



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ブナ林の施業に関する基礎的研究：松前地方におけるブナ林の分析
Author(s)	大金, 永治; OHGANE, Eiji; 菅野, 高穂 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 45(1), 1-59
Issue Date	1988-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21256
Type	departmental bulletin paper
File Information	45(1)_P1-59.pdf



ブナ林の施業に関する基礎的研究

— 松前地方におけるブナ林の分析 —

大金 永治* 菅野 高穂* 氏家 雅男**
工藤 弘** 佐藤 卓也***

Fundamental Studies on the Management of Beech Forests

— Analyses of Beech Forests in Matsumae District —

By

Eiji OHGANE* Takaho KANNO* Masao UJIE**
Hiromu KUDO** and Takuya SATO***

要 旨

道南地方におけるブナ林の施業体系を確立するため、松前林務署管内のブナ林を対象に調査・研究を行った。環境条件、林分構成および林齢の異なる各種の標準地を選び、生長と形質および偽心の発生との関連で分析した。その結果、道南ブナの北限地帯に位置することもあって、一般に形質不良木が多く、これは樹齢の推移とともに増加し、とくに被圧木の多い林分や、環境条件の悪い林分では、形質不良な、いわゆる赤ブナの占める比率が著しく、また材価を下げる星状偽心材が極めて多かった。これに対し、形質良好な青ブナは、環境条件の良い、密度の中庸な一斉林分に多く、一般に星状偽心材の占める比率の少ないことが認められた。従ってブナ偽心の発生を伴う形質の不良化は、更新・生長の良否に大きく規制されているといえる。

以上に基づいて、道南ブナ林の施業法としては、一斉林型に適合する傘伐・画伐を伴う漸伐作業が望ましいであろう。また収穫の選木基準は、画一的でなく、林分構成に応じて河田、デンマーク、あるいはフランス等の方式を採用することとし、収穫規整法は、輪伐期150年前後として、材積配分法の一つであるHUFNAGL法を適用するのがよいであろう。

キーワード： ブナ林、偽心材、広葉樹林施業、漸伐作業、間伐。

1987年8月31日受理 Received August 31, 1987.

* 北海道大学農学部森林経理学講座

Laboratory of Forest Management, Fac. of Agric., Hokkaido University.

** 北海道大学農学部演習林

College Experiment Forests, Fac. of Agric., Hokkaido University.

*** 北海道庁林務部

The Forestry Department of Hokkaido Prefecture Government.

目 次

I 緒 言	3
II ブナ林の施業に関する理論	6
1. 森林と施業	6
2. ブナの特徴	7
3. ブナ林の更新と生長	8
4. ブナ林の施業法	8
III 調査地域の概況と調査方法	10
1. 松前地方の概況	10
1) 位置ならびに沿革	10
2) 自然的条件	10
3) 森林施業の概要	11
2. 調査方法と標準地の概要	12
1) 調査項目と方法	12
2) 標準地の概要	15
IV 結果と考察	24
1. 環境と生長・形質	24
1) 環境条件	25
2) 単木の生長	27
3) 林分の生長	29
4) 樹形級区分	30
5) 林内照度と樹冠疎密度	32
6) 偽心材の実態	33
7) 小 括	36
2. 林分構造と生長・形質	38
1) 林分構造	38
2) 生長	39
3) 樹形級区分	40
4) 小 括	41
3. 樹齢および林齢と生長・形質	41
1) 単木の生長	41
2) 林分の生長	44
3) 林木の形質	44
4) ブナの偽心に関する考察	47
5) 小 括	47
4. 林分構成と更新	47
1) 林分構成	48
2) 更新の実態	48
3) 林分構成と更新に関する考察	49
4) 小 括	52
V ブナ林の施業に関する提言	52
VI 結 言	55
引用および参考文献	56
Summary	58

I. 緒 言

日本における温帯林の代表的樹種であるブナ (*Fagus crenata* BLUME) は、鹿児島県高隈山(北緯 30° 30′)の標高 1,000 m を南限とし、北海道南部長万部から寿都を結ぶ黒松内低地(北緯 42° 40′)を北限とする範囲に広く分布している。その蓄積はわが国広葉樹中最大を誇っているが⁵⁾、近年本州奥地林の開発が進み、その資源は減少し、質的にも低下をきたしている。

この事実は、北海道においても同様である。比較的温暖な渡島半島の標高 200~700 m に位置する天然林を構成するブナは、かつては林種転換のために、薪・木炭あるいは枕木等の土木資材として大量に伐採され、最近では、腐朽し易いとはいえ、その美しい木目と堅硬、緻密な材質は、木材乾燥と防腐処理技術の進歩と相俟って、合板、洋家具、ドア、フローリング等の用材、さらにパチンコの裏板という特殊材、あるいはパルプ用原料として活かされ、大いに賞用されている。道南におけるブナの蓄積は、現在およそ 1,700 万 m³ といわれているが⁶⁾、この貴重な資源の涸渇が憂慮され、ブナ林施業技術の確立が急がれている。

本研究を実施するに当り、まず過去の施業の経過をふりかえてみる。大金⁴¹⁻⁴⁴⁾、前田^{3,25)}等ものべている通り、ヨーロッパにおいては 19 世紀から傘伐法によるブナ天然林施業の研究が進められているが、これまでわが国における林業は、針葉樹偏重指向をたどり、ブナを含む広葉樹に関する施業や、その研究は比較的少ない。それはブナに関する論文を網羅したとされる「ぶなの文献とその抄録」(日本ぶな材協会、1969)²³⁾に掲載されている主要論文 434 篇の内、材の利用に関するものが 255 篇、造林・更新に関するものが 48 篇で、施業を対象とするものは僅か 10 篇前後に過ぎないということからも明らかである。しかもわが国のブナ林の本格的施業は漸く昭和に入った 1930 年代から行われ、しかも現在まで定着しているものが殆どないというのが、その実状である。

では 1938 年に農林省山林局(現林野庁)の指示^{32,33)}により実施された青森、東京(現前橋)および秋田の各営林局管内のブナ林施業から検討しよう。青森営林局ではブナ林に対し、傘伐作業を実施することとし、輪伐期は 100~135 年、更新期は 20~40 年をとった。この中で本作業は、皆伐や択伐作業とくらべ「地床状況、陽光関係良好にして、稚樹発生状況及びその後の生育状況一般に良好なり」と観察している。一方東京営林局は、これに先立つ 1934 年より独自に輪伐期 120 年、更新期 20~40 年の前更作業をブナ林に実施し、それは前伐 60%、後伐 40% の 2 回の伐採によって更新を完了させようとするものであった。この作業に対し「前生稚樹の発生多き林地においては、更新は完全に成功し、生育旺盛なるブナ林を現出しつつあり、また漸伐後の残存木は一時生長減退するも、これは伐採後数年に止るものにして、漸次梢枝条の発生を見、第二次の樹冠を形成するに至るや、生長は急速に増加し、伐採前の 2 倍乃至 3 倍の生長量を示すに至る」と評価している。さらに秋田営林局管内では、ブナ林に対し択伐作業をとり、回帰年を 20~50 年と定めているが、その更新状況は明らかでない。これに対し北海道では、

道南の旧御料林および松前林務署²⁶⁾において、1910年頃(明治末期)より小規模ながらブナ林施業が実行されており、わが国におけるその嚆矢といえよう。旧御料林の木古内出張所では、ブナ林に対し漸伐作業を行い、1940年頃より交互孔状皆伐作業の方針が取られている⁵⁵⁾。その中で同出張所の鈴見は更新・生長とも良好で、また部分的には形質良好な「青ブナ」の存在を指摘している。すなわちブナ稚樹更新状況は「笹類の密生せざる箇所には他の闊葉樹と共に、良好なる更新を成し居れり」と述べ、知内方面に100年で胸高直径40~50 cmに達する形質のよい青ブナ林を認めている。

また松前林務署管内では、1920年頃(大正末期)まで伐期齢80年、回帰年20年の択伐作業を、それ以降は、伐期齢120年、回帰年20, 30および40年の同作業を実施した²⁶⁾。しかしこれらの施業法はいずれも第2次大戦の下で大きく変更され、ときには中断されてしまった。しかも戦後は、1955年以降の生産力増強計画に伴い、広葉樹林の林種転換と大面積皆伐が急速に展開され、ブナ林施業はほぼ完全に停止したのである。

その後1970年代に入り、漸く公害や環境問題がクローズアップされ、これまで実施してきた皆伐作業を反省し、再び天然林施業や、広葉樹林施業が見直されるに至った。このような状況を背景として青森営林局では、1972年にブナの天然更新問題がとりあげられ、まず川尻営林署で更新試験に着手している²¹⁾。一方松前林務署では、1955年前後までなお天然林に対し択伐作業を小規模ながら実施してきたが、それ以降は皆伐作業級と第2種択伐作業級を設定し、最近では皆伐作業級のみに変更している。しかしブナ林に対しては、伐採種として択伐を採用し、伐期齢80年、回帰年20年をとっている。

つぎにブナ林に関する主な研究について概観してみよう。まず渡辺の「ぶな林の研究」⁶⁴⁾があげられる。これは青森営林局管内のブナ林を対象として、その分布、植生、林分構成、生長、更新、施業について調査・研究した成果である。結論として、ブナの性質や当時の施業の集約度から、同林に対しては前更作業を取るべきで、その際輪伐期は130~150年がよいと述べている。次にブナ林を含む広葉樹の間伐に関しては、近藤の研究¹⁷⁾がある。これは広葉樹の間伐効果、幹級区分、間伐方式の実行等について解説したもので、その際彼はデンマークの間伐方式をわが国の広葉樹の未整理林分に適用すべく、その修正方式を提案している。北海道におけるブナ林については、前述の鈴見⁵⁵⁾の他、小関の研究²⁰⁾があり、後者はとくに青ブナと赤ブナの立地的変異を調査・検討している。

戦後、ブナ林を含む広葉樹林の施業に関するまとまった論文としては、まず近藤の「闊葉樹用材林作業」^{18,19)}があげられよう。彼はブナ林に対しては傘伐作業または画伐作業を主張し、間伐にはデンマーク式を提唱している。とくに興味があるのは、広葉樹の間伐方式に類似したものとして、吉野のスギ人工林の施業をとりあげている点である。筆者の一人大金は間伐の性格と構造を検討するため、吉野のスギ間伐法を調査⁴⁶⁾して「人工林の傘伐方式」と規定したが、結論は彼と同様といえよう。また最近の著書としては、片岡の「ブナ林の保続」等^{14,15)}がある。

これはブナ林の天然下種更新のメカニズムを樹葉のスペクトル分析まで含めて詳細に考察したものであり、今後のブナ林の取り扱いに貴重な示唆を与えている。すなわちブナ林調査の結果、現実には前更皆伐天然下種更新が期待できる林分は殆ど存在せず、ササ等の下層植生の現存量増加とともに稚樹の生長が阻害され、枯死率の上昇する事実を認め、前更作業に先行地拵えの必要性を提起している。これは前田等が結論でのべている母樹プラス地床処理によるブナの更新法⁵⁾とも一致している。さらに片岡は、更新完了から極相状態の形成までに必要な期間を100~120年と予測している。つぎに五所⁴⁾は、名古屋営林局管内のブナ林の施業法を考察し、胸高直径30~40cmの母樹をha当り30~40本残す皆伐保残木作業を採用している。しかしそこから更新の確保や保続の可能性についての展望は見出していない。一方、北海道においては直接ブナ林の施業を対象とした研究はないが、1956年より北海道大学元教授故三島懋博士によって始められた道有委託林の小面積皆伐作業の一連の研究^{27,28,34,59)}は、今後のブナ林施業を進める上で重要な資料となり得る。すなわち松前林務署管内上ノ国試験林に関してまとめた論文³⁴⁾ではブナ試験林の択伐後の更新・生長経過の観測に基づいて、林分構成としてブナ以外の広葉樹が30%前後混交し、複層を形成している林分は、更新・生長ともに良好という結果を示している。

なお最近発行された「北海道林業技術者必携(下巻)」¹¹⁾の中には、松前林務署管内のブナ林施業が取り上げられている。その他、林業技術研究発表大会論文集には、かき起しによるブナの生育と照度の関係を報告³¹⁾したものや、ブナの利用についての報告²²⁾が見られる。一方、青ブナ・赤ブナの材質の相違については、宮島らの報告²⁹⁾がある。またごく最近では北海道林務部で編集した「北限のブナ林」という著書⁹⁾がある。これはブナ林施業の基礎資料提供のため、黒松内低地帯がブナ林成立の北限である理由を、その種特性と気候、火山群による阻害などの仮説で推定したものである。最後に、松前地方のブナの調査・研究の過程で、大金等によってまとめられたブナ林施業の基礎研究⁵⁰⁾がある。

以上、主にこれまでのブナ林施業とその研究について概観したが、今後の施業法を確立するという観点からこれらを総括すると、次のようである。①ブナ林の施業には前更作業、すなわち傘伐、画伐等の漸伐作業が適合している。②ブナの更新・生長および形質は林分構成と立地環境によって規定される。③更新は伐採法と関連するが、これを成功に導くためには、先行地拵えあるいは地床処理と組合せた前更天然下種が望ましい。

一方これまでの報告で必ずしも十分に明らかにされず、ブナの保続生産上早急に解明を要する問題として次の点が指摘されよう。

1. それぞれの林分に適合するブナ林施業の仕組、すなわち作業種、輪伐期、更新期等の決定
2. ブナ林に対する収穫規整法の確立
3. 間伐、傘伐、画伐等の伐採における選木基準や伐採率、つまり間伐技術の確立

