58	0.06952	0.90722	0.02326	0.00000	0.00000	0.00000
59	0.07396	0.90792	0.01812	0.00000	0.00000	0.00000
60	0.07791	0.90759	0.01450	0.00000	0.00000	0.00000
61	0.08083	0.90688	0.01229	0.00000	0.00000	0.00000
62	0.08321	0.90606	0.01073	0.00000	0.00000	0.00000
63	0.08619	0.90476	0.00905	0.00000	0.00000	0.00000
64	0.08503	0.90933	0.00565	0.00000	0.00000	0.00000
65	0.07872	0.91867	0.00260	0.00000	0.00000	0.00000
66	0.07032	0.92831	0.00137	0.00000	0.00000	0.00000
67	0.05955	0.93946	0.00099	0.00000	0.00000	0.00000
68	0.05102	0.94760	0.00138	0.00000	0.00000	0.00000
69	0.04521	0.95181	0.00298	0.00000	0.00000	0.00000
70	0.03955	0.95418	0.00627	0.00000	0.00000	0.00000
71	0.03473	0.95351	0.01175	0.00000	0.00000	0.00000
72	0.03161	0.95075	0.01764	0.00000	0.00000	0.00000
73	0.03072	0.94948	0.01980	0.00000	0.00000	0.00000
74	0.03193	0.95114	0.01693	0.00000	0.00000	0.00000
75	0.03435	0.95330	0.01235	0.00000	0.00000	0.00000
76	0.03682	0.95423	0.00895	0.00000	0.00000	0.00000
77	0.03913	0.95425	0.00662	0.00000	0.00000	0.00000
78	0.04319	0.95292	0.00389	0.00000	0.00000	0.00000
79	0.05327	0.94570	0.00103	0.00000	0.00000	0.00000
80	0.07789	0.92207	0.00004	0.00000	0.00000	0.00000
81	0.13566	0.86435	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
82	0.26234	0.73766	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
83	0.49034	0.50966	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
84	0.76705	0.23295	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
85	0.95063	0.04937	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
86	0.99797	0.00203	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
87	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
88	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
89	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
90	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

表-15 造林地直径分布調査結果
Table 15. Diameter distributions of Hinoki plantatins

調査地番号 Plot number	ha 当本数 No. of trees	平均直径 Mean dbh	標準偏差 Standard deviation	変動係数 Coefficient of variation
1	848	18.7 cm	4.26	0.223
2	1,583	15.5	3.06	0.197
3	1,657	13.8	2.19	0.159
4	1,418	17.6	3.02	0.171
5	1,066	14.6	3.97	0.273
6	1,097	19.3	3.37	0.174
7	998	16.9	3.83	0.226
8	1,080	18.9	3.11	0.165
9	2,382	10.9	3.01	0.275
10	3,176	11.7	2.96	0.254
11	1,479	11.9	3.22	0.270
12	1,438	15.0	2.58	0.171
13	2,230	11.6	3.12	0.268
14	1,560	13.8	3.30	0.240
15	1,417	13.7	3.83	0.279
平均 Mean				0.223

具体的な計算の手順は次のとおりである。なお、直径遷移確率の計算および幹曲線式のあてはめにあたり、東京大学農学部石橋整司氏、白石則彦氏の作成したプログラムを利用した。

(1) 直径遷移確率の計算

木曾・裏木曾地域における、138本の天然ヒノキ樹幹解析資料より、胸高直径の成長過程を調べ10年目ごとの数値をそれぞれ d_1 (10年目)、 d_2 (20年目)……とする。この d_1, d_2 から2cm括約の各直径階に到達する林齢(T_m)を求め、これをそれぞれ、 T_1 (2cm)、 T_2 (4cm)……とすると、 $d_1 < 2 \times m < d_2$ のとき、

$T_m = 10 + 10 \times (2 \times m - d_1) / (d_2 - d_1)$ となる。次に、 $t = T_2 - T_1$ より、2cmごとの直径階を通過するのに要する時間(t)を求める。これがわかると、 $2/t$ より、2cmの直径階における連年成長量が求まる。この計算を138本の資料木すべてについて、各直径階ごとに行ない、各直径階の連年成長量の分布を得た。

次に、各直径階ごとに10年間の胸高直径成長量の平均と分散を表-13のとおり求めた。そして、各直径階間でその平均と分散の変化が滑らかになるように、3点平均法によるスムージングを繰り返し行ない修正した平均と分散をもとに、成長量分布にワイブル分布をあてはめた。こうして求めた10年間の成長速度分布から、各直径階ごとに10年後に元の直径階に留まる確率、他の直径階へ移る確率を求めることができる。いま、10年後に、元の直径階に留まる確率を P_0 、1cm上の直径階へ移る確率を P_1 、2cm上の直径階へ移る確率を P_2 、などとする、6cm以上遷移するものが認められなかったので $P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 1$ となる。この確率を天然ヒノキの直径遷移確率とし、表-14のとおり求めた。

(2) 下木の成長予測

更新についてはここでは漸伐による天然更新を想定している。上木の第1回目の伐採後直ちに

表-16 下木の成長予測
Table 16. The growth prediction of the lower story

年目 Years after regeneration	ha当本数 No. of trees per hectere	平均胸高直径 Mean dbh (cm)	分散 Variance	平均樹高 Mean height (m)	ha当断面積合計 Basal area (m ²)	自己間引率 Self thinning rate
20	7274.58	7.20 cm	1.877	5.0 m	31.63 m ²	
30	4132.86	8.44	2.089	6.8	24.56	0.432
40	3133.60	9.74	2.292	7.9	24.64	0.242
50	2452.93	11.08	2.484	9.1	24.84	0.217
60	1975.71	12.45	2.656	10.2	25.16	0.195
70	1632.66	13.84	2.799	11.4	25.57	0.174
80	1380.44	15.23	2.912	12.5	26.08	0.154
90	1191.08	16.62	2.995	13.5	26.67	0.137
100	1046.04	17.98	3.054	14.5	27.32	0.122
110	932.79	19.32	3.093	15.5	28.03	0.108
120	842.72	20.62	3.119	16.4	28.79	0.097
130	769.84	21.90	3.137	17.2	29.59	0.086
140	709.90	23.15	3.152	18.0	30.42	0.078
150	659.82	24.37	3.168	18.7	31.29	0.071
160	617.35	25.56	3.190	19.4	32.18	0.064
170	580.83	26.75	3.220	20.1	33.10	0.059
180	549.02	27.92	3.261	20.7	34.06	0.055
190	520.98	29.08	3.310	21.3	35.05	0.051
200	496.05	30.24	3.364	21.9	36.07	0.048
210	473.72	31.40	3.419	22.5	37.12	0.045
220	453.60	32.56	3.471	23.0	38.20	0.042
230	435.42	33.72	3.516	23.6	39.31	0.040
240	418.96	34.87	3.551	24.1	40.43	0.038
250	404.03	36.02	3.575	24.5	41.57	0.036
260	390.48	37.15	3.588	25.0	42.72	0.034
270	378.17	38.27	3.590	25.5	43.88	0.032
280	366.97	39.37	3.585	25.9	45.05	0.030
290	356.76	40.45	3.576	26.3	46.21	0.028
300	347.42	41.52	3.565	26.7	47.38	0.026

稚樹が発生し、それらは20年目には平均胸高直径7.2 cmに達するものとした。この値は、木曾地方ヒノキ収穫表地位下より想定したものである。漸伐により発生する下木の成長は、先に求めた直径遷移確率に従うことになる。いま、20年目における直径分布の形がワイブル分布に従うものとして、表-15に示した造林地15林分の変動係数の平均値から分散を導き、ワイブル分布のパラメーターを求めた($b=7.9, c=4.4$)。この林分は時の流れとともに自己間引を繰り返してゆくが、その本数減少過程は、密度管理図を用いて表現できるものとした。そこでまず、林分の樹高曲線を定めることとした。通常、人工林においては、樹高曲線は時間の経過とともに上方へシフトするが、ここでは天然林であることから樹高曲線は時間の経過にかかわらず安定しているものと想定した。そこで、木曾・裏木曾地域における、13林分540本の天然ヒノキ調査資料より、次のような樹高曲線式を得た。

$$h = 1.2 + \frac{d^2}{(2.37 + 0.141d)^2} \quad (1)$$

次に、密度管理図の林分平均樹高 (H) と ha 当たり本数 (N) の関係式を、収量指数 $R_y=0.6$ の条件で次のように求めた。

$$N=135446H^{(-1.8168)} \quad (2)$$

20 年目以降の各時点の直径分布は、20 年目の直径分布に、直径遷移確率を繰り返しかけていくことによって得られる。(1)式により、この直径分布を樹高分布に変換して林分平均樹高を求め、さらに、この林分平均樹高を(2)式に代入して ha 当たり本数を得た。以上の方法により、第 1 回漸伐後の下木林分の成長状態を表-16 のように表わすことができる。これにより、漸伐後 300 年目には平均胸高直径 41.5 cm, ha 当たり胸高断面積合計 47.4 m² となり、御造営用材として利用が可能な林分状態となっていることがわかる。