4. 施業目標に応じた適正本数についての検討
5. 漸伐作業等に応じた伐木、集材技術の検討
6. ブナ材の利用・開発に関連させた新しい施業法の確立

本研究では、上記の問題点の解明を目的とし、北海道南部天然林のブナの保続・増殖と質的な向上を図るための施業技術を提言する。具体的には、松前林務署管内のブナ天然林を対象として、環境条件、林分構成、年齢を異にする種々の標準地を選び、その林分と林木の解析を通じて生長、形質を明らかにした。つぎにその結果に基づいてそれぞれの林分に適合した作業種、選木基準、伐採率、更新期、収穫規整をブナ材の利用・開発と関連させながら追究した。

これらの実験・調査は1983年から1985年の3カ年に亘って実施されたが、さらに1986年には道南ブナ林との比較の目的で、青森県十和田地方（三本木営林署管内）のブナ林の調査も行い、その結果を本論文の随所に引用し、考察を深めている。またブナの大きな欠点として、褐色の偽心材が生成され易く、それが品等および材価の著しい低下を引きおこしている。本研究では、立地条件を異にしたブナ極積丸太の調査と樹幹析解木の分析を通して、偽心を形成しやすい立地の解明と、形成を阻止する施業法の研究を行った。なお、これは広葉樹林施業の一環として北海道林務部の業務資料にも一部印刷されている¹⁰⁾。

本研究を実施するに当たり、北海道造林振興協会、松前林務署ならびに三本木営林署の関係各位、および両署に係る業界各位より賜わったご援助・ご協力に対し、心から謝意を表するものである。

II. ブナ林の施業に関する理論

1. 森林と施業³⁵⁻⁴⁵⁾

土地生産業である農業は、労働手段により、土地を媒介として作物に働きかけ、生産物を獲得する行為である。つまり地力（土地生産力）の上昇を通じて作物の生産を行うものであり、そのためには土地の改善が決定的に重要となる。労働手段を駆使して行われる土地の改善は、その手段の体系としての技術が発展しているほど、また働きかけが集約に実施されるほど、労働単位当りの生産性は高まることになる。従って農業生産力の発展には、地力の上昇を必ず伴わねばならず、これを無視しては持続的な生産は不可能となる。一般には地力は土地の生産機能、抵抗機能を内容としており、耕うんや中耕等の土壌の改良なしには、施肥の効果はもとより、光・熱・水分等の有効な活用や土壌の潜在地力も抽出できない。

林業は森林を対象とする土地生産業であるので、土地を媒介として生産を行うという点で、農業生産と同様である。いま一例として集約な択伐作業を考えてみよう。林業は森林に対し労働手段の体系としての林業技術を適用し、伐採（生産）することにより収穫をあげるが、択伐作業では同時にこれにより、林分構成を改善し、将来に収穫すべき林木の生長を促進するとともに、更新を図り、さらに林分全体の保護機能（抵抗機能）をも与える。従って適正な施業を

実施している林分全体が農業における改善された耕地と同様の機能をもっていることが理解されよう。

しかしここで注意しなければならないことは、林木は労働対象であると同時に生産手段でもあるという二重の性格をもっていることである。すなわち択伐によって直接収穫される林木は労働対象であるが、改善された林分を構成する林木は、労働手段であり労働対象である。つまり生産手段なのである。但し保育段階や林相改良段階の林分は、改良過程の土地と考えられる。従ってこの段階の作業は、農業における土地改良に相当し、地力維持が主要な課題となる。このように集約な択伐作業においては、生産手段としての性格をもつ林分を媒介として、伐採技術と更新技術が統一され、生産力が持続的に高められるのである。

これは集約に実施される傘伐作業、画伐作業あるいは間伐（長伐期を前提とした定性・定量の統一された間伐）においても同様である。間伐によって収穫（生産）すると同時に、次回または将来の伐採木の保育や、生長促進のために林分構成を改善している。つまり集約な間伐が実施されるほど、労働生産性が向上し、生産力はそれだけ高まるのである。

林業生産の場合も農業生産と同様に、生産力を高めるために一定の経営方式が必要である。これには今まで述べた地力の上昇を通じて生産力の向上を図る経営方式すなわち施業法を確立しなければならない。それは伐採と更新の統一を可能とする林分構成を常に維持・発展させるような方式でなければならない。集約な択伐・漸伐等の作業がこれに相当することはいうまでもない。と同時にこの作業に即応した収穫規整法が必要である。接続的に生産力を拡大していくためには、林分構成、作業法、収穫規整法を一体化した施業法の確立が必須となる。

2. ブナの特徴

ブナは温帯林の代表的樹種であり、夏は冷涼で、一方冬の寒さが比較的温和な多雪地帯に極盛相の森林を形成している。また落葉広葉樹であるブナの葉は、植物養分に富み、落葉後の分解も早いため、速かに土壌に還元され、その劣化を防ぐと同時に地力を維持しており、したがってブナは肥沃な立地に成立しているといえる。さらに、典型的な陰樹であるブナは、幼齢時の生長が遅く、一旦破壊された森林の回復には極めて長い年月を要する。しかも生長の衰えた過熟木には、木材腐朽菌が急速に侵入する。一般にブナは青ブナと赤ブナに区別されているが、小関²⁰⁾は両者の差異を次のように述べている。すなわち①外観的相違として、青ブナは直長な樹相で、整形樹型をなすが、赤ブナは直長のもものが少なく、不整形樹型をなす。②従って用材利用上、青ブナは品質・歩止りが良く、かつ偽心材は少ないが、赤ブナは品質・歩止りともに劣り、偽心材が多い。③青ブナ材は低海拔の緩斜地で、腐植の分解良好な箇所に出現しているが、赤ブナ林は高海拔の急斜地で、腐植分解の劣る箇所に出現する。④更新形式は青ブナは群状更新、赤ブナは択伐の更新によるものが多い。⑤青ブナは生長がよく、材の強度も大きい。赤ブナはその逆である。

なお偽心材とは、「心材を持たないものが、樹木の生育中に外部からの刺激が原因となって、

心材に似た材部を形成したものと定義されている³⁰⁾。その成因については十分解明されていないが、矢沢ら^{65,66)}らは「偽心の成因は、枯枝などから侵入した腐朽菌に抵抗するため、樹幹が生理的に傷痕ガムを生成・滞留するという説、また枝折れ、入皮部等から空気が入り、ある種の物質がその酸素により酸化をうけて着色するという説」を紹介している。さらに星状偽心について、「星状形に発達する原因については、生立木時に入った穿孔虫の穿孔が関係しているものと考えられる」としている。いずれにしても、偽心材は環境条件の不良な地域に生育する樹木に、樹齢が高くなるに従って、発生するものと思われる。そしてこの偽心材はとくにブナに多く見られ、品等を大きく低下させる要因となっている。

3. ブナ林の更新と生長

ブナは典型的な陰樹であるが、いずれの林木にとっても、更新と生長には、一定の光が必要である。ブナの稚苗の場合、相対照度2%以下では、2年以内にすべて枯死したという報告²³⁾もあるが、光はその量とともに質も重要である。筆者らはブナ林内にブナ以外の広葉樹が生育し、ある程度の複層を形成している方が、その純林よりブナの更新・生長がよいという理由を、樹葉のスペクトル分析によって解明した。すなわち樹葉はそれぞれ若干波長にずれのある固有のスペクトル吸収ピークをもつので、上層のある広葉樹を通過した光が下層のブナによって吸収され、その生育が保証されているという理論である。この結果、土地としての機能をもつブナの混交林は単純林より大きな生長率を示し、いわゆる「いや地現象¹⁾」に相当するものが回避されるものと思われる。しかし、択伐林型をとると、形質不良木を生じ易いので注意を要する。ブナ林の更新を確保し、生長を促進させるためには、純林を避けるとともに、常に間伐を行う必要があり、またササの侵入を防ぐため、一定の樹冠疎密度と立木密度の維持が重要である。

4. ブナ林の施業法

作業種とは、更新法と伐採法によって作業法を類型化したもので、択伐、漸伐、皆伐等の作業種に分類される。ブナ林の作業種は一般に択伐作業より漸伐作業が主張されている。これは近藤^{18,19)}も述べているように①幼時成立密度の大なる林分においても、その中より自然淘汰により優勢木が生じ易い。②保護用の副木がない場合は、立木の樹幹に直射光線があたり、不定芽を生じ易い。③被圧木は形質不良木となる。④広葉樹は環境の変化によってかなり好環境の方に樹冠を発達させる傾向がある、ことによる。このような理由からブナ林に対しては漸伐作業によって、幼齢時代は密に仕立て、壮齢時以降逐次疎開し、最後に後伐に入る方式が適合しているものと思われる。それ故、伐採法としては、幼齢時代は保育伐、壮齢時代には間伐、老齢時代の前期は傘伐的伐採、同じく後期は画伐的伐採を、ブナ種子結実の豊作年(7年に1度といわれる)にあわせながら、先行地拵えあるいはかき起し等の補助作業と合体して行うのが望ましい。なお林相改良を要する老齢林分や不良林分については別個に考える必要があるだろう。

つぎに収穫技術に際しての選木基準であるが、これにはデンマーク、フランス、河田あるいは近藤による幹級区分の他、大橋の樹形級の区分(いずれも研究方法で詳述)等^{16,51,56,57)}があ

り、ブナ林の施業に当っては、これらを林分の推移に応じ立体的に応用すべきである。

さらに、輪伐期・更新期間と収穫法について言及する。天然林の施業を考える場合、当然輪伐期と更新期を決定する必要がある。輪伐期は伐区式作業において、一作業区の全林分に対し伐採が一巡し、最初の伐採面に戻るまでに経過する期間であり、作業級の単位として成立している。輪伐期は目標径級、生長の遅速により定まるが、これまでのブナ林の報告では、平均胸高直径 50 cm の林分を目標に、100~120 年、あるいは同 52~70 cm の場合には 130~150 年を考えている例が多い。さらにドイツにおけるブナ林の傘伐作業林分の調査では 160 年という例もあり、わが国におけるブナ林の北限に位置する道南の施業では、ある程度長期の輪伐期が望ましい。しかし、その際常に偽心材の発生などを考慮し、立地条件に応じて弾力的に計画されねばならない。一方更新期とは、下種伐を始めてから後伐（殿伐）までの期間で、この長短を左右する因子として、藤島は下種状態、陽光需要度、外界に対する抵抗力、樹種の混交および生長関係をあげている²⁾。これらに基づいてブナ林の場合は 15~20 年の更新期をとる例が多いが、ドイツでは 30~40 年という場合も見られ、殿伐した段階で初期の間伐段階に入る林分が存在することが、保続の観点から好ましいとしている。

収穫に対しては、適合性の高いブナ林収穫表を利用すべきであるが、これは一般に正規の施業がなされている林分のデータを基礎にして調製しているため、未施業林分にはそのまま適用できない。未施業地の多い道南ブナ林の場合、いずれの収穫表を使用すべきかは十分検討しなければならない。

最後に、収穫規整法について述べる。ブナ林の保続的経営を行う場合、作業級を編成し、これに対応した収穫規整法を確定する必要がある。作業級とは、樹種、作業法、輪伐期を等しくする森林集団で、収穫規整を行う基礎となるものであり、また、保続の単位である⁶⁾。これは小面積であるほど集約といえよう。収穫規整法は森林からの収穫の査定および統制の方法を意味し、作業法によって異なる。すなわち択伐作業では生長量法、漸伐作業では材積配分法、皆伐作業では平分法などが、それぞれ対応している。

ブナ林の施業は、傘伐や画伐作業をとるのがよいと思われるので、漸伐作業級を編成することになろう。しかし場合により 2 種以上の作業法をとることもあり、この場合は主な作業法によって経理されることはいうまでもない。収穫規整法には種々のものが提案されているが、ここでは一定の輪伐期を定め材積配分法によって、年伐採量を算出するのが合理的である。しかし老齢の不良林分がかなりの面積を占めている場合には、まず一定の整理期を設け、林相改良を行うべきであろう。

以上で、ブナの特質を含むブナ林施業に関する理論的な考察を終えるが、これは次章からの調査・分析の前提となるものである。

III. 調査地域の概況と調査方法

1. 松前地方の概況

本研究の対象地は、道有林松前林務署管内のブナ林である。その位置ならびに沿革、自然的条件、森林施業の概要について述べれば以下のとおりである。

1) 位置ならびに沿革

松前林務署は、松前郡松前町字福山に位置し、約48,000 haの森林を管理している。また、松前事業所(約17,500 ha)、福島事業所(約6,800 ha)、上ノ国事業所(約24,000 ha)に分け、施業・事業の実行に当たっている。

同林務署の沿革は、1906年における約28,000 haの模範林設定、更に1922年における約20,000 haの公有林設定にはじまる。また施業案の編成は、1907年度の旧千軒岳ならびに上ノ国事業区が最も古く、次いで1923年度の旧松前事業区の編成が続いている。第2次大戦後は、模範林、公有林が合併し、1960年度までは各事業区毎に施業案が編成されていたが、1965年から松前経営区として統合され、これまでの施業案に代って経営計画が編成され、現在に至っている。

2) 自然的条件

(1) 気象の概要

函館ならびに江差測候所観測による当地域の気象を示せば、表-1と表-2のとおりである。一般にこの地域は海洋気象の影響を受け、年平均気温は8.5~9.5℃で、温帯の北限とされる6℃よりも高く、北海道としては極めて温暖な地帯である。また年降水量は1,200 mm前後であるが、福島地方では2,000 mmに近く、北海道で最も雨量の多い地域である。

表-1 函館地方の気象 (1970~1980年)

Table 1. Climatological data in Hakodate district

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計	平均
平均気温(℃)	-3.2	-3.0	0.5	6.3	11.4	15.5	19.6	21.1	17.3	11.4	5.0	-0.5		8.5
降水量(mm)	66	73	76	76	69	93	86	149	166	118	109	84	1,165	
最深積雪(cm)	42	91	58	22							26	40		

注) 日本気象協会北海道支部：北海道の気候，P157，P177，P218，1982より。

表-2 江差地方の気象 (1970~1980年)

Table 2. Climatological data in Esashi district

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計	平均
平均気温(℃)	-1.3	-1.3	1.9	6.8	11.2	15.7	20.0	21.8	18.5	12.9	6.6	1.5		9.5
降水量(mm)	98	92	63	80	76	89	108	125	159	109	99	110	1,208	
最深積雪(cm)	80	90	48	7							9	24		

注) 日本気象協会北海道支部：北海道の気候，P158，P178，P219，1982より。

(2) 地況・林況の概況

同林務署管内の山系は、北海道の最南端、白神岬から北東にのびる渡島山地主脈と東、西および北にのびる支脈とからなる。また地形は、渡島半島主脈に連なる大千軒岳や北にのびる支脈に連なる赤岳、大岳山麓を除いては、全般的に複雑であり、傾斜も急で、かつ谷密度も高い。また各所に崩壊地が発生し、基岩の露出している箇所がある。したがって施業上配慮を要する箇所が多いといえよう。

この管内の水系は、渡島山地主脈および支脈に源を發し、津軽海峡および日本海に注ぐ河川からなる。石崎川は、この管内で最も大きな河川で、大千軒岳、七つ岳、大赤岳から流れ出る支流が合流して日本海に注いでいる。また福島川は、周防堂山、百軒岳より流れ、津軽海峡に注いでいる。いずれの流域もブナ林地帯であり、特に石崎川流域には、未開発の老齡過熟林分が多い。

同管内の地質は、大部分古生層からなるが、部分的に新第三紀の地層群や安山岩類からなっている。福島川流域は、新第三紀福山層、国縫層からなり、砂岩や泥岩が互層をなしている。管内の土壌は、土壌調査の結果によれば、 $B_0(d)$ 型土壌(17%)、 B_0 型土壌(52%)、 B_e 型土壌(2%)などの造林適地となる土壌が70%以上を占めている。一方ブナ林は適潤な土壌か石灰分に富む砂土が適地であるといわれているが、同地域は一般に褐色森林土で占められ、また大千軒岳山麓一帯は、石灰岩等が介在しており、更に前述の気象条件と合わせ、同地域のブナ林は自然条件としてはすぐれた環境にあるといえよう。

同管内の林況についてみれば、広葉樹の天然林が極めて多く、約90%の面積を占めている。そのha当り蓄積は 138 m^3 である。特にブナの蓄積比率が高く、それは約60%に達しており、その他広葉樹としてイタヤ類、ミズナラ等が比較的多く混交している。一方、人工林は約4,600 haで、そのha当り蓄積は約 80 m^3 である。

地床植生としては、クマイザサが尾根筋の疎林に優占している。また低木層として、オオバクロモジ、オオカメノキ、ノリウツギ、ハイヌガヤ等が多い。更に草本として、アキタブキ、オオイタドリ、ゴゼンタチバナ、イチヤクソウ、マイヅルソウ等の他、クサソテツ、シダ類等もみられる。

3) 森林施業の概要

(1) 森林の現況

現在、石崎川流域には、ブナの径級60 cmを超え、また樹高も26 mに達し、蓄積もha当り 500 m^3 の林分もみられるが、それ以外は一般に径級も小となり、特に海岸に面した斜面では小径木が密生している。かつて、越内川上流にも60~70 cmにも達するブナの大径木の林分が存在したが、戦後の増伐で現在は減少し、また不良林分が増加している。なお管内のブナの幼齡林は約1,600 ha、老齡林約21,000 ha、未開発の原生林約4,000 haがそれぞれ存在している。またこれらのha当り平均蓄積は、幼齡林約 100 m^3 、老齡林 170 m^3 、原生林 160 m^3 となってお

り、第2次大戦前のha当りの平均蓄積が幼齡林の150 m³、老齡林の230 m³と比較すると著しくそれが低下している。

(2) 施業方針

松前経営区の1981年度編成の経営計画書によると、ブナ林の施業方針は以下のようである。すなわち、石崎川流域に未開発林分があり、これらは老齡過熟木の多い林分なので、これらの森林は、今後3分期の間に開発し、森林の若返りを図り、生産力を高めることとしている。またブナの天然更新は、傾斜度15°以下はブルドーザによる「かき起し」、同じく16°~30°は人力による「刈出し」を1期間に各300ha計画するという。更に過密な幼齡林は保育伐を計画し、優良なブナ林分の造成につとめるとしている。

(3) 施業仕組

以上のようなブナの施業方針に基づいて、同署では次のような施業仕組を計画している。まず作業種は、第2種択伐として扱い、伐採方法は、単木ないし群状択伐の他、画伐を併用するとしている。また材質や胸高直径40cmに達する年齢を勘案して伐期を120年とし、更新期は結実の周期を考慮して10年としている。更に更新の安定確保を図るとして回帰年を40年としている。

(4) 施業方法

松前林務署では、以上のような施業仕組に基づいて、次のような施業方法を提示している。

まず、単層型の高齡林は、一般に稚・幼樹が少ない一斉林型なので、伐採率40~65%、1群の大きさ0.04~0.20haの群状択伐または画伐を計画している。また、これの更新は、ブルドーザによるかき起し、刈出し等によって促進するとしている。

一方、単層林型の幼齡林は、上層木の平均胸高直径が20cmの林分の場合、10~30%の保育伐、同じく30cm前後の林分の場合、20~30%の間伐をそれぞれ行い、直径生長を促進すると共に、将来主伐林分に誘導するとしている。

また、複層林型の幼齡林から高齡林の場合は、一般に二段林型が多く、後継樹にめぐまれていることから、30~65%の単木択伐または群状択伐を採用するとしている。更に更新は、ブルドーザによるかき起し、刈出しを行って促進するという。

2. 調査方法と標準地の概要

1) 調査項目と方法

本研究においては、まず年齢毎に標準地を設定し、分析することとした。すなわち、林相が比較的中庸と思われる幼齡、壯齡、老齡のブナ林分内に標準地を設定した。また、いわゆる青ブナ地帯に含まれ、形質の良好なブナ林、海拔高が高く、風衝地のため形質不良な赤ブナ林、青ブナ地帯にありながら複層林型を呈し、被圧木が多いと考えられる林分(以下被圧ブナ林分)内にも標準地を設定し、以下のような項目について調査を行った。

各標準地について、胸高直径5.0cm以上のものを毎木調査した。この場合、胸高直径は直

径巻尺によって cm 単位とし、単位以下 1 位まで測定し、樹高と枝下高は 1 m 括約によりワイゼ測高器によって一部を実測、他を比較目測とした。

樹木の形質調査のための樹形級区分は、大橋氏の方式(表-3)を用いたほか、各標準地の林分構成に応じて広葉樹の各種樹形級区分(表-4~表-6)を適用し、林木を分類した。また、青ブナ地帯と赤ブナ地帯から出材した丸太の品等別区分や偽心の程度、形状についても調査を

表-3 大橋式樹形級区分
Table 3. Guide description of OHASHI's tree-form-class method

A	樹冠層		
a	優勢木……………樹冠の上層部を組織するもの	野帖記載符号	1,000
b	劣勢木……………樹冠の下層部を組織するもの	"	2,000
B	樹冠形		
a	整形樹冠……………樹冠の発達適正なもの	"	100
b	扁平樹冠……………樹冠の発達過大または扁平のもの	"	200
c	過弱樹冠……………樹冠の発達過小のもの	"	300
d	偏倚樹冠……………片枝のもの	"	400
e	枯損木……………頻死木及び枯木	"	500
C	樹幹形		
a	通直幹……………樹幹の通直なもの	"	10
b	小曲幹……………樹幹の僅かに屈曲せるもの	"	20
c	大曲幹……………樹幹の著しく屈曲せるもの	"	30
d	分岐幹……………樹幹の分岐せるもの	"	40
e	傾倒木……………樹幹が著しく傾倒せるもの	"	50
D	樹幹の欠点		
a	不定芽及小枝の著しく着生するもの	"	1
b	枝痕の顯著なるもの	"	2
c	損傷及病菌のあるもの	"	3

このうち樹幹層は、間伐木選定の際の幹級区分で記録があきらかな場合には、実際の調査をはぶいてよく、また樹幹の欠点も、全部に対する調査は略して、通直幹及び小曲幹のみにおこなってもよい。現地の測定は目測でやるのであるが、この場合の主なる基準を示すと次のようである。

1. 樹冠形は樹種の個性によって一様でないから、調査林内の健全木を基準として区分測定する。
2. 樹幹形の測定は、原則として樹冠以下の部分に主点をおくも、実際上の便宜から次のような基準を決めた。
 - (1) 幼齡林 (30年生以下) に於ては、樹高の $\frac{1}{3}$ 以下。
 - (2) 壯齡林 (30年生乃至50年生) に於ては樹高の $\frac{2}{5}$ 以下。
 - (3) 老齡林 (50年生以上) に於ては、樹高の $\frac{1}{2}$ 以下。
3. 樹幹形の区分基準は、次のようにした。
 - (1) 通直幹とは、根張りを含まない内曲面の最大矢高が、最小辺に対する 5% 未満のもの。
 - (2) 小曲幹とは、右が 5 乃至 10% のもの。
 - (3) 大曲幹とは、右が 10% を超ゆるものか、また 2 m 以内に於て 2 方面に 5% を超ゆる曲りのあるもの。
 - (4) 分岐幹とは、地上 30 cm 以上に於て主幹が 2 本以上に分岐するもの。
 - (5) 傾倒木とは、垂直に対する樹幹の生立角が 45 度以上のもの。
4. 幹の瑕瑾は、樹幹形測定部分の瑕瑾を区分するもので、次の点に基準をおく。
 - (1) 不定芽及小枝の著しく着生せるものとは、直接に樹冠の構成に関係しない小枝、不定芽がおびただしくついているもの。
 - (2) 枝痕の顯著なるものとは、枝打を施行したが、現在まだ十分に巻込まないため(枯枝の着生も含める) 外観上樹幹の形質をいぢるしく不良ならしめているもの。
 - (3) 損傷及病菌のあるものとは、フジ其他の蔓莖植物の纏繞其他の外傷、及び腐朽菌類の附着しているもの。

注) 大橋英一：東京林友，昭和23年1号，P16~23，1948より。

表-4 河田式幹級区分

Table 4. Guide description of KAWADA's stem-form-class method

クラス	内 容
A	優勢にして、形質美なるもの、即ちフランス式の a に相当す。
B	優勢にして形質に欠点あるもの、即ちフランス式の b に相当す。B にして直接 A と競争しつつあるものは伐る。B にして直接 A と競争の位置にあらざるものはそのことごとく残存せしむ。
Δ B	優勢にして形質に欠点あることは B と同様なるも今日直ちにこれを間伐するときは、その結果生ずる疎開大に失するおそれあるもの、 Δ B に対しては適当に枝打ちし又木の一方をはずす等手入れをなしてその勢を削ぐも間伐せざるものとす。
C	林内に存する普通の劣勢木にしてフランス式の c に相当す。c はその基だしく密立せざる限りは原則として全部残存せしむ。
D	C と高さの関係同様なるも、梢頭既に枯れて瀕死の状態にあるもの、基だしく関係の不良なもの。D は原則として全部伐る。
E	高さの優劣を問わず伝染性の病木、その他倒木、傾木、枯木等林分構成の一部と認むるあたわざるもの。E は原則として全部間伐するものなるも林冠の鬱閉調節上残すと有利と認めかつ外科的手術を施し、薬液の塗布等によりてその病原を駆除し得るものに対しては適当なる手段を講じたる上残存せしむるも差し支えなし。

注) 近藤助：潤葉樹用材林作業，P 123，1951より。

表-5 デンマーク式幹級区分

Table 5. Guide description of Danish stem-form-class method

クラス	内 容
A	主 木：通直なる樹幹並びに均等なる樹冠を有するものにしてこれを残存しその生育を助長促進せしむるもの。
B	有害副木：主木の樹冠維持その他に支障を及ぼさんとするものでこれが除去を要するもの。
C	有用副木：主木の枝下を長くせしめ、またこれを保護するため残存せしむべきもの。
D	上記 A, B, C いずれに属するか不明なもの、従って間伐印付に際してまづもつ中立木：て伐採を見合わせ、これが決定は次回以降に延期す。中立木はしばしば最後の間伐時期まで残るものもある。

注) 近藤助：潤葉樹用材林作業，P 122，1951より。

表-6 フランス式幹級区分

Table 6. Guide description of French stem-form-class method

クラス	内 容
a	立て木、優勢木にして形質美良なるもの。
b	優勢木にして形質上の欠点あるもの、これのみを間伐する。
c	既に劣勢となりし樹木で、林木の一部として残存せらるべき資格のあるもの。