(3) 御造営用材に必要なとなる立木本数の計算

20 年ごとに遷宮に必要な丸太の長さ、末口直径、本数は、表-1 のとおりである。この表-1 の丸太を得るには、胸高直径が何 cm の立木が何本必要かを計算しなければならない。そこでまず、立木の樹高 (h) を 1、樹高の 1/10 の高さの直径 ($d_{0.9}$) を 1 とし、各相対高における相対直径を

表-17 直径階別細り

Table 17. Taper of Hinoki tree by dbh class

(単位: cm)

DBH	H	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m	16m	17m	18m
cm	m																	
24	18.6	20	20	20	18	18	16	16	14	14	12	12	10	8	6	4	2	0
26	19.8	22	22	22	20	20	18	18	16	16	14	14	12	10	8	6	6	2
28	20.9	24	24	22	22	20	20	18	18	16	16	14	12	10	10	8	8	6
30	21.9	26	26	24	24	24	22	22	20	20	18	16	16	14	12	12	10	8
32	22.9	28	28	26	26	26	24	24	22	22	20	20	18	18	16	14	12	12
34	23.8	30	30	28	28	26	26	26	24	24	22	22	20	20	18	16	14	14
36	24.6	32	32	30	30	28	28	28	26	26	24	24	22	22	20	18	16	16
38	25.4	34	34	32	32	30	30	28	28	28	26	26	24	22	22	20	18	18
40	26.2	36	34	34	34	32	32	30	30	28	28	26	26	24	24	22	20	20
42	26.9	38	36	36	34	34	34	32	32	30	30	28	28	26	26	24	22	20
44	27.6	40	38	38	36	36	34	34	34	32	32	30	30	28	26	26	24	22
46	28.2	42	40	40	38	38	36	36	34	34	32	32	30	30	28	28	26	24
48	28.9	44	42	42	40	40	38	38	36	36	34	34	32	32	30	28	28	26
50	29.4	46	44	44	42	42	40	40	38	38	36	36	34	34	32	30	30	28
52	30.0	48	46	44	44	42	42	40	40	40	38	36	36	34	34	32	30	30
54	30.5	50	48	46	46	44	44	42	42	40	40	38	38	36	36	34	32	32
56	31.0	50	50	48	48	46	46	44	44	42	42	40	40	38	36	36	34	32
58	31.5	52	52	50	50	48	48	46	46	44	44	42	40	40	38	38	36	34
60	32.0	54	54	52	52	50	48	48	46	46	44	44	42	42	40	38	38	36
62	32.0	56	56	54	52	52	50	50	48	48	46	46	44	42	42	40	38	38
64	32.0	53	53	56	54	54	52	52	50	48	48	46	46	44	42	42	40	38
66	32.0	60	58	58	56	56	54	52	52	50	50	48	46	46	44	42	42	40
68	32.0	62	60	60	58	56	56	54	54	52	50	50	48	48	46	44	42	40
70	32.0	64	62	62	60	58	58	56	54	54	52	52	50	48	46	46	44	42
72	32.0	66	64	62	62	60	58	58	56	54	52	52	50	48	46	46	44	42
74	32.0	68	66	64	64	62	60	60	58	56	56	54	52	52	50	48	46	44
76	32.0	70	68	66	64	64	62	60	60	58	56	56	54	52	52	50	48	46
78	32.0	72	70	68	66	66	64	62	62	60	58	58	56	54	52	50	48	48
80	32.0	74	72	70	68	66	66	64	62	62	60	58	58	56	54	52	50	48

計算し、相対幹形を決定することとした。一般に、人工林における樹幹形は、林齢・地位によって変わるとされている。そこで、天然ヒノキ 11 本の樹幹解析資料より、高齢時の相対幹形の 10 年目ごとの数値を計算し、その結果高齢時には、相対幹形が安定していることを確認した。また、2つの高齢林分の各個体ごとの相対幹形を比較した結果、同一林分内では、相対直径の変動係数が小さく、相対幹形は安定しているが林分が異なれば相対幹形も変わることがわかった。この相対幹形の相違は樹高の差によるものと考えられる。そこで、天然ヒノキの相対幹形は樹高の大小による 2 種類とし、樹高 22 m 以上のグループと樹高 22 m 以下のグループの各相対高における平均相対直径を計算し、その結果に 3 次多項式をあてはめ、相対幹曲線式を得た。

$$\text{樹高 22 m 以下} \quad \frac{d(h)}{d(0.9)} = 2.08 h^3 - 1.73 h^2 + 0.73 h$$

$$\text{樹高 22 m 以上} \quad \frac{d(h)}{d(0.9)} = 2.45 h^3 - 2.56 h^2 + 1.18 h$$

表-18 径級別遷宮用立木本数

Table 18. Number of trees by dbh class necessary to the reconstruction of Ise Shrine

胸高直径 dbh (cm)	長 さ (m) Length												計	累積和 Cumulated	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
28	8	81	4	18	2									113	11,495
30	3	28		56	5									92	11,382
32	2	12	21	42	15		2							94	11,290
34	5	6	29	27			17							84	11,196
36	43	85	66	38	5		8							245	11,112
38	21	97	50	223	4			2		8				405	10,867
40	14	206	74	231	16	7	5							553	10,462
42			168		20	10	17	7	2	4				228	9,909
44	32	417	232	469	45		7	2						1,204	9,681
46	28	198	131	672	139	23	4	3						1,198	8,477
48	53	173	159	342	79	17	32	5						860	7,279
50	166	392	417	348	95	16	31	4						1,469	6,419
52	79	213		719		26		3						1,040	4,950
54	72	246	208	311	147	63	54	5				4		1,110	3,910
56	25	83	205	205	116	28	91	3				1		757	2,800
58	14	39	62	457	202	19	65	4						862	2,043
60	17	29	26	191	51		100				8			422	1,181
62	2	16	16		21	30	26	12		1	2			126	759
64		11	16	112	12	11	27	8						197	633
66			5	28	11	5		6	2	2				59	436
68		15		9		10	49	12	2	1	2			100	377
70		4	6		6	6	4		8					34	277
72		7		9			14	1	1					32	243
74	1	13	2	3	16	8	39				2			84	211
76		4		3	12	8		2	6					35	127
78	1		2		19	6	9	3	19	1				60	92
80	2	2	1	6	4	12	5							32	32
計	588	2,377	1,900	4,519	1,042	305	606	82	40	19	12	5		11,495	

ただし、 h は相対高、 $d(h)$ は、相対高 h における相対直径である。

(1) 式の樹高曲線から各直径階ごとに樹高を求め、これを相対幹曲線式に代入することによって表-17 のように任意の長さの丸太の末口径を求めることができる。ここでは、直径偏倚率 5%、樹皮率 1.15% とした。この結果から算出した御造管用材の直径階別立木本数は表-18 のとおりである。

なお、胸高直径が 80 cm 以上の超大径材 210 本についてはこれを特殊用材として別途に考えることとし、ここでは計算の対象から除外した。

(4) 施業方法の検討

以上の結果をふまえ、20 年に一度ずつ御造管用材を安定的に供給するためには、どのような漸伐方法をとればよいかを検討した。まず、上木の林分の状態を表現するために、昭和初期に調査した天然ヒノキ 18 林分の直径分布にワイブル分布をあてはめ、平均 (38.7 cm) と分散 (153.5) から、パラメーター ($b=4.3$, $c=3.5$) を求めた。次に、上木の本数減少については、表-19 に示した天然ヒノキ 33 林分の林分平均胸高直径 (D) と ha 当たり本数 (N) との関係から、次のような関係式を得た。

$$N=95789.6D^{(-1.5348)} \quad (3)$$

以上の前提条件の下で、初期の直径分布に、直径遷移確率を繰り返しかけていくことによって、全く伐採を行わない場合の各時点における上木の成長状態が表-20 のとおり得られた。また、上木伐採によって発生する稚樹は 300 年後には、御造管用材

の供給が可能な林分状態となっていることが成長予測の結果からわかった。そこで保続生産を図るために、上木を 100 年回帰で、0 年目、100 年目、200 年目、300 年目の 4 回に分けて収穫することにした。しかし、御造管用材は 20 年に一度ずつ必要になるので、100 年間に 5 回伐採することが要求される。そこで筆者らは、保続計算を行なう方法として、まず、林を 5 つのグループに分け、回帰年を 100 年とし、20 年ごとに順次各グループから御造管用材を抜き伐りしてゆくこととした。この施業は一種の群状傘伐作業に属するが、その更新期間は極めて長い点に特徴が