注) 近藤助：潤葉樹用材林作業，P 123，1951より。

行った。ここで、偽心の程度は、偽心率として木口断面積に占める偽心断面積の比でもとめ、その形状については、星状、丸状、雲状等に区分して、出現の度合を調査した。

標準地毎に幅 10 m のベルトを設定し、更新の実態について調査を実施した。

標準地毎にそれぞれ 15 本程度の供試木を選び、生長錐により 1 cm 間の年輪数を調査し、プレスラー式によって胸高直径階毎の生長率をもとめ、これをもとに標準地毎の林分生長率を算出した。

また、単木の生長経過ならびに偽心について検討するため、幼齡林、壯齡林、老齡林の各標準地からそれぞれ 2 本の供試木、また、青ブナ、赤ブナ及び被圧ブナ林から各 1 本を選び、それぞれについて樹幹析解を行った。

標準地内の林内照度を以下のように測定した。すなわち、標準地の傾斜方向に測点群を直線上に設定し、林内照度を全天照度と同時刻に測定して、林内の明るさを全天照度との比(相対照度)であらわした。なお、照度計は、石川イルミノメーターを使用した。

青ブナと赤ブナ林分の標準地内に各 1 箇所の試孔を作り、標準法に従って現地土壌を調査するとともに、更に実験室において、細土の物理性ならびに化学性について分析を行った⁶⁰⁻⁶³⁾。

2) 標準地の概要

ここで、松前林務署管内の幼齡～老齡ブナ林内に設定した標準地のおよその位置と地況の概要を示せば、図-1と表-7～表-8のとおりである。た

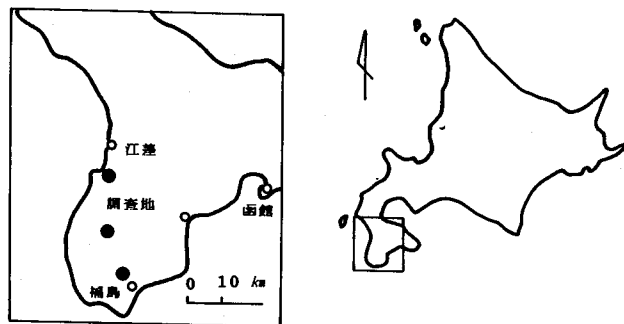


図-1 調査地の位置

Fig. 1. Situation of sample plots in Matsumae district.

表-7 林齡別に設定した標準地の概況
Table 7. Outline of sample plots selected by difference of age

標準地番号	1	2	3	4	5
林 齡	30	50	80	150	200
林 班	7	167	20	169	116
面 積(ha)	0.05	0.05	0.01	0.36	0.20
標 高(m)	250	250	160	320	330
方 位	東	北	南東	西	南東
傾 斜	中	平坦	中	緩	中

表-8 環境条件別に設定した標準地の概況
Table 8. Outline of sample plots selected by difference of environmental condition

標準地番号	6	7	8
種 類	青ブナ林分	赤ブナ林分	被圧ブナ林分
林 班	169	171	169
面 積(ha)	0.10	0.05	0.05
標 高(m)	310	520	360
方 位	東	北	西
傾 斜	中	緩	平坦

注) 標準地番号 1 は北海道大学松山地方演習林内のプロット。他は道有林松前経営区内に設定したもの。

だし、林齢およそ30年とみなされる適当な標準地を同管内に求め得なかったため、その林齢の標準地については、隣接の北海道大学桧山地方演習林内に設定した。

また、以上の標準地の林況の概要は、表-9~表-10、写真-1~写真-8のとおりである。

表-9 林齢別に設定した標準地の林況
Table 9. Stand structure of sample plots selected by difference of age

標準地番号	1	2	3	4	5
林 齢	30	50	80	150	200
林 班	7	167	20	169	116
標準地 本 数	221(185)	142(96)	142(99)	92(52)	111(89)
材 積(m ³)	8.675(7.375)	10.144(6.277)	27.548(22.535)	72.325(66.300)	102.060(97.776)
ha当り 本 数	4,420(3,620)	2,840(1,920)	1,420(990)	255(144)	555(445)
材 積(m ³)	174(148)	203(126)	276(225)	199(184)	510(489)
ブナの 混交率 本数比(%)	82	68	70	57	80
材積比(%)	85	62	82	92	95
胸 高 直 径 (cm) 平 均	9.4(9.5)	11.6(10.9)	15.5(16.7)	26.7(36.1)	26.2(30.5)
範 囲	6~18	6~26	6~48	6~74	6~70
樹 高 (m) 平 均	8.8(8.8)	10.1(9.8)	13.2(13.3)	14.4(17.6)	17.3(19.5)
範 囲	3~13	4~15	6~25	3~27	5~29

注) 括弧内はブナのみの数値。標準地番号1は北海道大学桧山地方演習林、他は道有林松前経営区内に設定したプロット。

表-10 環境条件別に設定した標準地の林況
Table 10. Stand structure of sample plots selected by difference of environmental condition

標準地番号	6	7	8
種 類	青ブナ林分	赤ブナ林分	被圧ブナ林分
林 班	169	171	169
標準地 本 数	61(46)	33(24)	22(15)
材 積(m ³)	34.033(29.038)	16.990(16.264)	17.945(14.149)
ha当り 本 数	610(460)	643(468)	440(300)
材 積(m ³)	340(290)	331(317)	359(283)
ブナの 混交率 本数比(%)	75	73	68
材積比(%)	85	96	79
胸 高 直 径 (cm) 平 均	27.0(30.3)	26.5(32.1)	30.0(33.3)
範 囲	6~66	8~86	8~54
樹 高 (m) 平 均	12.8(14.0)	12.0(13.6)	17.7(19.5)
範 囲	4~19	5~17	6~26



写真-1 30年生林分 (松前)

Photo 1. The 30-year-old beech stand in Matsumae.



写真-2 50年生林分 (松前)

Photo 2. The 50-year-old beech stand in Matsumae.



写真-3 80年生林分（松前）

Photo 3. The 80-year-old beech stand in Matsumae.



写真-4 150年生林分（松前）

Photo 4. The 150-year-old beech stand in Matsumae.



写真—5 200年生林分 (松前)

Photo 5. The 200-year-old beech stand in Matsumae.



写真—6 青ブナ林分 (松前)

Photo 6. The blue beech stand in Matsumae.



写真-7 赤ブナ林分（松前）

Photo 7. The red beech stand in Matsumae.



写真-8 被圧ブナ林分（松前）

Photo 8. The suppressed beech stand in Matsumae.

なお、比較の目的で調査した三本木営林署管内の標準地の地況・林況の概要とこの地方の気象状況を示せば、表—11～表—12、写真—9～写真—13、表—13のとおりである。

表—11 三本木営林署管内に設定した標準地の概況
Table 11. Outline of sample plots in Sambongi national forests

標準地番号	1	2	3	4	5
林 齢	30~50	70~80	140	170	190
林 班	119	119	130	54	114
面 積(ha)	0.03	0.04	0.04	0.10	0.10
標 高(m)	550	620	700	300	400
方 位	南	南東	南		北東
傾 斜	緩	緩	緩	平坦	中

表—12 三本木営林署管内に設定した標準地の林況
Table 12. Stand structure of sample plots in Sambongi national forests

標準地番号	1	2	3	4	5	
標準地	本数	127	121	17	41	68
	材積(m ³)	8.832	20.759	18.978	29.235	53.990
ha当り	本数	4,233	3,025	425	410	680
	材積(m ³)	294	519	474	292	540
ブナの混交率	本数(%)	99	99	100	76	75
	材積(%)	100	100	100	89	81

表—13 十和田地方の気象

Table 13. Climatological data in Towada district

観測種目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
平均気温	-2.3	-2.7	1.1	7.6	13.1	16.4	20.1	21.5	17.5	11.7	5.6	0.4	9.2
降水量	32	55	59	53	85	117	104	170	148	69	71	44	1,007
最深積雪	24	42	44	5							7	25	44

注 1) 青森営林局：上北地域施業計画区第4次地域施業計画書，P 14，1985より。

2) 観測値は1974~1983の10ヶ年平均。

単位 平均気温 °C，降水量 mm，最深積雪 cm。



写真—9 40年生林分（三本木）

Photo 9. The 40-year-old beech stand in Sambongi.



写真—10 80年生林分（三本木）

Photo 10. The 80-year-old beech stand in Sambongi.



写真—11 140年生林分（三本木）

Photo 11. The 140-year-old beech stand in Sambongi.



写真—12 170年生林分 (三本木)
Photo 12. The 170-year-old beech stand in Sambongi.



写真—13 190年生林分 (三本木)
Photo 13. The 190-year-old beech stand in Sambongi.

IV 結果と考察

1. 環境と生長・形質

環境条件がブナの生長と形質に如何に影響を及ぼすかを検討するに当り、まず青ブナ林分と赤ブナ林分標準地の毎木調査成績(表-10)から考察しよう。今回は調査面積が小さいため一概には言えないが、いずれも広葉樹の純林である。ha 当りの本数は青ブナおよび赤ブナ林分ともに600本強で、後者が若干多く、一方材積は331~340 m³で大差はない。またこれらの林分内に占めるブナの割合は、本数では73~75%であるのに対し、材積では85から96%にも達している。さらに、両標準地の立木を直径級別に分析すると、両林分はともにブナの小・中径木に富み、大径木が少ないことがわかる。また、ブナ以外の広葉樹は、青・赤ブナ林分とも殆ど小径木であることがうかがわれる(表-14および15)。

表-14 直径級別本数・材積(青ブナ林分)

Table 14. Tree number and volume by diameter class in the blue beech stand

直径級(cm)	ブナ		その他の広葉樹		計	
	本数	材積(m ³)	本数	材積(m ³)	本数	材積(m ³)
小径木 (6~32)	24 (52)	6.329 (22)	12 (80)	0.317 (6)	36 (59)	6.646 (19)
中径木 (34~52)	21 (46)	21.137 (73)	2 (13)	2.207 (44)	23 (38)	23.344 (69)
大径木 (54~)	1 (2)	1.572 (5)	1 (7)	2.471 (50)	2 (3)	4.043 (12)
計	46 (100)	29.038 (100)	15 (100)	4.995 (100)	61 (100)	34.033 (100)

注) 括弧内は比率(パーセント)

表-15 直径級別本数・材積(赤ブナ林分)

Table 15. Tree number and volume by diameter class in the red beech stand

直径級(cm)	ブナ		その他の広葉樹		計	
	本数	材積(m ³)	本数	材積(m ³)	本数	材積(m ³)
小径木 (6~32)	13 (54)	2.976 (18)	9 (100)	0.726 (100)	22 (67)	3.702 (22)
中径木 (34~52)	9 (37)	9.069 (56)			9 (27)	9.069 (53)
大径木 (54~)	2 (9)	4.219 (26)			2 (6)	4.219 (25)
計	24 (100)	16.264 (100)	9 (100)	0.726 (100)	33 (100)	16.990 (100)

注) 括弧内は比率(パーセント)

このように両林分の構成は一見類似しているが、個々の立木の外観はもとより、生長および形質にはかなりの相違が認められた。その要因を調べるため、まず環境条件の違いから詳しく考察する。

1) 環境条件

本研究で調査した青ブナ・赤ブナ林分は、ともに石崎川の上流域で、小岳・大岳と連なる支脈の北東側(上ノ国町大安在)に位置している。青ブナを主体とする調査箇所は、169 林班内の標高 310 m、東に面する比較的急な斜面であり、一方赤ブナ林分の調査箇所は 171 林班内で、標高 520 m の尾根に近い北東に面する緩斜地である。

気象の状況を調査箇所に近い北海道大学桧山地方演習林(上ノ国町所在)のデータから引用⁶²⁾して述べると、年平均気温は 9.0℃、年降水量は 1,300 mm 強である。5・6月の小雨を除き、平均して毎月 100 mm 程度の降水をみる。また積雪は 12 月より翌 3 月まで続き、山岳地では最大積雪深が 1 m に達する。さらに風力は平均 6.6 m/s と一般に強く、冬は日本海側から、春には津軽海峡から山越しに吹きつけるため、山稜は年中強風にさらされることになる。

一方、同箇所の地質⁶⁾は、概況でも述べているとおり、古生層を基盤とし、その上部に直接新第三紀下階の緑色凝灰岩よりなる累層が重なり、古第三系を欠いているのが特色である。また火山堆積物については、渡島大島の噴火による O_3-a と O_3-b で示される 2 回の降灰⁷⁾がみられ、前者は 1741 年、後者はそれよりも古く、年代は不詳である。その結果両箇所とも表土に火山灰を混えている。

最後に土壌について述べよう。まず土壌調査箇所の林床は、青ブナ林分ではハイヌガヤ、オオカメノキ、ツルシキミの他イタヤカエデと僅かなブナの稚樹が生育していたが、赤ブナ林分では高さおおよそ 2 m のチシマザサで全面が覆われ、その中にオオカメノキ、オオバクロモジ、ツルシキミ、ハイヌガヤが散見され、ブナの稚樹はほとんど見られなかった。この両林分標準地内に 1 カ所ずつ試孔を作り、現地土壌を観察し、標準法^{60~63)}に従って調査した。その結果は表-16 のとおりであり、調査地番号 1 および 2 はそれぞれ青ブナ・赤ブナ林分の調査箇所番号である。

表土を覆っている A_0 層の厚さは、青ブナ林分では 6 cm であるのに対し、赤ブナ林分では 14 cm と厚い。一方土壌層は、調査地 1 は肉眼で 3 層に、調査地 2 では 4 層に分れたが、溶脱・集積作用が認められず、その色調からみて褐色森林土である。 A 層の厚さはともに 27 cm で暗褐色を呈し、上部の A_1 は硬度も低く、礫のない膨軟な土壌であり、 O_3-a と思われる火山灰をかなり混えている。 B 層については、青ブナ林分では礫を 18% 含む均質の層のみからなっていたが、赤ブナ林分では 55 cm の深さからにぶい黄褐色の厚い層 (B_2) が現われ、その固相の占める割合は 42% にも達している。

つぎに細土の性質をまとめて示すと、表-17 および 18 のとおりである。

粒径組成分析の結果、いずれの層位も壤土質で物理性がよく、また窒素含有量や交換性陽

表-16 プナ林分の現地土壌の性質
Table 16. Properties of soils under natural condition in beech stands

調査地番号	調査箇所			層位	深さ (cm)	厚さ (cm)	色調		硬度		構造	腐植度	礫量 (%)	容積比重		含水率		三相分布			孔隙率 (vol.%)
	標高 (m)	斜度 (°)	方位				Munsell	肉眼	テスター (mm)	堅密度				湿度	乾土	対湿度 (%)	対乾土 (%)	固相 (vol.%)	液相 (vol.%)	気相 (vol.%)	
1 青ブナ林分	310	17	N80°E	A ₀	-6	6	7.5YR2/2	黒褐色	4	しょう	—	すこぶる富む	—	0.36	0.11	71	242	8	25	67	92
				A ₁	0-13	13	10YR3/3	暗褐色	13	軟	団粒	富む	1	0.78	0.48	39	63	22	30	48	78
				A ₂	13-27	14	10YR3/3	暗褐色	18	堅	団粒	富む	10	0.86	0.40	54	116	20	46	34	80
				B	27-	66<	10YR4/4	褐色	20	堅	塊状	乏し	18	1.19	0.70	42	71	20	50	20	70
2 赤ブナ林分	520	9	N10°E	A ₀	-14	14	7.5YR2/2	黒褐色	6	しょう	—	すこぶる富む	—	0.46	0.17	68	232	13	34	53	87
				A ₁	0-11	11	7.5YR2/3	極暗褐色	13	軟	細粒状	富む	2	0.95	0.54	43	74	25	40	35	75
				A ₂	11-28	7	7.5YR3/3	暗褐色	18	堅	団粒	富む	18	0.84	0.37	56	128	19	47	34	81
				B ₁	28-55	27	10YR4/4	褐色	18	堅	団粒	乏し	26	0.97	0.52	46	85	23	44	33	77
				B ₂	55-	30<	10YR5/4	にぶい黄褐色	19	堅	塊状	乏し	20	1.41	1.01	29	40	42	40	18	58

表-17 細土の性質
Table 17. Properties of fine soils obtained

調査地番号	層位	粒径組成 (%)				土性	風乾水分 (%)	最大含水量 (%)	容積密度 (g/cm ³)	真比重	pH		灼熱損失 (%)	C (%)	N (%)	C/N	全有機物 (%)	CEC (me/100g)	交換性陽イオン量 (me/100g)				塩基飽和度 (%)	リン酸吸収係数 (mg/100g)
		粗砂	細砂	シルト	粘土						H ₂ O	N-KCl							Ca	Mg	K	Na		
1	A ₀	—	—	—	—	—	10.2	528	0.18	1.36	4.4	3.1	74.4	40.6	1.92	21	70	89.2	6.8	5.4	1.7	0.6	16	610
	A ₁	33	26	32	9	L	3.6	111	0.59	2.20	5.1	4.8	9.8	4.8	0.20	24	8	13.2	0.9	0.4	0.1	0.1	11	1,210
	A ₂	27	26	34	13	L	8.9	119	0.55	1.99	5.3	5.1	24.1	7.4	0.34	22	13	37.5	1.0	0.5	0.1	0.2	5	2,240
	B	5	26	59	10	SiL	6.5	91	0.70	2.35	5.3	5.2	10.0	1.6	0.13	12	3	22.1	1.1	2.7	0.3	0.3	20	2,080
2	A ₀	—	—	—	—	—	10.8	462	0.19	1.36	4.0	3.4	79.3	41.5	1.83	23	72	68.6	7.1	7.1	2.2	0.9	25	670
	A ₁	23	22	40	15	L	4.1	111	0.56	2.17	5.1	4.7	13.2	6.6	0.30	22	11	20.2	0.8	0.5	0.2	0.2	8	1,650
	A ₂	19	32	33	16	L	7.4	105	0.61	2.00	5.4	4.9	18.2	8.1	0.41	20	14	27.7	1.0	0.6	0.2	0.3	14	2,050
	B ₁	20	33	29	18	cL	6.5	94	0.66	2.25	5.3	5.0	13.7	3.4	0.21	16	6	27.9	1.4	2.1	0.1	0.3	14	2,180
	B ₂	20	40	29	11	L	4.6	68	0.87	2.41	5.3	4.5	7.8	0.5	0.05	10	1	26.3	2.7	5.2	0.1	0.3	31	1,560

イオン量などの化学性も良好といえる。しかしA₀層のpHとくに塩化カリウム溶液による潜在性のpHが低く、また赤ブナ林分のB₂層におけるpHが他の土壌層にくらべて低いのが特徴的である。さらに表-16に示されたpF-水分関係をみると、最大容水量に相当するpF 0では、赤ブナ林分のB₂層で68%と低く、pF 1.6の圃場容水量における水分が、調査地1にくらべ2が全体的に少ない。またpF 1.6とpF 4.2(永久萎凋点)の含水比の差である有効水分値も同様に調査地2の方が低い。

表-18 種々のpF値における水分
Table 18. Moisture content at various pF values of fine soils

調査地号	層位	pF							有効水分 (ポイント)
		0	1.6	2.7	3.1	3.9	4.2	5.7	
1	A ₁	111	101	47	32	18	15	4	86
	A ₂	119	101	52	42	30	26	10	75
	B	91	73	48	45	34	28	7	45
2	A ₁	111	93	47	32	17	14	4	79
	A ₂	105	92	49	35	24	21	8	71
	B ₁	94	64	39	35	27	24	7	40
	B ₂	68	57	36	31	23	19	5	38

注) 含水比(パーセント)

しかし表-14から判るように、8月に採取した現地土壌はいずれもpF 2.7(水分当量)以下の力で保持される水分を含み、十分に水の供給が得られているものと推定される。

これらの環境条件の相違の下で、ブナの生長と形質の差はどのように現われてきているか、以下に生長、樹形および偽心材の出現頻度の実態を比較してみる。

2) 単木の生長

まず青ブナ・赤ブナの両林分から標準となるブナを各1本ずつ伐採して、樹幹析解を行い、単木生長の経過を追跡した。その結果を青森県三本木営林署管内で採取したブナ供試木と合せて示すと図-2、3および表-19、20および21のとおりである。

青ブナ・赤ブナ両林分の供試木とも樹齢は185年で、樹高は20m強で同じであるが、胸高

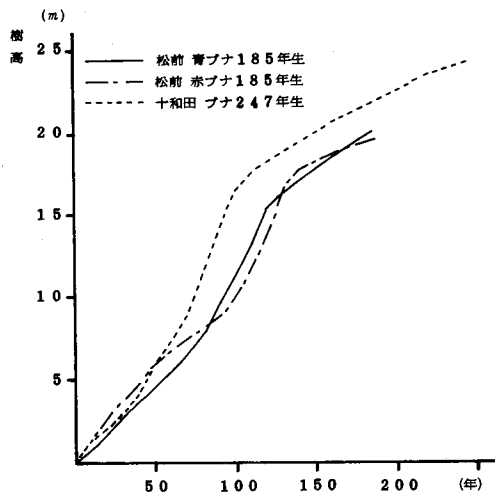


図-2 樹高総生長

Fig. 2. Height growth of sample trees.

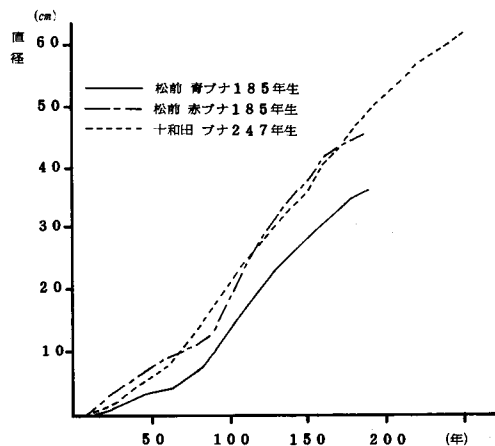


図-3 直径総生長

Fig. 3. Diameter growth of sample trees.

表-19 材積生長と生長率 (松前, 青ブナ185年生)

Table 19. Volume growth of a blue beech sample

齢階	総生長 (m ³)	定期 (m ³)	連年 (m ³)	平均 (m ³)	生長率 (%)
10	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	
20	0.0005	0.0004	0.0000	0.0000	22.31
30	0.0011	0.0006	0.0001	0.0000	8.71
40	0.0025	0.0014	0.0001	0.0001	8.54
50	0.0046	0.0021	0.0002	0.0001	6.31
60	0.0075	0.0029	0.0003	0.0001	4.96
70	0.0108	0.0033	0.0003	0.0002	3.76
80	0.0194	0.0087	0.0009	0.0002	6.08
90	0.0387	0.0192	0.0019	0.0004	7.11
100	0.0860	0.0473	0.0047	0.0009	8.32
110	0.1619	0.0760	0.0076	0.0015	6.54
120	0.2587	0.0968	0.0097	0.0022	4.80
130	0.3496	0.0909	0.0091	0.0027	3.06
140	0.4389	0.0894	0.0089	0.0031	2.30
150	0.5442	0.1053	0.0105	0.0036	2.17
160	0.6630	0.1188	0.0119	0.0041	1.99
170	0.7871	0.1241	0.0124	0.0046	1.73
180	0.8982	0.1111	0.0111	0.0050	1.33
185	0.9576	0.0594	0.0119	0.0052	1.29

表-20 材積生長と生長率 (松前, 赤ブナ185年生)

Table 20. Volume growth of a red beech sample

齢階	総生長 (m ³)	定期 (m ³)	連年 (m ³)	平均 (m ³)	生長率 (%)
10	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	
20	0.0011	0.0010	0.0001	0.0001	27.22
30	0.0040	0.0029	0.0003	0.0001	13.57
40	0.0098	0.0058	0.0006	0.0002	9.34
50	0.0178	0.0080	0.0008	0.0004	6.17
60	0.0266	0.0088	0.0009	0.0004	4.12
70	0.0361	0.0095	0.0009	0.0005	3.10
80	0.0497	0.0136	0.0014	0.0006	3.24
90	0.0740	0.0243	0.0024	0.0008	4.06
100	0.1727	0.0987	0.0099	0.0017	8.84
110	0.3216	0.1488	0.0149	0.0029	6.41
120	0.4979	0.1763	0.0176	0.0041	4.47
130	0.6989	0.2010	0.0201	0.0054	3.45
140	0.8554	0.1565	0.0157	0.0061	2.04
150	1.0119	0.1565	0.0157	0.0067	1.69
160	1.1641	0.1521	0.0152	0.0073	1.41
170	1.3133	0.1492	0.0149	0.0077	1.21
180	1.4701	0.1568	0.0157	0.0082	1.13
185	1.5329	0.0628	0.0126	0.0083	0.84

注) 樹幹析解の生長率計算はライブニッツ式による。

直径は赤ブナ林分からのそれは10 cm程度太い。従って青ブナおよび赤ブナ林分からの供試木の材積は、表-19, 20のとおり、それぞれ0.96と1.53 m³で後者が5割強も大である。これは後者の林分の方が、供試木周囲の立木密度が低く、十分に肥大生長がなされたことを示している。しかし、赤ブナの材積生長率は青ブナに比べて140年以降になるといく分低い傾向が認められる。また、図-2で示されるとおり、赤ブナ林分の供試木の最近の樹高生長は、青ブナ林分のそれにくらべ鈍化している。つぎに材積総生長をみると、樹齢90年までは両供試木とも、その材積は小さいが100年を超え、大きな樹冠を占めるようになってから著しく増加したことが理解できる。しかしながら、ここでは小関が示したような青ブナが赤ブナに比べて、著しく生長がよいという結果²⁰⁾はえられなかった。

いま、これを三本木営林署管内のブナ林に生育していた供試木と比較してみよう。この供試木は標高680 mで、同管内のやや不良な環境条件下で生育していた樹齢247年、樹高25.4 m、胸高直径65 cmのブナであるが、前者と同じ185年における樹高は22.5 m、材積は2.0 m³強で、その結果をみる限り、青森のブナの方がたとえ高海拔地に生育していても、生長はよいといえよう。これは環境条件の相違に起因していると思われる。すなわち三本木営林署管内のブナ林が内陸に位置しているのに対し、松前林務署のブナ林は海岸に近く、年中強風にさらさ

表-21 材積生長と生長率
(三本木営林署管内, 247年生)