表-19 各調査地における平均直径と立木本数
Table 19. Mean dbh and number of trees in each Hinoki stands

調査地番号 Plot number	平均直径 Mean dbh	本数 Number of trees
小坂 (9)	11.3 cm	2,382
(10)	12.0	3,176
(13)	12.0	2,230
(11)	12.3	1,749
(3)	13.9	1,657
(14)	14.1	1,560
(15)	14.2	1,417
(5)	15.1	1,066
(12)	15.1	1,438
(2)	15.4	1,583
(7)	17.3	998
(4)	17.9	1,418
(8)	19.1	1,080
(1)	19.4	889
(6)	19.6	1,095
小川 (3)	32.2	436
(4)	35.4	396
(7)	37.7	327
(5)	38.4	470
裏木曾 (5)	38.5	327
(8)	38.6	292
小川 (2)	38.9	550
裏木曾 (2)	41.2	312
小川 (6)	41.3	338
裏木曾 (7)	41.4	332
(4)	42.4	306
(1)	42.7	345
(3)	42.8	333
(10)	43.1	231
(9)	43.5	323
(1)	45.5	231
(6)	48.8	248
(11)	52.1	181

(注) 「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」第 47 表

Note: Table 47 in "Studies on the Normal State of Reserved Forest for Ise Shrine".

表-20 上木の成長予測

Table 20. The growth prediction of the upper story

年目 Years after regeneration	ha 当本数 No. of trees per hectere	平均胸高直径 Mean dbh (cm)	ha 当断面積合計 Basal area (m ²)	自然枯死率 Self thinning rate
0	350.35	38.69 cm	45.31 m ²	0.045
10	334.43	39.89	45.67	0.044
20	319.67	41.08	46.02	0.043
30	306.08	42.26	46.36	0.041
40	293.53	43.43	46.71	0.040
50	281.93	44.59	47.06	0.038
60	271.17	45.73	47.41	0.037
70	261.18	46.86	47.76	0.036
80	251.87	47.98	48.12	0.034
90	243.19	49.09	48.47	0.033
100	235.08	50.19	48.81	0.032
110	227.49	51.28	49.16	0.031
120	220.36	52.35	49.51	0.030
130	213.67	53.41	49.85	0.029
140	207.38	54.46	50.19	0.029
150	201.45	55.50	50.53	0.028
160	195.85	56.53	50.86	0.027
170	190.56	57.55	51.20	0.026
180	185.55	58.56	51.53	0.026
190	180.80	59.55	51.85	0.025
200	176.29	60.54	52.18	0.024
210	172.00	61.52	52.50	0.024
220	167.92	62.49	52.82	0.023
230	164.04	63.45	53.13	0.023
240	160.34	64.40	53.44	0.022
250	156.81	65.34	53.74	0.021
260	153.44	66.27	54.04	0.021
270	150.23	67.19	54.34	0.020
280	147.15	68.10	54.62	0.020
290	144.22	69.00	54.91	0.019
300	141.42	69.89	55.18	0.019
310	138.76	70.76	55.45	0.018
320	136.21	71.62	55.71	0.018
330	133.79	72.46	55.97	0.017
340	131.49	73.29	56.21	0.017
350	129.30	74.09	56.45	0.016
360	127.23	74.87	56.68	0.015
370	125.27	75.63	56.90	0.015
380	123.42	76.37	57.11	0.014
390	121.68	77.08	57.31	0.013
400	120.05	77.76	57.50	0.013
410	118.52	78.42	57.68	0.012
420	117.09	79.04	57.85	0.011
430	115.76	79.63	58.01	0.011
440	114.52	80.19	58.16	0.010
450	113.38	80.71	58.30	0.009
460	112.33	81.20	58.43	0.009
470	111.37	81.66	58.55	0.008
480	110.49	82.08	58.66	0.007
490	109.69	82.47	58.76	0.007
500	108.96	82.83	58.86	0.006
510	108.30	83.16	58.94	0.005
520	107.71	83.46	59.02	0.005
530	107.18	83.72	59.09	0.004
540	106.71	83.97	59.16	0.004
550	106.29	84.18	59.22	0.003
560	105.92	84.37	59.27	0.003
570	105.59	84.55	59.32	0.003
580	105.30	84.70	59.36	0.002
590	105.05	84.83	59.40	0.002
600	104.83	84.94	59.43	

表-21 各直径階以上の累積必要立木本数

Table 21. The cumulative number of trees necessary to the reconstruction over dbh class

直径階 (cm) dbh class	必要本数 Necessary number	×2.5	必要本数の 2.5 倍の累計 Cumulated
28	113	282.5	28,737.5
30	92	230.0	28,455.0
32	94	235.0	28,225.0
34	84	210.0	27,990.0
36	245	612.5	27,780.0
38	405	1,012.5	17,167.5
40	553	1,382.5	26,155.0
42	228	570.0	24,772.5
44	1,204	3,010.0	24,202.5
46	1,198	2,995.0	21,192.5
48	860	2,150.0	18,197.5
50	1,469	3,672.5	16,047.5
52	1,040	2,600.0	12,375.0
54	1,110	2,775.0	9,775.0
56	757	1,892.5	7,000.0
58	862	2,155.0	5,107.5
60	422	1,055.0	2,952.5
62	126	315.0	1,897.5
64	197	492.5	1,582.5
66	59	147.5	1,090.0
68	100	250.0	942.5
70	34	85.0	692.5
72	32	80.0	607.5
74	84	210.0	527.5
76	35	87.5	317.5
78	60	150.0	230.0
80	32	80.0	80.0

ある。

こうした考えの下でシミュレーションによって森林がどのように変化してゆくかを調べることにした。昭和初期に調査した天然ヒノキ林分の直径分布データを当初の直径分布と想定しているため、その後の経過年数を考慮して調査時点の 50 年目からスタートすることとした。その結果、第 1 グループは 50, 150, 250, 350 年目に伐採、第 2 グループは 70, 170, 270, 370 年目に伐採、第 3 グループは 90, 190, 290, 390 年目に伐採、第 4 グループは 110, 210, 310, 410 年目に伐採、第 5 グループは 130, 230, 330, 430 年目に伐採することになる。伐採木は、下木の光条件の改善を第一に考えて選木するので、各直径階ごとの伐採率は一律となる。伐採率は、30～65%の範囲で ha 当たり断面積合計を指標に選択することとした。御造管用材の数量は表-18 のとおりであるが、その中に不適木が存在する割合を考慮して、倉田の計算と同様その 2.5 倍の本数を必要な数量とした。ここで筆者らは、伐採木は必ずしも必要な資材と丁度同じ直径の立木である必要はないと考えた。大径材は小径材を代替することができ、胸高直径が必要径級以上あれば用は足せるからである。例えば胸高直径 50 cm の立木が必要ならば 52 cm でもその需要を満たすことが

表-22 各伐採時におけるグループ別最適解
Table 22. The optimum solutions of yield by each group

	第一グループ 1st group	第2グループ 2nd group	第3グループ 3rd group	第4グループ 4th group	第5グループ 5th group
第一回目 1st cutting					
年目 Years after regeneration	50	70	90	110	130
森林面積 (ha) Optimum area	636	511	473	470	490
伐採率 (%) Cutting rate	49	39	30	29	28
保残断面積 (m ² /ha) Basal area after cutting	24	29	34	35	36

第二回目 2nd cutting					
年目 Years after regeneration	150	170	190	210	230
森林面積 (ha) Optimum area	599	495	435	476	490
伐採率 (%) Cutting rate	33	37	39	37	38
保残断面積 (m ² /ha) Basal area after cutting	24	27	30	31	31

第三回目 3rd cutting					
年目 Years after regeneration	250	270	290	310	330
森林面積 (ha) Optimum area	554	487	441	449	480
伐採率 (%) Cutting rate	54	59	62	63	63
保残断面積 (m ² /ha) Basal area after cutting	15	15	15	15	15

できるとしたのである。そこで、必要な数量として各直径階ごとに、その直径階以上の必要本数を表-21のように累計することとした。

次に、伐採対象となる森林の直径分布から、各直径階ごとにその直径階以上の立木を ha 当たり何本供給できるかを計算する。これをその直径階の累積和と呼ぶ。先の必要本数の累計をこの累積和で除して各直径階ごとの必要面積を求め、各直径階の必要面積のうちその最大値をもって御造営用材安定供給のために最低限確保しなければならない森林面積とすることとした。シミュレーションによって、各伐採時における伐採率を調整し、最低限確保しなければならない森林面積の最適解を求めることができた。この計算は次のような考え方によって行なった。まず、4 回目の伐採は下木の 1 回目と同時に行なうことになるので、下木の伐採計画を作るためにはこの時の上木の伐採量を一定にしておかねばならない。そこで、3 回目の伐採時に保残される立木の ha

表 - 23.1 上木の伐採方法 (第1グループ)

Table 23.1. The method of selective cuttings of the upper story (the 1st group)

年目 Year	ha 当本数 Number of trees	平均胸高直径 Mean dbh	ha 当断面積合計 Basal area	伐採率 Cutting rare
0	350.35	38.69	45.31	0.04
50	281.93	44.59	47.06	0.49
60	143.78	45.73	25.14	0.00
70	143.78	46.86	26.29	0.00
80	143.78	47.98	27.47	0.00
90	143.78	49.09	28.65	0.00
100	143.78	50.19	29.85	0.00
110	143.78	51.28	31.07	0.00
120	143.78	52.35	32.30	0.00
130	143.78	53.41	33.54	0.00
140	143.78	54.46	34.80	0.00
150	143.78	55.50	36.06	0.33
160	95.68	56.53	24.85	0.00
170	95.68	57.55	25.71	0.00
180	95.68	58.56	26.57	0.00
190	95.68	59.55	27.44	0.00
200	95.68	60.54	28.32	0.00
210	95.68	61.52	29.21	0.00
220	95.68	62.49	30.09	0.00
230	95.68	63.45	30.99	0.00
240	95.68	64.40	31.89	0.00
250	95.68	65.34	32.79	0.54
260	43.77	66.27	15.41	

直径階 bdh class	50年目 50yr.			150年目 150yr.			250年目 250yr		
	伐採 本数* ¹	累積和* ²	必要 面積* ³	伐採 本数* ¹	累積和* ²	必要 面積* ³	伐採 本数* ¹	累積和* ²	必要 面積* ³
28 cm	3.61	128.99	223	0.12	47.98	599	0.00	51.92	554
30	4.36	125.38	227	0.21	47.86	594	0.00	51.92	548
32	5.11	121.02	233	0.33	47.65	592	0.01	51.91	544
34	5.78	115.91	241	0.49	47.32	592	0.01	51.91	539
36	6.49	110.13	252	0.68	46.83	593	0.03	51.90	535
38	7.22	103.64	262	0.91	46.14	589	0.06	51.87	524
40	8.01	96.42	271	1.18	45.23	578	0.12	51.81	505
42	8.77	88.41	280	1.50	44.05	562	0.21	51.69	479
44	9.27	79.64	304	1.85	42.55	569	0.36	51.47	470
46	9.37	70.37	301	2.21	40.70	521	0.57	51.11	415
48	9.04	61.00	298	2.56	38.49	473	0.84	50.54	360
50	8.41	51.96	309	2.86	35.94	447	1.15	49.69	323
52	7.83	43.55	284	3.19	33.07	374	1.52	48.54	255
54	7.40	35.72	274	3.56	29.89	327	2.01	47.02	208
56	6.69	28.31	247	3.77	26.33	266	2.55	45.01	156
58	5.55	21.63	236	3.73	22.56	226	3.08	42.46	120
60	4.37	16.08	184	3.53	18.84	157	3.61	39.38	75
62	3.38	11.71	162	3.21	15.31	124	4.05	35.77	53
64	2.55	8.33	190	2.82	12.10	131	4.32	31.71	50
66	1.86	5.77	189	2.35	9.28	117	4.30	27.40	40
68	1.32	3.91	241	1.83	6.93	136	4.02	23.10	41
70	0.92	2.59	267	1.39	5.09	136	3.63	19.08	36
72	0.63	1.67	364	1.05	3.71	164	3.19	15.45	39
74	0.41	1.04	601	0.78	2.66	236	2.75	12.26	51
76	0.27	0.63	504	0.59	1.88	169	2.33	9.51	33
78	0.17	0.36	636	0.43	1.29	178	1.87	7.18	32
80	0.10	0.20	408	0.31	0.86	93	1.48	5.31	15

50年目と150年目と250年目を伐採し、24 m², 24 m², 15 m² ずつ上木を残す場合

This table indicates the case where upper story will be selectively cut at 50, 150, 250 each year after regeneration, and the remained basal area will be 24, 24, 15 m², respectively.

*¹ Number of trees to be cut. *² Cumulated number. *³ Necessary area.

表-23.2 上木の伐採方法 (第2グループ)

Table 23.2. The method of selective cuttings of the upper story (the 2nd group)

年目 Year	ha 当本数 Number of trees	平均胸高直径 Mean dbh	ha 当断面積合計 Basal area	伐採率 Cutting rate
0	350.35	38.69	45.31	0.04
70	261.18	46.86	47.76	0.39
80	158.57	47.98	30.29	0.00
90	158.57	49.09	31.60	0.00
100	158.57	50.19	32.93	0.00
110	158.57	51.28	34.27	0.00
120	158.57	52.35	35.62	0.00
130	158.57	53.41	36.99	0.00
140	158.57	54.46	38.38	0.00
150	158.57	55.50	39.77	0.00
160	158.57	56.53	41.18	0.00
170	158.57	57.55	42.60	0.37
180	100.49	58.56	27.91	0.00
190	100.49	59.55	28.82	0.00
200	100.49	60.54	29.75	0.00
210	100.49	61.52	30.67	0.00
220	100.49	62.49	31.61	0.00
230	100.49	63.45	32.55	0.00
240	100.49	64.40	33.49	0.00
250	100.49	65.34	34.44	0.00
260	100.49	66.27	35.39	0.00
270	100.49	67.19	36.35	0.59
280	41.47	68.10	15.39	

直径階 dbh class	70年目 70yr			170年目 170yr			270年目 270yr		
	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3
28 cm	2.00	98.40	292	0.07	58.03	495	0.00	59.02	487
30	2.53	96.40	295	0.13	57.96	491	0.00	59.02	482
32	3.08	93.87	301	0.22	57.84	488	0.00	59.02	478
34	3.61	90.79	308	0.36	57.62	486	0.00	59.02	474
36	4.14	87.18	319	0.53	57.26	485	0.01	59.02	471
38	4.70	83.04	327	0.76	56.73	479	0.03	59.00	460
40	5.34	78.34	334	1.05	55.96	467	0.06	58.97	443
42	6.02	73.00	339	1.40	54.91	451	0.12	58.91	420
44	6.64	66.97	361	1.80	53.51	452	0.23	58.79	412
46	7.03	60.33	351	2.23	51.71	410	0.40	58.56	362
48	7.07	53.30	341	2.65	49.49	368	0.63	58.17	313
50	6.79	46.23	347	3.05	46.83	343	0.92	57.54	279
52	6.45	39.44	314	3.49	43.79	283	1.29	56.61	219
54	6.20	32.99	296	4.04	40.40	243	1.80	55.32	177
56	5.77	26.79	261	4.49	36.26	193	2.38	53.52	131
58	5.08	21.02	243	4.66	31.77	161	2.99	51.14	100
60	4.18	15.94	185	4.59	27.11	109	3.61	48.15	61
62	3.24	11.76	161	4.29	22.51	84	4.19	44.54	43
64	2.48	8.52	186	3.87	18.22	87	4.66	40.35	39
66	1.85	6.03	181	3.35	14.35	76	4.88	35.68	31
68	1.34	4.18	225	2.76	11.00	86	4.79	30.80	31
70	0.95	2.85	243	2.16	8.24	84	4.49	26.01	27
72	0.66	1.89	321	1.64	6.08	100	4.04	21.53	28
74	0.46	1.23	511	1.24	4.45	141	3.58	17.48	36
76	0.31	0.77	411	0.95	3.20	99	3.15	13.91	23
78	0.20	0.46	296	0.71	2.25	102	2.67	10.76	21
80	0.12	0.26	303	0.53	1.54	52	2.17	8.09	10

70年目と170年目と270年目に上木を伐採し、29 m², 27 m², 15 m² ずつ上木を残す場合
 This table indicates the case where upper story will be selectively cut at 70, 170, 270 each year after regeneration, and the remained basal area will be 29, 27, 15 m², respectively.

*1 Number of trees to be cut. *2 Cumulated number. *3 Necessary area.