Table 21. Volume growth of a beech sample in Sambongi national forest

齢階	総生長 (m ³)	定期 (m ³)	連年 (m ³)	平均 (m ³)	生長率 (%)
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
20	0.0004	0.0004	0.0000	0.0000	29.24
30	0.0013	0.0008	0.0001	0.0000	11.85
40	0.0046	0.0033	0.0003	0.0001	13.85
50	0.0086	0.0040	0.0004	0.0002	6.50
60	0.0151	0.0064	0.0006	0.0003	5.72
70	0.0341	0.0191	0.0019	0.0005	8.52
80	0.0772	0.0431	0.0043	0.0010	8.51
90	0.1546	0.0774	0.0077	0.0017	7.19
100	0.2641	0.1095	0.0110	0.0026	5.50
110	0.4133	0.1492	0.0149	0.0038	4.58
120	0.5790	0.1657	0.0166	0.0048	3.43
130	0.7363	0.1573	0.0157	0.0057	2.43
140	0.9145	0.1782	0.0178	0.0065	2.19
150	1.1107	0.1962	0.0196	0.0074	1.96
160	1.3294	0.2188	0.0219	0.0083	1.81
170	1.5650	0.2356	0.0236	0.0092	1.64
180	1.8790	0.3140	0.0314	0.0104	1.85
190	2.1505	0.2715	0.0271	0.0113	1.36
200	2.4039	0.2534	0.0253	0.0120	1.12
210	2.6063	0.2024	0.0202	0.0124	0.81
220	2.8200	0.2137	0.0214	0.0128	0.79
230	3.0335	0.2136	0.0214	0.0132	0.73
240	3.2651	0.2316	0.0232	0.0136	0.74
247	3.4126	0.1475	0.0211	0.0138	0.63

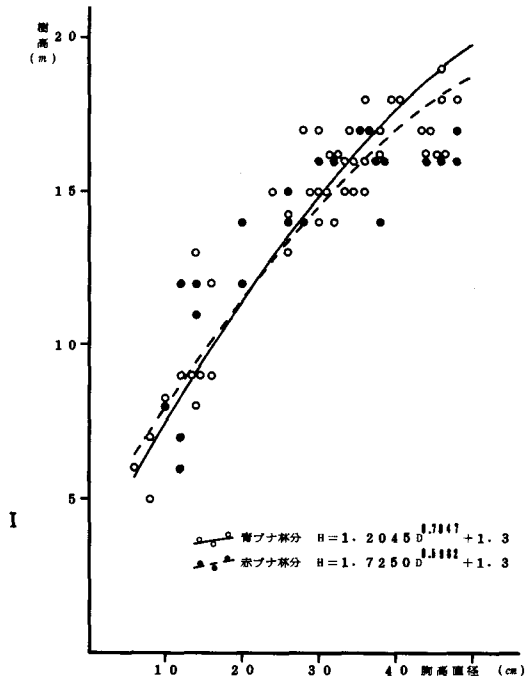


図-4 樹高曲線 (青ブナ, 赤ブナ林分)
Fig. 4. Height curve of the sample plots.

れていることと、写真-9~13で判るとおり、前者の標準地の林床を覆っているササは、後者のそれにくらべ、密度・稈高ともに低く、これがブナの更新・生長を阻害しないためと考えられる。

3) 林分の生長

単木の生長は、採取した供試木のごく周囲の生育環境により左右され、必ずしもその実態を反映していない場合が多いので、次に青ブナおよび赤ブナの林分についての生長の実態を検討することとした。まず両標準地内のブナの全立木の胸高直径と樹高との関係を指数式にあてはめ、それぞれ樹高曲線式を作成した。その結果は図-4のとおりで、青ブナ林分は $H = 1.2045 D^{0.7047} + 1.3$ 、赤ブナ林分は $H = 1.7250 D^{0.5962} + 1.3$ の式であらわされた。なお両者とも χ^2 検定の結果は5%水準でよく適合することが認められた。これによると、胸高直径が20 cmをこえると青ブナ林分の方が赤ブナのそれより若干樹高が高く、いわゆる「のびのよい」木が多いこと

表-22 株分生長量および生長率(青ブナ林分)

Table 22. Annual growth and its rate in the blue beech stand

直径階 (cm)	樹高 (m)	単木材積 (m ³)	本数 (本)	材積 (m ³)	連年生長率 (%)	連年生長量 (m ³)
6	6	0.010	5	0.050	14.4	0.007
8	7	0.019	9	0.171	12.0	0.021
10	8	0.032	1	0.032	10.0	0.003
12	9	0.051	2	0.102	8.0	0.008
14	10	0.075	4	0.300	6.6	0.020
16	11	0.106	3	0.318	5.4	0.017
24	14	0.297	1	0.297	2.8	0.008
26	15	0.372	2	0.744	2.2	0.016
28	15	0.431	1	0.431	2.0	0.009
30	16	0.524	5	2.620	1.8	0.047
32	16	0.596	3	1.788	1.7	0.030
34	16	0.672	5	3.360	1.6	0.054
36	17	0.796	3	2.388	1.6	0.038
38	17	0.886	2	1.772	1.5	0.027
40	17	0.981	2	1.962	1.5	0.029
42	17	1.078	1	1.078	1.4	0.015
44	17	1.183	3	3.549	1.4	0.050
46	17	1.291	4	5.164	1.4	0.072
48	18	1.481	2	2.962	1.3	0.039
50	18	1.604	1	1.604	1.3	0.021
54	18	1.865	1	1.865	1.3	0.024
66	19	2.906	1	2.906	1.2	0.035
計			61	35.463		0.590

林分生長量 5.9m³/ha
(stand growth)

$$\text{林分生長率 (stand growth rate)} = \frac{0.590}{35.463 - 0.590} \times 100 = 1.7\%$$

を示している。

つぎに生長錐によって測定した両標準地全立木の連年生長量と同生長率は表-22 および 23 のとおりである。表-22 に示されるように、青ブナ林分標準地の直径階毎の連年生長率は、当然小径木ほど高いが、直径階 6 cm の場合には 14% を超え、8 cm で 12% に達している。一方、表-23 の赤ブナ林分標準地の場合は、最高生長率を示した直径階 8 cm でも 5% であり、36 cm 以上の立木では、生長率はいずれも 1% である。これより算出した林分生長率は、青ブナおよび赤ブナ林分でそれぞれ 1.7% と 1.2% となり、赤ブナ林分の方が生長は劣っている。

4) 樹形級区分

青ブナおよび赤ブナ林分の立木の外観形質を調べるため、両標準地内のすべての立木を大橋式樹形級区分と、間伐の基準に広く用いられている河田式幹級区分に従って分類した。前者によって分類した結果は表-24 および 25 のとおりである。

表-23 林分生長量および生長率 (赤ブナ林分)

Table 23. Annual growth and its rate in the red beech stand

直径階 (cm)	樹高 (m)	単木材積 (m ³)	本数 (本)	材積 (m ³)	連年生長率 (%)	連年生長量 (m ³)
8	7	0.019	3	0.057	5.0	0.003
10	9	0.036	5	0.180	4.2	0.008
12	11	0.061	4	0.244	3.4	0.008
14	12	0.089	2	0.178	3.2	0.006
20	13	0.193	2	0.386	2.2	0.009
26	15	0.372	2	0.744	1.5	0.011
28	15	0.431	1	0.431	1.4	0.006
30	15	0.494	2	0.988	1.3	0.013
32	16	0.596	1	0.596	1.2	0.007
36	16	0.752	2	1.504	1.0	0.015
38	16	0.837	3	2.511	1.0	0.025
44	17	1.183	1	1.183	1.0	0.012
46	17	1.291	1	1.291	1.0	0.013
48	17	1.403	2	2.806	1.0	0.028
56	17	1.899	1	1.899	1.0	0.019
86	18	4.622	1	4.622	1.0	0.046
計			33	19.620		0.229

林分生長量 4.6m³/ha
(stand growth)

$$\text{林分生長率 (stand growth rate)} = \frac{0.229}{19.620 - 0.229} \times 100 = 1.2\%$$

表-24 大橋式樹形級区分 (青ブナ林分)

Table 24. Classification of trees by OHASHI's tree-form-class method in the blue beech stand

樹冠形 樹冠層	100	200	300	400	500	計
1000	85		3	12		100
2000	25	25	36	14		100
計	57	12	18	13		100

樹幹形 樹冠層	10	20	30	40	50	計
1000	49	21	3	18	9	100
2000	25	36	14	11	14	100
計	38	28	8	15	11	100

幹の欠点 樹冠層	0	1	2	3	計
1000	70	18	6	6	100
2000	75	4	14	7	100
計	72	11	10	7	100

注) 数値は比率(パーセント)

表-25 大橋式樹形級区分 (赤ブナ林分)

Table 25. Classification of trees by OHASHI's tree-form-class method in the red beech stand

樹冠形 樹冠層	100	200	300	400	500	計
1000	71		29			100
2000	32	37	16	10	5	100
計	49	21	21	6	3	100

樹幹形 樹冠層	10	20	30	40	50	計
1000	57	29		7	7	100
2000	26	37	11	5	21	100
計	40	33	6	6	15	100

幹の欠点 樹冠層	0	1	2	3	計
1000	71	22		7	100
2000	63	5	11	21	100
計	67	12	6	15	100

注) 数値は比率(パーセント)

表-24 に示されるように、青ブナ林分では、樹冠が上層を占め適正に発達した林木が圧倒的に多く、その中で通直な樹幹で不定芽や小枝のないものが多い。これに対して表-25 の赤ブナ林分では、優勢木が71%とかなりの高い比率で占めてはいるものの、劣勢木で樹冠の発達が過大となった林木の割合も高いのが特徴的である。

つぎに河田式幹級区分に従って分類した結果は表-26 および 27 のとおりである。

表-26 の青ブナ林分では優勢で形質の美しい立木は、本数において34%と最大であり、いずれもブナである。またブナの中で形質に欠点のあるものおよび劣勢木は、それぞれ20%であるが、その他の広葉樹の大部分は劣勢木、および病虫害木あるいは傾斜木である。一方、表-27 の赤ブナ林分では、劣勢のブナの本数が最大で37%を占め、優勢に区分されるものは21%である。その他の広葉樹は大部分が枯損・病虫害木で、この点は青ブナ林分と類似している。

表-26 河田式幹級区分 (青ブナ林分)
Table 26. Classification of trees by
KAWADA's stem-form-class method
in the blue beech stand

区分	ブナ		その他広葉樹		計	
	本数比 (%)	材積比 (%)	本数比 (%)	材積比 (%)	本数比 (%)	材積比 (%)
A	34	52			26	44
B	11	15	13	74	12	24
B'	20	26	7	19	16	25
C	20	4	47	5	26	4
D	4	0			4	0
E	11	3	33	2	16	3
計	100	100	100	100	100	100

表-27 河田式幹級区分 (赤ブナ林分)
Table 27. Classification of trees by
KAWADA's stem-form-class method
in the red beech stand

区分	ブナ		その他広葉樹		計	
	本数比 (%)	材積比 (%)	本数比 (%)	材積比 (%)	本数比 (%)	材積比 (%)
A	21	31			15	30
B	17	29			12	28
B'	17	16	11	72	15	18
C	37	9	22	9	33	9
D			11	4	3	0
E	8	15	56	15	22	15
計	100	100	100	100	100	100

5) 林内照度と樹冠疎密度

植物の生活を支えている基本的な生理機能である光合成は、光要因と密接な関係があり、また地床に光が到達できることは、樹木の更新さらには土壌有機物の分解にも深い関係がある。一般に生長のよい林分は樹葉が多く着生し、閉鎖度が高いといわれている。従って前述のように青ブナ・赤ブナ林分の本数・材積に相違がなくても、両者の林内照度に大きな違いがあると考え、それぞれ照度(ルクス)を測定した。すなわち測点を標準地内に等間隔に10カ所以上選定し、平均照度を求めた。また林内照度は全天のそれとの比、つまり相対照度(%)で表現した。なお青ブナ林分標準地内の林床植生の高さは低く、地上高1mで測定したが、赤ブナ林分標準地ではチシマザサが全面に密生しているため、その稈高以上と以下の2カ所で照度を測定した。結果を一括して示すと表-28 のとおりである。

青ブナ林内では、平均照度は2,460ルクスであるのに対し、赤ブナ林内のササの稈高を越えた位置でのそれは3,280ルクスと前者より高く、またササ地内では970ルクスと著しく低い。

表-28 青ブナおよび赤ブナ林分内の照度

Table 28. Illuminance in the blue and red beech stands

(青ブナ林分) Blue beech stand			(赤ブナ林分) Red beech stand			
測点	林内照度 (Lux)	全天照度 (Lux)	測点	林内照度(Lux)		全天照度 (Lux)
				笹上(2.0m高)	笹下(1.0m高)	
1	1,300	27,000	1	3,500	350	20,000
2	2,000	27,000	2	4,300	400	20,500
3	2,500	27,000	3	3,000	400	21,000
4	2,000	27,000	4	3,200	650	21,000
5	1,800	27,000	5	4,000	1,000	21,000
6	2,200	27,000	6	2,500	700	21,000
7	5,000	27,000	7	2,000	850	21,000
8	4,000	27,000	8	2,400	1,050	21,000
9	2,200	27,000	9	5,000	1,300	21,000
10	2,300	27,000	10	4,300	1,200	21,000
11	2,300	28,000	11	3,800	1,300	20,000
12	2,000	28,000	12	2,800	1,700	20,000
13	2,400	27,000	13	2,500	1,500	20,000
計	32,000	353,000	14	2,600	1,200	20,000
平均	2,460	27,150	計	45,900	13,600	288,500
相対照度	9%		平均	3,280	970	20,600
			相対照度	16%	5%	