表-23.3 上木の伐採方法 (第3グループ)

Table 23.3. The method of selective cuttings of the upper story (the 3rd group)

年日 Year	ha 当本数 Number of trees	平均胸高直径 Mean dbh	ha 当断面積合計 Basal area	伐採率 Cutting rate
0	350.35	38.69	45.31	0.03
90	243.19	49.09	48.47	0.30
100	170.61	50.19	35.43	0.00
110	170.61	51.28	36.87	0.00
120	170.61	52.35	38.33	0.00
130	170.61	53.41	39.80	0.00
140	170.61	54.46	41.29	0.00
150	170.61	55.50	42.79	0.00
160	170.61	56.53	44.31	0.00
170	170.61	57.55	45.84	0.00
180	170.61	58.56	47.38	0.00
190	170.61	59.55	48.93	0.39
200	104.60	60.54	30.96	0.00
210	104.60	61.52	31.93	0.00
220	104.60	62.49	32.90	0.00
230	104.60	63.45	33.88	0.00
240	104.60	64.40	34.86	0.00
250	104.60	65.34	35.85	0.00
260	104.60	66.27	36.84	0.00
270	104.60	67.19	37.83	0.00
280	104.60	68.10	38.83	0.00
290	104.60	69.00	39.82	0.62
300	39.40	69.89	15.37	

直径階 dbh class	90年目 90yr.			190年目 190yr.			290年目 290yr.		
	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3
28 cm	0.98	70.89	405	0.03	65.99	435	0.00	65.20	441
30	1.32	69.91	407	0.06	65.96	431	0.00	65.20	436
32	1.68	68.59	411	0.12	65.90	428	0.00	65.20	433
34	2.05	66.91	418	0.22	65.78	426	0.00	65.20	429
36	2.44	64.86	428	0.36	65.56	424	0.00	65.19	426
38	2.84	62.42	435	0.55	65.20	417	0.01	65.19	417
40	3.30	59.58	439	0.82	64.65	405	0.03	65.18	401
42	3.81	56.28	440	1.16	63.83	388	0.06	65.15	380
44	4.32	52.47	461	1.57	62.68	386	0.13	65.09	372
46	4.76	48.15	440	2.03	61.11	347	0.24	64.96	326
48	5.02	43.39	419	2.51	59.08	308	0.42	64.72	281
50	5.03	38.37	418	2.97	56.57	284	0.66	64.30	250
52	4.94	33.34	371	3.48	53.61	231	1.00	63.64	194
54	4.86	28.40	344	4.16	50.12	195	1.48	62.64	156
56	4.60	23.54	297	4.80	45.96	152	2.07	61.16	114
58	4.18	18.94	270	5.23	41.17	124	2.71	59.09	86
60	3.65	14.76	200	5.42	35.93	82	3.41	56.38	52
62	2.95	11.11	171	5.27	30.52	62	4.08	52.97	36
64	2.27	8.16	194	4.88	25.25	63	4.71	48.89	32
66	1.72	5.89	185	4.33	20.37	54	5.15	44.18	25
68	1.27	4.17	226	3.71	16.04	59	5.30	39.04	24
70	0.92	2.90	238	3.07	12.33	56	5.20	33.73	21
72	0.66	1.98	306	2.39	9.26	66	4.86	28.53	21
74	0.46	1.33	473	1.83	6.87	91	4.41	23.67	27
76	0.32	0.87	367	1.42	5.04	63	3.98	19.26	16
78	0.22	0.54	424	1.09	3.62	64	3.51	15.29	15
80	0.14	0.32	248	0.82	2.53	32	3.01	11.78	7

90年目と190年目と290年目に上木を伐採し、34 m²、30 m²、15 m² ずつ上木を残す場合

This table indicates the case where upper story will be selectively cut at 90, 190, 290 each year after regeneration, and the remained basal area will be 34, 30, 15 m² respectively.

*1 Number of trees to be cut. *2 Cumulated number. *3 Necessary area.

表-23.4 上木の伐採方法 (第4グループ)

Table 23.4. The method of selective cuttings of the upper story (the 4th group)

年日 Year	ha 当本数 Number of trees	平均胸高直径 Mean dbh	ha 当断面積合計 Basal area	伐採率 Cutting rate
0	350.35	38.69	45.31	0.03
110	227.49	51.28	49.16	0.29
120	161.96	52.35	36.38	0.00
130	161.96	53.41	37.78	0.00
140	161.96	54.46	39.20	0.00
150	161.96	55.50	40.62	0.00
160	161.96	56.53	42.06	0.00
170	161.96	57.55	43.51	0.00
180	161.96	58.56	44.98	0.00
190	161.96	59.55	46.45	0.00
200	161.96	60.54	47.94	0.00
210	161.96	61.52	49.43	0.37
220	101.56	62.49	31.94	0.00
230	101.56	63.45	32.89	0.00
240	101.56	64.40	33.85	0.00
250	101.56	65.34	34.81	0.00
260	101.56	66.27	35.77	0.00
270	101.56	67.19	36.74	0.00
280	101.56	68.10	37.70	0.00
290	101.56	69.00	38.67	0.00
300	101.56	69.89	39.63	0.00
310	101.56	70.76	40.59	0.63
320	37.53	71.62	15.35	

直径階 dbh class	110年目 110yr.			210年目 210yr.			310年目 310yr.		
	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3
28 cm	0.56	64.73	444	0.01	60.39	476	0.00	64.03	449
30	0.81	64.17	443	0.02	60.38	471	0.00	64.03	444
32	1.10	63.36	445	0.05	60.36	468	0.00	64.03	441
34	1.41	62.26	450	0.10	60.31	464	0.00	64.03	437
36	1.75	60.84	457	0.17	60.21	461	0.00	64.03	434
38	2.12	59.09	460	0.29	60.04	452	0.00	64.03	424
40	2.53	56.98	459	0.47	59.75	438	0.01	64.03	409
42	2.99	54.45	455	0.71	59.28	418	0.02	64.02	387
44	3.47	51.46	470	1.03	58.56	413	0.06	63.99	378
46	3.94	47.99	442	1.41	57.53	368	0.12	63.94	331
48	4.31	44.05	413	1.83	56.12	324	0.23	63.82	285
50	4.52	39.74	404	2.25	54.29	296	0.39	63.59	252
52	4.64	35.21	351	2.72	52.05	238	0.64	63.20	196
54	4.73	30.57	320	3.34	49.32	198	1.01	63.57	156
56	4.60	25.84	271	3.97	45.99	152	1.51	61.55	114
58	4.26	21.24	240	4.51	42.01	122	2.10	60.04	85
60	3.84	16.98	174	4.91	37.51	79	2.76	57.94	51
62	3.30	13.14	144	5.02	32.60	58	3.43	55.19	34
64	2.64	9.84	161	4.83	27.59	57	4.08	51.75	31
66	2.00	7.20	151	4.41	22.76	48	4.63	47.67	23
68	1.50	5.20	181	3.87	18.35	51	4.98	43.04	22
70	1.11	3.70	187	3.32	14.48	48	5.13	38.06	18
72	0.81	2.59	235	2.74	11.16	54	5.02	32.92	18
74	0.58	1.78	353	2.15	8.42	75	4.71	27.90	22
76	0.42	1.19	266	1.68	6.26	51	4.36	23.19	14
78	0.29	0.78	296	1.31	4.58	50	3.94	18.84	12
80	0.20	0.48	166	1.01	3.28	24	3.52	14.90	5

110年目と210年目と310年目に上木を伐採し、35 m²、31 m²、15 m² ずつ上木を残す場合

This table indicates the case where upper story will be selectively cut at 110, 210, 310 each year after regeneration, and the remained basal area will be 35, 31, 15 m², respectively.

*1 Number of trees to be cut. *2 Cumulated number. *3 Necessary area.

表-23.5 上木の伐採方法 (第5グループ)

Table 23.5. The method of selective cuttings of the upper story (the 5th group)

年日 Year	ha 当本数 Number of trees	平均胸高直径 Mean dbh	ha 当断面積合計 Basal area	伐採率 Cutting rate
0	350.35	38.69	45.31	0.03
130	213.67	53.41	49.85	0.28
140	154.31	54.46	37.35	0.00
150	154.31	55.50	38.71	0.00
160	154.31	56.53	40.08	0.00
170	154.31	57.55	41.46	0.00
180	154.31	58.56	42.85	0.00
190	154.31	59.55	44.26	0.00
200	154.31	60.54	45.67	0.00
210	154.31	61.52	47.10	0.00
220	154.31	62.49	48.53	0.00
230	154.31	63.45	49.98	0.38
240	95.72	64.40	31.90	0.00
250	95.72	65.34	32.80	0.00
260	95.72	66.27	33.71	0.00
270	95.72	67.19	34.62	0.00
280	95.72	68.10	35.53	0.00
290	95.72	69.00	36.44	0.00
300	95.72	69.89	37.35	0.00
310	95.72	70.76	38.25	0.00
320	95.72	71.62	39.15	0.00
330	95.72	72.46	40.04	0.63
340	35.86	73.29	15.33	

直径階 dbh class	130年目 130yr.			230年目 230yr.			330年目 330yr.		
	伐採 本数* ¹	累積和* ²	必要 面積* ³	伐採 本数* ¹	累積和* ²	必要 面積* ³	伐採 本数* ¹	累積和* ²	必要 面積* ³
28 cm	0.29	59.03	487	0.00	58.59	490	0.00	59.86	480
30	0.46	58.74	484	0.01	58.59	485	0.00	59.86	475
32	0.67	58.28	484	0.02	58.58	482	0.00	59.86	472
34	0.92	57.61	486	0.04	58.57	478	0.00	59.86	468
36	1.20	56.69	490	0.08	58.53	475	0.00	59.86	464
38	1.51	55.50	490	0.15	58.45	465	0.00	59.86	454
40	1.87	53.99	484	0.26	58.30	449	0.00	59.86	437
42	2.28	52.11	475	0.43	58.04	427	0.01	59.85	414
44	2.72	49.83	486	0.67	57.61	420	0.02	59.85	404
46	3.17	47.11	450	0.98	56.94	372	0.05	59.83	354
48	3.57	43.94	414	1.34	55.96	325	0.10	59.78	304
50	3.88	40.38	397	1.73	54.62	294	0.20	59.67	269
52	4.17	36.49	339	2.18	52.90	234	0.35	59.47	208
54	4.45	32.32	302	2.76	50.72	193	0.61	59.12	165
56	4.49	27.88	251	3.38	47.96	146	0.99	58.51	120
58	4.27	23.39	218	3.96	44.58	115	1.46	57.52	89
60	3.93	19.12	154	4.49	40.62	73	2.03	56.06	53
62	3.50	15.19	125	4.83	36.12	53	2.65	54.03	35
64	2.97	11.69	135	4.89	31.29	51	3.27	51.38	31
66	2.34	8.72	125	4.63	26.40	41	3.83	48.10	23
68	1.76	6.39	148	4.18	21.77	43	4.28	44.27	21
70	1.32	4.63	150	3.68	17.59	39	4.60	39.99	17
72	0.98	3.31	184	3.16	13.92	44	4.72	35.39	17
74	0.72	2.33	270	2.62	10.76	58	4.63	30.67	20
76	0.53	1.60	198	2.10	8.15	39	4.43	26.03	12
78	0.38	1.07	214	1.64	6.05	38	4.11	21.60	11
80	0.27	0.69	115	1.29	4.40	18	3.78	17.49	5

130年目と230年目と330年目に上木を伐採し、36 m², 31 m², 15 m² ずつ上木を残す場合
 This table indicates the case where upper story will be selectively cut at 130, 230, 330 each year
 after regeneration, and the remained basal area will be 36, 31, 15 m², respectively.

*¹ Number of trees to be cut. *² Cumulated number. *³ Necessary area.

表-24 下木の伐採方法 (各グループ共通)

Table 24. The method of selective cuttings of the lower story (every group)

年目 Year	ha 当本数 Number of trees	平均胸高直径 Mean dbh	ha 当断面積合計 Basal area	伐採率 Cutting rate
300	314.73	41.57	45.55	0.32
310	214.20	42.75	32.64	0.00
320	214.20	43.91	34.30	0.00
330	214.20	45.07	35.99	0.00
340	214.20	46.21	37.71	0.00
350	214.20	47.33	39.44	0.00
360	214.20	48.45	41.20	0.00
370	214.20	49.55	42.99	0.00
380	214.20	50.64	44.79	0.00
390	214.20	51.72	46.61	0.00
400	214.20	52.78	48.45	0.48
410	110.53	53.83	25.96	0.00
420	110.53	54.88	26.93	0.00
430	110.53	55.91	27.90	0.00
440	110.53	56.93	28.89	0.00
450	110.53	57.94	29.89	0.00
460	110.53	58.94	30.89	0.00
470	110.53	59.94	31.91	0.00
480	110.53	60.92	32.93	0.00
490	110.53	61.90	33.97	0.00
500	110.53	62.87	35.01	0.57
510	47.36	63.84	15.45	

直径階 dbh class	300年目 300yr.			400年目 400yr.			500年目 500yr.		
	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3	伐採 本数*1	累積和*2	必要 面積*3
28 cm	3.12	127.58	225	0.43	103.16	279	0.00	63.17	455
30	3.81	124.46	229	0.68	102.73	277	0.01	63.17	450
32	4.53	120.66	234	0.99	102.05	277	0.02	63.16	447
34	5.25	116.13	241	1.38	101.06	277	0.04	63.14	443
36	5.93	110.88	251	1.83	99.68	279	0.07	63.11	440
38	6.53	104.95	259	2.38	97.85	278	0.14	63.03	431
40	6.98	98.42	266	3.06	95.47	274	0.24	62.89	416
42	7.26	91.44	271	3.89	92.41	268	0.39	62.66	395
44	7.32	84.17	288	4.86	88.53	273	0.62	62.26	389
46	7.14	76.85	276	5.90	83.67	253	0.91	61.65	344
48	6.73	69.71	261	6.86	77.77	234	1.28	60.74	300
50	6.10	62.98	255	7.56	70.90	226	1.70	59.46	270
52	5.32	56.88	218	8.10	63.34	195	2.23	57.76	214
54	4.44	51.56	190	8.60	55.24	177	2.96	55.53	176
56	3.53	47.11	149	8.68	46.63	150	3.81	52.57	133
58	2.67	43.56	117	8.29	37.95	135	4.65	48.75	105
60	1.92	40.82	72	7.58	29.66	100	5.38	44.10	67
62	1.30	38.76	49	6.39	22.07	86	5.79	38.72	49
64	0.83	37.20	43	4.93	15.68	101	5.84	32.93	48
66	0.49	35.91	30	3.62	10.74	101	5.54	27.09	40
68	0.27	34.71	27	2.56	7.13	132	5.00	21.55	44
70	0.14	33.44	21	1.75	4.56	152	4.32	16.55	42
72	0.07	32.00	19	1.15	2.82	216	3.48	12.23	50
74	0.03	30.33	21	0.72	1.67	376	2.65	8.75	72
76	0.01	28.39	11	0.45	0.95	336	1.99	6.10	52
78	0.00	26.15	9	0.26	0.50	460	1.46	4.11	56
80	0.00	23.60	3	0.14	0.24	330	1.04	2.64	30

300年目と400年目と500年目に下木を伐採し、31 m², 25 m², 15 m² ずつ下木を残す場合

This table indicates the case where lower story will be selectively cut at 300, 400, 500 each year after regeneration, and the remained basal area will be 31, 25, 15 m², respectively.