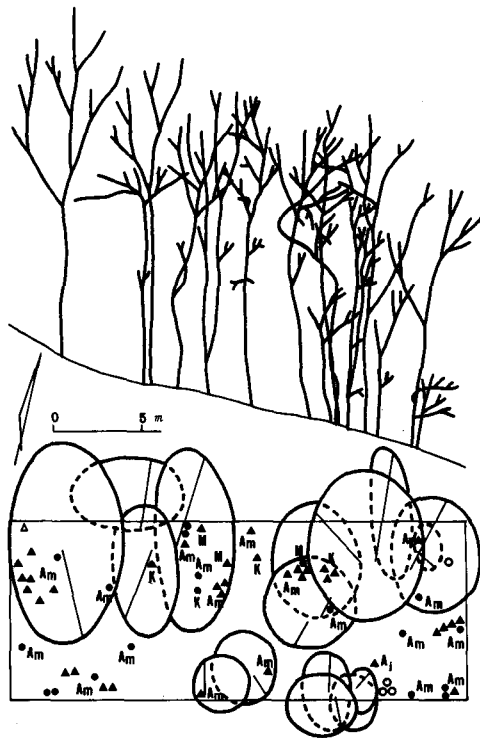
相対照度で示すと、青ブナ林内の9%に対し、赤ブナ林内は16%および5%となった。つまり青ブナ林分の樹冠は赤ブナ林分より大きく広がり、樹葉の多いことが推測される。また前者の林内は比較的暗いが、地上になお光が入射して、林木の更新が可能であり、土壌有機物の分解も進行するものと考えられる。一方、赤ブナ林分の地表の明るさは、ササが密生しているため著しく暗く、林木の更新は期待できず、落葉・落枝の分解も進まない。

つぎに樹冠の様相をみるため、両標準地内に引いたベルト・トランセクト法による樹冠投影図を示すと、図-5および6のとおりである。

この図からみると赤ブナ林内の方が、青ブナ林内より樹冠の占める割合が大で、照度測定の結果と必ずしも一致しないが、前者の樹冠の形状は過大に発達した円形であり、梢端に枯死が目立つのに対し、後者のそれはむしろ南北に広がる楕円形で葉量が多い。

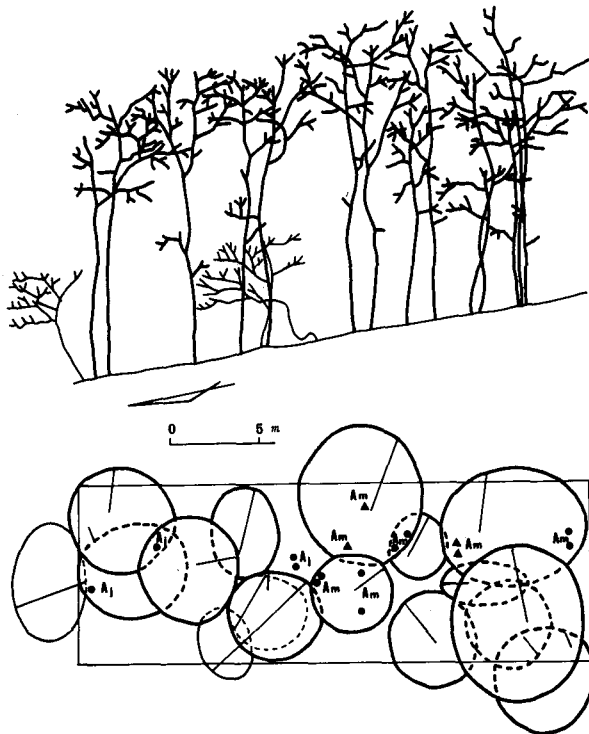
6) 偽心材の実態

一般に赤ブナ林分から出材したブナ材には偽心、とくに星状形の偽心(写真-14)が多いといわれているが、その実態はどうであろうか。たまたま松前林務署170および171林班の土場に素材が堆積みされており、主として前者は青ブナ林分より、後者は赤ブナ林分より出材したとされているものであった。それぞれおよそ100本について品等、偽心の形状および偽心率を調査した。その結果は表-29, 30, 31および32のとおりである。



凡	例
○	ブナの樹冠
○	その他広葉樹の樹冠
○	ブナの幼樹
△	ブナの稚樹
●	その他広葉樹の幼樹
▲	その他広葉樹の稚樹
A j	ハウチワカエデ
A ■	イタヤカエデ
A ■■	ベニイタヤ
A s	コシアブラ
K	センノキ
M	ホオノキ

図-5 樹冠投影図(青ブナ林分)
Fig. 5. Crown projection by the belt-transect method in the blue beech stand.



凡	例
○	ブナの樹冠
○	その他広葉樹の樹冠
○	ブナの幼樹
△	ブナの稚樹
●	その他広葉樹の幼樹
▲	その他広葉樹の稚樹
A j	ハウチワカエデ
A ■	イタヤカエデ
A ■■	ベニイタヤ
A s	コシアブラ
K	センノキ
M	ホオノキ

図-6 樹冠投影図(赤ブナ林分)
Fig. 6. Crown projection by the belt-transect method in the red beech stand.

表-29 出材丸太の品等別区分
Table 29. Quality grade of logs from beech stands

品等 林班	1 等	2 等	3 等	4 等	等 外	計
170林班 (青ブナ)	0 (0)	19 (18)	79 (76)	6 (6)	0 (0)	104 (100)
171林班 (赤ブナ)	0 (0)	11 (11)	17 (16)	43 (42)	32 (31)	103 (100)

注) 括弧内は比率(パーセント)

表-30 出材丸太の偽心の形状別区分
Table 30. Classification of false heartwood of beech logs by the shape

形状 林班	丸	丸・雲	雲	星・雲	星	星・丸	なし	計
170林班 (青ブナ)	75 (72)		21 (20)		4 (4)	1 (1)	3 (3)	104 (100)
171林班 (赤ブナ)	23 (22)	5 (5)	30 (29)	3 (3)	40 (39)	1 (1)	1 (1)	103 (100)

注) 括弧内は比率(パーセント)

表-31 丸太の末口径別偽心率(青ブナ林分)

Table 31. False heartwood rate in the cross section of logs from the blue beech stand

丸太の末口径 (cm)	偽 心 率 (%)	調 査 個 数
20	70	1
22	6	7
24	8	7
26	14	7
28	18	14
30	18	7
32	16	20
34	22	11
36	18	11
38	23	7
40	8	3
42	12	3
44	25	1
46	20	4
48		
50	30	1

表-32 丸太の末口径別偽心率(赤ブナ林分)

Table 32. False heartwood rate in the cross section of logs from the red beech stand

丸太の末口径 (cm)	偽 心 率 (%)	調 査 個 数
24	34	5
26	27	5
28	21	9
30	34	6
32	59	12
34	34	5
36	41	7
38	45	9
40	50	9
42	47	7
44	41	6
46	59	6
48	40	7
50	34	1
52	41	4
54	49	2
56	37	2
58	50	1

品等では、両者とも1等材はなく、青ブナ林分からの出材丸太の94%は2および3等材であるのに対し、赤ブナ林分からのそれは、4等材ないし等外材で合わせて73%を占めている。また両林分からの素材はいずれもほとんど偽心材ではあるが、青ブナ林分からのものは、大部分円形偽心(写真-15)であり、一方赤ブナ林分からのものは、星状形の偽心が多い。さらに青ブナ林分の出材丸太の偽心率は、赤ブナ林分より著しく低く、利用上それ程問題はないものと思われる。

次に三本木営林署管内に椚積みされていたブナ丸太と比較してみる(表-33~35)。標高700mの同130林班から伐採したブナ丸太の偽心材の割合は、松前林務署管内の青ブナ林分のそれとよく類似し、両者とも丸太の殆んどすべてに偽心が存在していたが、材価を下げる星状偽心の占める比率はわずか4~5%であった。ただ三本木営林署管内の場合には、色調が全般に淡く雲型のものが61%、丸型が33%であるのに対し、松前林務署管内青ブナ林分の場合には、偽心の色が若干濃く両形状の比率はちょうど前者と逆の関係になっていた。

7) 小 括

以上、環境条件と青ブナ・赤ブナ林分の実態を述べてきたが、これらの事実からつぎのよ

表-33 出材丸太の品等別区分

Table 33. Quality grade of beech logs in Sambongi national forests

品等	2等	3等	4等	等外	合計
林小班					
130	5	25	17	10	57
ぬ-6	(8.8)	(43.9)	(29.8)	(17.5)	(100)

注) 括弧内は比率(パーセント)

表-34 出材丸太の偽心の形状別区分

Table 34. Classification of false heartwood of beech logs in Sambongi national forests by the shape

形状	丸	雲	星	合計
林小班				
130	19	35	3	57
ぬ-6	(33.3)	(61.4)	(5.3)	(100)

注) 括弧内は比率(パーセント)

表-35 丸太の末口径別偽心率

Table 35. False heartwood rate in the cross section of beech logs in Sambongi national forests

丸太の末口径 (cm)	偽心率 (%)	調査個数
20	35.5	1
24	44.4	1
26	15.7	3
28	50.0	3
30	31.7	2
32	28.4	7
34	51.3	3
36	25.0	2
38	29.9	6
40	36.2	2
42	35.6	4
44	49.7	2
46	41.5	4
48	39.4	5
50	42.5	4
52	42.9	1
56	41.7	2
58	23.5	1
60	28.6	4

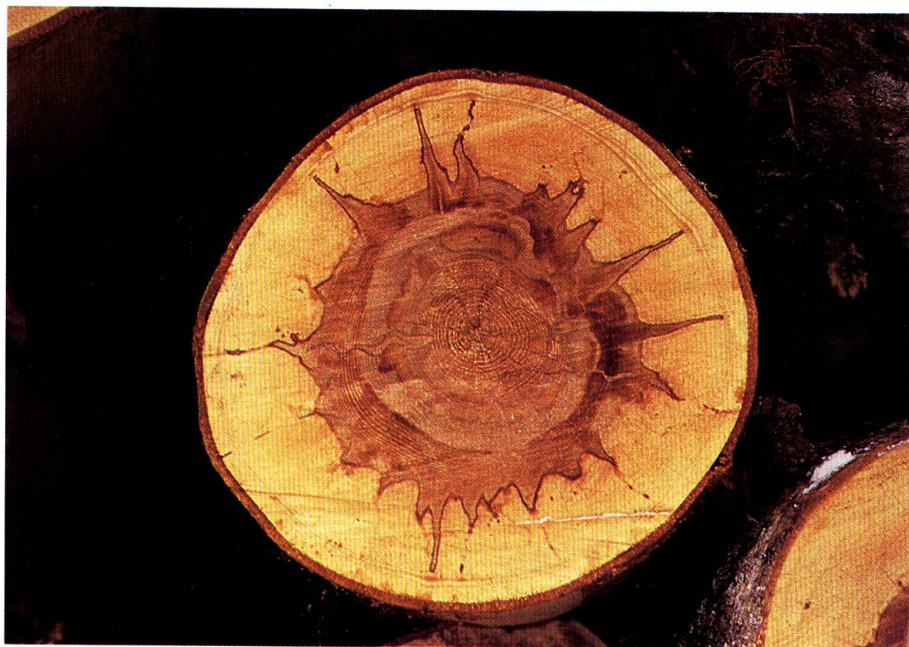


写真-14 星状形偽心

Photo 14. Star-shaped false heartwood.



写真-15 円形偽心

Photo 15. Round-shaped false heartwood.

うに総括される。すなわち、両林分とも土壌は典型的な褐色森林土で、水湿状態も適潤の B₀ タイプといえよう。適度な礫の混入は空気の流通をよくし、透水性も向上させる。その結果ブナの根は 80 cm の深さに達している。一方、化学的性質としては、土壌は酸性に傾いているとはいえ、全般的に生産力に富む良好な土壌である。しかし、赤ブナ林分は林床がチシマザサで密に覆われ、照度測定の結果でも示されるとおり、十分な光が地上に到達できない。

しかし、赤ブナが多く見られる原因は土壌性よりむしろ気象条件が大きい。すなわち赤ブナ林分は標高が高く、年中強風にさらされているためと考えられる。この結果、同林分では樹木の梢頭に枯死が目立ち、外見上の形質も不良で、赤味を帯びた樹皮をもつブナの数も多く、樹齢とともに活力がおとろえてきたものといえよう。それが、樹形級区分や生長率、星状偽心材の出現頻度等に端的に現われてきたものと推論される。

2. 林分構造と生長・形質

林木の生長・形質が林分構造によってどのような規制をうけるか、特に赤ブナが如何なる条件によって生ずるかを明らかにするため、ここでは青ブナ林分といわゆる青ブナ地帯にはあるが、複層林状を呈し、被圧木が多いと考えられる林分（以下被圧ブナ林分）について比較検討してみた。

1) 林分構造

両標準地の直径級別本数と材積は前掲表—14 と表—36 のとおりである。また、樹高階別本数配分を示せば図—7 のとおりである。すなわち、青ブナ林分は一斉林型に近い二段林型、一方の被圧ブナ林分は複層林型を呈しているといえよう。また、両林分の疎密度は、コードラート調査によって、青ブナ林分が 62%、被圧ブナ林分が 67% ともとめられた。これらは共に中程度の疎密度を示しているといえよう。

表—36 直径級別本数・材積(被圧ブナ林分)

Table 36. Tree number and volume by diameter class in the suppressed beech stand

樹種 直径級(cm)	ブナ		その他の広葉樹		計	
	本数	材積(m ³)	本数	材積(m ³)	本数	材積(m ³)
小径木 (6~32)	8 (53)	3.639 (26)	4 (57)	0.166 (4)	12 (54)	3.805 (21)
中径木 (34~52)	6 (40)	8.072 (57)	3 (43)	3.630 (96)	9 (41)	11.702 (65)
大径木 (54~)	1 (7)	2.438 (17)			1 (5)	2.438 (14)
計	15 (100)	14.149 (100)	7 (100)	3.796 (100)	22 (100)	17.945 (100)

注) 括弧内は比率(パーセント)

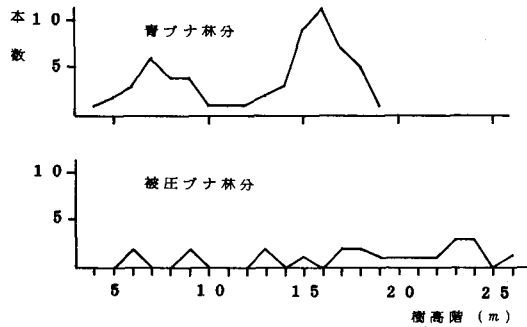


図-7 樹高階別本数配分

Fig. 7. Number of trees by height class in the sample plots.