*1 Number of trees to be cut. *2 Cumulated number. *3 Necessary area,

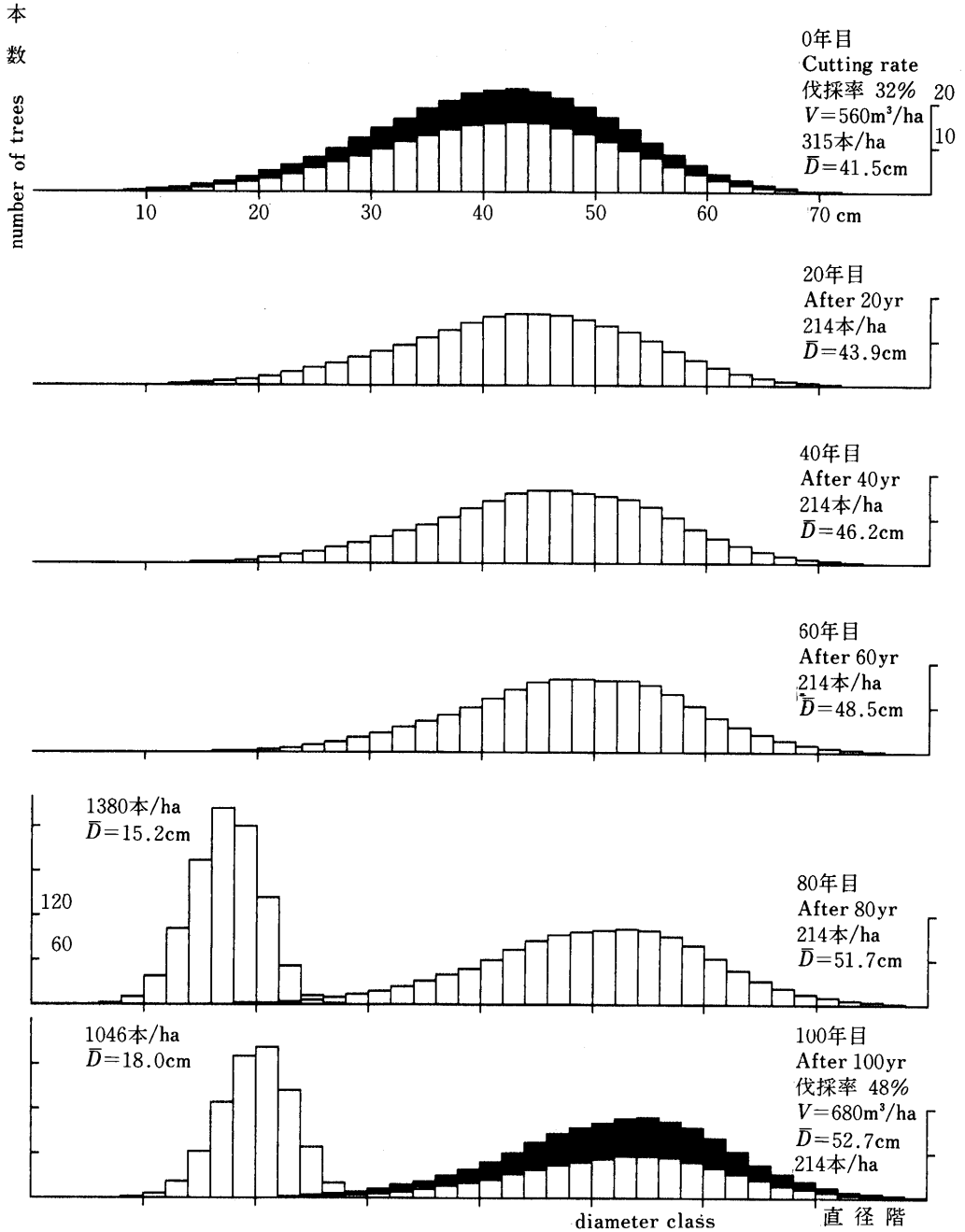


図-5 上木と下木の生長予測
(注) 黒い部分を伐採する

Fig. 5. Changes of estimated diameter histograms of Kiso-Hinoki stand after selective cutting—upper story and lower story.

Note: The area of hatched parts means the number of trees cut.

当たり断面積合計を 15 m^2 とすることにした。したがって、1 回目と 2 回目の伐採時に保残される立木の ha 当たり断面積合計を調整することが計画の中心的課題となる。いま、1 回目にあまり多く伐りすぎると、2 回目、3 回目の蓄積が少なくなり、需要に応えるためには大きな森林面積が必要となる。また、逆に初回を弱度に漸伐すればやはり必要とする森林面積が大きくなる。そこで、1 回目と 2 回目の伐採時に保残される立木の ha 当たり断面積合計の値を逐次変化させながら、3 回目の保残木断面積合計を 15 m^2 に固定して、保続生産に必要な面積の計算を試みた。こうして、様々な伐採方法に応じて 1 回目、2 回目、3 回目の ha 当たり伐採量が決まり、需要に応えるための必要面積がそれぞれ計算され、そのうちの最大値がその伐採方法における保続生産に必要な森林面積となる。ここでは、本計算の目的としてこの値が最小となるような伐採方法が見出せるまで伐採率の調整を行なうこととした。その具体的調整方法は次のとおりである。いま、1 回目の必要面積が最大になれば、1 回目の伐採率を上げるために保残木断面積合計を 1 m^2 減少させる。また、2 回目の必要面積が最大になれば、2 回目の伐採率を上げるために保残木断面積合計を 1 m^2 減少させる。そして、3 回目の必要面積が最大になった場合には、3 回目の伐採時に保残される立木の ha 当たり断面積合計は 15 m^2 に固定されているので、3 回目の伐採率を上げるために、2 回目の保残木断面積合計を 1 m^2 増加させる。このようにして、伐採時に保残される立木の ha 当たり断面積合計の調整を繰り返し、必要面積の最大値がそれ以上小さくならない保残木断面積合計の組み合わせを見つかるまで続ける。この時伐採率が 30~65% の範囲内に入らない組み合わせは除外する。こうして得られた最適解は、伐採を開始する時の森林の状態が異なるので、5 つのグループごとにそれぞれ異なる解となった。これをとりまとめると表-22 になり、その計算過程は表-23 に示した。このような伐採方法を 15 回、300 年繰り返すと、上木は ha 当たり 36~45 本の大径木を残すのみとなり、下木も十分成長し、御造営用材を供給できる状態になる。そこで、下木の第 1 回伐採と上木の第 4 回伐採を同時に行ない御造営用材を供給する。その後の伐採も 300 年間に 4 回伐採する方法を採用し、前述したような考え方で、最適伐採方法を決定した。ここで得られる最適解は、伐採を開始する時の森林の状態が同じなので、5 つのグループとも同じ解となり、同一面積で、同じ伐採方法を採用することになった。以後は、永続的にこのような伐採方法を繰り返すことになる。この過程は、表-24 および図-5 に示すとおりである。すなわち、下木発生後 300 年目を上木となった 0 年目とし、第一回目の伐採として胸高断面積の割合で 32% を伐採し、第二回目は 100 年目に 48% を伐採する。この時、新たな下木はすでに平均直径が 18 cm に達している。第三回目は、200 年目に 57% を伐採する。そして最後に 300 年目に残りをすべて伐採する。このようにして 100 年目ごとに伐採を行なうことが可能となる。ここでは、第二回目の伐採のための必要面積の最大値 460 ha が保続生産のための基礎数値となり、5 つのグループをあわせて、2300 ha が 20 年ごとの遷宮に必要な面積となる。

V. 考 察

これまでの検討の結果、筆者らの保続計算によれば、御造営用材の安定的供給のためには、当初 100 年間は 2,580 ha、次の 100 年間は 2,495 ha、さらに次の 100 年間は 2,411 ha と施業対象森林の面積は徐々に減少し、最終的には 2,300 ha の森林を繰り返し伐採していくことになる。しかし、この計算には、サワラ・ヒバなど天然更新の際に発生すると思われる他の樹種の混入及び更新困難地の存在を考慮に入れていない。この割合を倉田の方法に倣い 2,300 ha のそれぞれ

100%、40% とすると 5,520 ha が神宮備林として確保すべき森林面積となる。倉田の計算によればこれに相当する第一備林の面積は 4,484 ha であり、筆者らの計算結果の 81%となる。

このように、安全率を十分かけて計算した倉田による必要森林面積が、筆者らのそれより 20% 近くも少なくなった原因はどこにあるのであろうか。この点を分析した結果、その原因は双方の採用した林分の直径成長速度の相違にあることがわかった。

すなわち、倉田は 86 本のヒノキ天然林木の直径成長を調べた結果、その成長の速さの順に優勢木、中庸木 (a)、中庸木 (b)、劣勢木、被圧木の 5 種に分類した。その中で、中庸木 (b) と劣勢木が多数を占めていたが、今後は神宮備林では特に集約な撫育伐を繰り返すので、平均的には優勢木の成長を見込んでよいとした。しかし、事業上の安全性を考えて一段階下げ中庸木 (a) を平均的な林木として採用した。これに対して筆者らは資料全体から平均成長速度とその分散を計算し、これに基づいて林木は成長してゆくものと想定した。その結果、倉田の計算では 180 年で胸高直径が 50 cm になるのに対し、筆者らの計算では 300 年でも 42 cm にしかなっていない。この成長は上記分類では劣勢木のそれに相当している。

以上筆者らは約 50 年前に行なわれた神宮備林における御造営用材の保続計画問題に対して、新しい視点に立って再計算を試みた。筆者らは、この研究を森林資源管理の最も典型的な実例であると考えた。当時、御料林当局にとって御造営用材を保続生産することはその経営にとって最重要課題であった。しかし、この目的のためにあまりに広大な森林を振り分けることは、逆に一般経営を圧迫することにもつながった。そこで経験豊かな技術者が細心の注意を払って決定したのがこの神宮備林であったのである。ここで 100 年後とか 300 年後とかまるで夢のような計算をしてどのような意味があるか疑義をいだく人々もいよう。しかし、長期計画の意義は、われわれが現在どのような行動をとるかを決定する点にある。森林のように生育期間が長く、様々な公益的な機能を持つ天然資源の利用を考える場合、その施業の結果を長期的視点から検討しなければならないと筆者らは考えるのである。

今回のモデルについては多くの問題点がある。例えば、直径遷移確率が上木の立木密度の違いがあるにもかかわらず一定であるとした点、直径分布の変動係数が時間の経過とともに小さくなってゆくことを認めた点、下木の本数減少が人工林の密度管理図に従っていると想定した点、各直径階とも一律の伐採率でしか伐採を想定できなかった点などが問題となろう。このことについて筆者らは次のように考える。これまでいかに恵まれた状況の下でも、必要なすべての情報が揃っているという状況の下で施業計画をたてるということはなかった。またそのようなことは将来もありえない。常に部分的に未知な問題を含みつつ、われわれは計画をたててゆかねばならない。こうした場合、実践的な態度はそこにどれほどの安全度を見込むかである。この安全のために留保すべき量は人々の経験や知識や技術が進むにつれて減らしてゆくことができる。筆者らが立てた計画でも、不確実な問題の決定には常に安全度を考慮した。また、森林のように極めて複雑な対象についての計画では、常に適切な時期にその実行結果の照査と計画の見直しが必要である。この場合常に安全度が適正か否かの検討もなされなければならない。こうした考え方こそが森林管理の哲学であると筆者らは考えるのである。

最後に、倉田と筆者らの保続計算の論理を比較してみよう。倉田はまず、御造営用材を保続的に供給しうる蓄積基本数を計算して、この蓄積を維持するために必要な空間の大きさを檜天然林の中で決定した。この考え方は材積と直径階別本数との相違はあるが、その本質が法正蓄積を決

定することであり、収穫予定法ではそれは法正蓄積法に属するものである。それに対して筆者らの考え方は、現在あるものを成木と考え、非成木である更新林分が収穫可能となるまで成木の収穫を続けるということであり、これは材積配分法に属するものであり、われわれが保続計画をたてる場合いかに新しい手法をとってもそれは本質的には、これまで歴史的に形成されてきた収穫予定法のうちのいずれかに属さざるをえないのではないかというのが筆者らの感想である。

要 旨

本論文は、かつて、御料林が伊勢神宮の式年遷宮に必要なヒノキ材を保続的に供給するためにたてた計画の分析を通じて森林の保続計画のあり方を研究したものである。

1889年に木曾ヒノキ林が御料林の所管になって以来、御料林当局は20年ごとに行われる式年遷宮に必要なヒノキ材を保続的に供給することを重大な問題と考え、この目的のため1906年に神宮備林を設定した。

当時、御料林の施業担当の責任者であった倉田吉男氏はこの問題を理論的に研究し、1939年にその成果を「神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究」として公表した。

筆者らは、この問題は森林管理のあり方を考える典型的な事例であると考え、倉田の研究を新しい視点に立って分析した。

倉田の方法はまず20年ごとに必要なヒノキ材を安全確実に保続生産するのに必要な法正蓄積を決定し、この法正蓄積を包蔵する森林面積をもって神宮備林とすることであった。その結果、神宮備林の面積は4404.7 haとなった。

倉田の方法にはいくつかの問題点があった。その主要な問題点は次の二点であった。

- 1) 現在の約300年生のヒノキ天然林が、徳川時代に行われた択伐林施業によってできあがったものと誤認したこと。
- 2) 同じ直径級の林木は同じ成長速度を持つと仮定し、枯損率を直径の大きさとは無関係に5%と固定して、これに基づいて保続に必要なヒノキ立木本数を計算したこと。

筆者らは、これらの点を修正し、彼が用いた資料に新しい資料を加え再計算を行った。すなわち、作業法として強度の抜き切りによる漸伐方式を採用し、漸伐の結果更新した下木が利用径級に達するまで、上木の保続収穫を図るという材積配分法によって式年遷宮に必要なヒノキ材を保続的に供給する森林面積を求めた。また、新たな計算手法として次の三点を用いた。第一点は、天然林の直径分布にワイブル分布を適用したこと。第二点は、樹幹形を相対幹曲線によって表現したこと。第三点は、直径の成長速度が確率分布として記述されることを前提とし、直径遷移行列を用いて直径成長を計算したことである。こうして必要な森林面積を求めた結果、倉田の計算結果よりも20%多い5520 haとなった。その原因は双方の採用した直径成長速度の相違にあることがわかった。

このような方法は天然林の保続計画の策定に有効であると筆者らは考えている。

参 考 文 献

- 1) 安藤 貴：林分の密度管理. 126pp, 農林出版, 東京, 1982.
- 2) BAILEY and PELL: Quantifying diameter distributions with the Weibull functions. For. Sci. 19(2), 1966.

- 3) 原田文夫：木曽ヒノキ林(1)——その生い立ち——上，長野林友，24-30,1975.
- 4) 原田文夫：木曽ヒノキ林(2)——その生い立ち——下，長野林友，42-50,1975.
- 5) 原田文夫：木曽ヒノキ林の成因について——現生林分の成立過程を探る——，89 回日林論，103-106, 1978.
- 6) 原田文夫：木曽ヒノキ天然林の漸伐施業について，90 回日林論，115-116, 1979.
- 7) 原田文夫：木曽ヒノキ林施業の歴史的過程と森林構成，90 回日林論，117-119, 1979.
- 8) 井上由扶：森林経理学，285pp，地球社，東京，1974.
- 9) J. BUONGLORNO and R. MICHIE : A Matrix model of unevenaged forest management. For. Sci. **26** : 609-625, 1981.
- 10) 木梨謙吉・西沢正久・柿原道喜・長 正道：林分シミュレーションに対する生長モデルの研究(Ⅱ)，29 回日林九支論，47-48, 1976.
- 11) 倉田吉男：神宮備林ノ法正状態ニ関スル研究，76pp，林野会，東京，1939.
- 12) 南雲秀次郎：択伐林の施業モデル，83 回日林講，83-86, 1972.
- 13) 南雲秀次郎：天然林施業計画序説——東京大学北海道演習林における林分施業法——，森林文化研究，**2**(1) : 25-35, 1981.
- 14) 南雲秀次郎・山本博一・木平勇吉・原田文夫・末田達彦・北沢秋司・中野秀章：森林の伐採許容量と森林保全に関する研究——旧木曽御料林の経営と保全——，トヨタ財団 1984 年度研究助成研究報告書，345pp, 1984.
- 15) 柴田 前・石橋整司・河原 漢・田中和博：林分施業法に関する研究(Ⅰ)，95 回日林論，159-160, 1984.
- 16) 柴田 前・河原 漢・石橋整司・南雲秀次郎：林分施業法に関する研究(Ⅱ)，96 回日林論，717-720, 1985.
- 17) 吉田正男：理論森林経理学，352pp，地球出版，東京，1950.

(1987 年 5 月 29 日受理)

Summary

The purpose of this paper is to study a sustained yield planning of natural forests through analysis of the planning method which was established to realize the sustained yield of Hinoki timbers by the Imperial forest authorities.

Since Kiso-Hinoki forests in Nagano prefecture belonged to the Imperial forest in 1889, the authorities had taken it as one of the most important management objectives to sustain precious Kiso-Hinoki timbers for the reconstruction of Ise Shrine every twenty years which is sacred to the Imperial Family's divine origin; and for this purpose the authorities established the reserved forests in 1906.

Y. Kurata, the then the head of foresters of the Imperial forest, had studied this subject theoretically; and published the results titled "Studies on the Normal State of the Reserved Forest for Ise Shrine".

We considered this subject as a typical example to study the sustained yield planning of the forest; and analyzed the Kurata's method on the new standpoint.

His method was, first, to assess the normal growing stock which could sustain enough Hinoki-timbers for the construction of Ise Shrine, and, next, to determine the area which could hold this growing stock. As the result, total area amounted to be 4404.7 ha.

There were several points in question on his method, the main problems were as follows:

- 1) He misunderstood that those Hinoki stands of about 300 years had been formed by the intensive selective cutting at the Tokugawa period.

- 2) On determining the number of Hinoki trees for the sustained yield, he assumed that each tree of the same diameter class grew at same speed and that the mortality ratio was 5% independent of tree sizes.

In order to solve these problems, we introduced a new planning method with his data adding newly collected to ones on the new standpoint. First, we assumed the preregeneration system with heavy cutting as a silvicultural system and calculated the area of the Reserved Forest for Ise Shrine in the form of volume allotting method which intended to sustain the yield of upper trees until the lower story grew up to be available for the reconstruction. Then we used the numerical methods the main parts of which were as follows:

- 1) The Weibul distribution was applied to the diameter distribution of natural forest.
- 2) The stem form used was described with the relative stem curve.
- 3) The diameter transition matrix was applied to the calculation of the diameter increments on the assumption that the speed of diameter increment was described stochastically.

As the result, the area of the Reserved Forests amounted to 5520 ha, which has about 20% larger than the one calculated by Kurata. This difference was caused by the discrepancy of the increment speed between Kurata's case and ours.

We think the method which we have developed, is useful for the sustain yield planning for natural forests.