2) 生 長

被圧をうけていたブナ（以下被圧ブナ）の供試木を樹幹析解した結果は、表-37～表-39に示すとおりである。これと前掲図-2と3、表-19の青ブナ供試木と比較すると、被圧ブナの幼・壮齡的の生長は青ブナよりまさり、直径、樹高、材積の総生長がいずれも大となっている。しかし、その平均生長のピークは青ブナより早く現われており、直径生長では80年(青ブナ180年)、樹高生長では100年(青ブナ120年)前後でピークに達し、以後低下している。また、材積の平均生長量は青ブナではピークに達していないが、被圧木のそれは120年前後となっている。こうしたことから、被圧ブナでは幼・壮齡時の生長は旺盛であったが、その後何らかの原因で被圧木となり、その生長がいく分低下したものと考えられる。

表-37 樹高生長と生長率(松前, 被圧ブナ135年生)

Table 37. Height growth of a suppressed beech sample

齡 階	総生長 (m)	定 期 (m)	連 年 (m)	平 均 (m)	生長率 (%)
10	2.16	2.16	0.22	0.22	
20	3.80	1.64	0.16	0.19	5.83
30	4.63	0.83	0.08	0.15	2.00
40	5.74	1.11	0.11	0.14	2.17
50	7.57	1.83	0.18	0.15	2.80
60	8.48	0.91	0.09	0.14	1.14
70	9.47	0.98	0.10	0.14	1.10
80	11.13	1.67	0.17	0.14	1.63
90	13.10	1.97	0.20	0.15	1.64
100	14.94	1.84	0.18	0.15	1.32
110	16.19	1.25	0.13	0.15	0.81
120	17.01	0.82	0.08	0.14	0.50
130	17.80	0.79	0.08	0.14	0.46
135	18.20	0.40	0.08	0.13	0.44

表-38 直径生長と生長率(松前, 被圧ブナ135年生)

Table 38. Diameter growth of a suppressed beech sample

齡 階	総生長 (cm)	定 期 (cm)	連 年 (cm)	平 均 (cm)	生長率 (%)
10	0.33	0.33	0.03	0.03	
20	1.62	1.29	0.13	0.08	17.25
30	3.52	1.90	0.19	0.12	8.07
40	5.82	2.30	0.23	0.15	5.16
50	7.90	2.08	0.21	0.16	3.10
60	9.76	1.86	0.19	0.16	2.14
70	13.02	3.26	0.33	0.19	2.92
80	15.79	2.77	0.28	0.20	1.95
90	16.99	1.20	0.12	0.19	0.74
100	17.87	0.88	0.09	0.18	0.51
110	18.71	0.84	0.08	0.17	0.46
120	19.81	1.10	0.11	0.17	0.57
130	20.73	0.92	0.09	0.16	0.45
135	21.04	0.31	0.06	0.16	0.30

3) 樹形級区分

被圧ブナ林分について、樹形級区分を行った結果は表-40と表-41のとおりである。

まず大橋式樹形級区分による分類について、青ブナ林分の分析結果(前掲表-24)と比較すると、この林分の樹冠形は、優勢木についてはそれ程差はないが、劣勢木は過弱樹冠が圧倒的に多い。次に樹幹形を比較すると、複層林型を示す被圧ブナ林分では優勢木の場合小曲幹が多く、また劣勢木では青ブナ林分に比べて小曲幹、傾倒木が多い。樹幹の欠点について、両者の優勢木を比較すると、被圧ブナ林分は複層林型を示すため不定芽及び小枝の著しく着生するものが多く、また劣勢木も同様に不定芽の着生しているものが多い。これは一般に広葉樹の複層林に多くみられる現象である。

表-40 大橋式樹形級区分(被圧ブナ林分)

Table 40. Classification of trees by OHASHI's tree-form-class method in the suppressed beech stand

樹冠形 樹冠層	100	200	300	400	500	計
1,000	92		8			100
2,000	20	30	40	10		100
計	59	14	23	4		100

樹幹形 樹冠層	10	20	30	40	50	計
1,000	42	42		16		100
2,000	10	60			30	100
計	27	50		9	14	100

幹の欠点 樹冠層	0	1	2	3	計
1,000	75	25			100
2,000	30	60	10		100
計	55	41	4		100

注) 数値は比率(パーセント)

表-39 材積生長と生長率(松前, 被圧ブナ135年生)

Table 39. Volume growth of a suppressed beech sample

年齢	総生長 (m ³)	定期 (m ³)	連年 (m ³)	平均 (m ³)	生長率 (%)
10	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	
20	0.0008	0.0007	0.0001	0.0000	27.26
30	0.0034	0.0026	0.0003	0.0001	15.60
40	0.0117	0.0083	0.0008	0.0003	13.12
50	0.0231	0.0114	0.0011	0.0005	6.99
60	0.0398	0.0167	0.0017	0.0007	5.59
70	0.0725	0.0327	0.0033	0.0010	6.18
80	0.1118	0.0393	0.0039	0.0014	4.43
90	0.1461	0.0343	0.0034	0.0016	2.71
100	0.1956	0.0495	0.0050	0.0020	2.96
110	0.2453	0.0497	0.0050	0.0022	2.29
120	0.2872	0.0419	0.0042	0.0024	1.59
130	0.3153	0.0281	0.0028	0.0024	0.94
135	0.3268	0.0115	0.0023	0.0024	0.72

表-41 河田式幹級区分(被圧ブナ林分)

Table 41. Classification of trees by KAWADA's stem-form-class method in the suppressed beech stand

区分	ブナ		その他広葉樹		計	
	本数比 (%)	材積比 (%)	本数比 (%)	材積比 (%)	本数比 (%)	材積比 (%)
A	34	56			23	44
B	13	10	14	38	14	16
B'	13	18	29	57	18	27
C			14	1	4	0
D	34	14	14	1	27	11
E	6	2	29	3	14	2
計	100	100	100	100	100	100

次に河田式樹形級区分にしたがい分類した結果によれば、被圧林分では、Dすなわち下層木で梢頭すでに枯れて瀕死の状態にあるもの、または著しく幹形不良なものが極めて多い。また、伐採予定木とされるB, D, E等の不良木は本数比で55%, 材積比で約30%に達しており、青ブナ林分に比べて被圧ブナ林分のブナの形質は著しく不良であるといえる。

次に、被圧ブナ林分内で赤ブナに分類されたものの胸高直径、樹高、枝下高、樹形級を示すと表-42のとおりである。同林分内の赤ブナは本数比で41%, 材積比で26%を占

め、いずれも劣勢木で、一般に過弱樹冠や偏倚樹冠が多い。つまり複層林型をとるとブナの劣勢木は被圧されて生長が停滞し、一方優勢木でも幹形が不良となり、生長もおとろえることを示している。このような林木は、いわゆる赤ブナとなり、偽心の発生率が高くなることが予想される。

4) 小 括

以上のように、ブナ林は林分構造の相違により生長・形質を異にしている。すなわち、被圧ブナ林分では生長が一般に不良で、また樹形級区分の結果から、被圧木では不定芽の発生が著しく、曲幹木等の形質不良木の多いことが明らかである。つまり、ブナの生長・形質は林分の構造によっても規制されるといえる。したがって、ブナの良質材生産のためには、林分構造を複層林型でなく、一斉林型に誘導することが必要である。さらに、老齢木では、青ブナと判断されるような林木においても生長が次第におとろえてきており、偽心の発生もみられることから、伐期齢をあまり長期とすることは得策でないといえよう。

3. 樹齢・林齢と生長・形質

一般に樹木は樹齢が高くなるとその生長は低下する傾向にある。本節においては、樹齢および林齢と生長、形質との関係を明らかにするため、各標準地において採取した供試木の樹幹析解ならびに標準地内の立木の生長錐による生長調査を行い、その結果について検討してみた。

1) 単木の生長

ここでは、ブナの一般的な生長経過について検討するため、表-43~表-46に示したような樹齢の異なる供試木、および前掲図-2, 図-3と表-19, 20に示した青ブナ、赤ブナの樹幹析解の結果について検討した。まず全体の連年生長量についてみると、樹高生長ではおよそ35年に、また直径生長では25~30年、さらに材積生長では50~60年にピークに達している供試

表-42 被圧ブナ林内の赤ブナ木の樹形級

Table 42. Red beech trees classified by the two tree-form-class methods in the suppressed beech stand

樹木番号	胸高直径 (cm)	樹 高 (m)	枝下高 (m)	材積 (m ³)	河田式 幹 級	大橋式 樹形級
101	35.4	23	9	1.06	B'	1121
103	29.9	22	5	0.71	B	1121
106	12.3	9	4	0.05	D	2121
110	20.2	19	8	0.28	E	2351
111	35.9	18	5	0.84	D	2421
112	31.9	18	7	0.67	B	1321
114	18.9	13	5	0.19	D	2321
119	24.4	15	4	0.32	D	2321
122	28.9	21	9	0.59	D	2321
計	9本			4.71		

表—43 45年生供試木の生長量と生長率

Table 43. Growth of a 45-year-old beech sample

樹高生長 Height growth					
年齢階	総生長 (m)	定期 (m)	連年 (m)	平均 (m)	生長率 (%)
5	0.63	0.63	0.13	0.13	
10	1.97	1.33	0.27	0.20	25.44
15	3.90	1.93	0.39	0.26	14.67
20	4.90	1.00	0.20	0.25	4.67
25	6.30	1.40	0.28	0.25	5.15
30	8.30	2.00	0.40	0.28	5.67
35	10.80	2.50	0.50	0.31	5.41
40	12.43	1.63	0.33	0.31	2.86
45	13.10	0.67	0.13	0.29	1.05

直径生長 Diameter growth

年齢階	総生長 (cm)	定期 (cm)	連年 (cm)	平均 (cm)	生長率 (%)
5	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	0.94	0.94	0.19	0.09	
15	2.49	1.55	0.31	0.17	21.51
20	4.44	1.95	0.39	0.22	12.26
25	6.90	2.46	0.49	0.28	9.22
30	8.86	1.96	0.39	0.30	5.13
35	10.83	1.97	0.39	0.31	4.10
40	12.17	1.34	0.27	0.30	2.36
45	13.42	1.25	0.25	0.30	1.97

材積生長 Volume growth

年齢階	総生長 (m ³)	定期 (m ³)	連年 (m ³)	平均 (m ³)	生長率 (%)
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
10	0.0004	0.0003	0.0001	0.0000	71.23
15	0.0017	0.0013	0.0003	0.0001	35.48
20	0.0048	0.0031	0.0006	0.0002	23.11
25	0.0117	0.0069	0.0014	0.0005	19.62
30	0.0224	0.0106	0.0021	0.0007	13.77
35	0.0382	0.0158	0.0032	0.0011	11.28
40	0.0583	0.0201	0.0040	0.0015	8.82
45	0.0816	0.0234	0.0047	0.0018	6.98

注) 標準地 2, 167林班内の供試木

表—44 55年生供試木の生長量と生長率

Table 44. Growth of a 55-year-old beech sample

樹高生長 Height growth					
年齢階	総生長 (m)	定期 (m)	連年 (m)	平均 (m)	生長率 (%)
5	0.70	0.70	0.14	0.14	
10	1.57	0.87	0.17	0.16	17.48
15	2.23	0.67	0.13	0.15	7.35
20	2.90	0.67	0.13	0.15	5.36
25	3.74	0.84	0.17	0.15	5.24
30	4.86	1.11	0.22	0.16	5.33
35	6.80	1.94	0.39	0.19	6.97
40	8.30	1.50	0.30	0.21	4.07
45	9.50	1.20	0.24	0.21	2.74
50	10.57	1.07	0.21	0.21	2.15
55	11.90	1.33	0.27	0.22	2.41

直径生長 Diameter growth

年齢階	総生長 (cm)	定期 (cm)	連年 (cm)	平均 (cm)	生長率 (%)
5	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	0.74	0.74	0.15	0.07	
15	1.59	0.85	0.17	0.11	16.53
20	2.68	1.09	0.22	0.13	11.01
25	4.46	1.78	0.36	0.18	10.72
30	5.79	1.33	0.27	0.19	5.36
35	7.27	1.48	0.30	0.21	4.66
40	8.05	0.78	0.16	0.20	2.06
45	8.83	0.78	0.16	0.20	1.87
50	9.69	0.86	0.17	0.19	1.88
55	10.56	0.87	0.17	0.19	1.73

材積生長 Volume growth

年齢階	総生長 (m ³)	定期 (m ³)	連年 (m ³)	平均 (m ³)	生長率 (%)
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
10	0.0003	0.0003	0.0001	0.0000	55.74
15	0.0007	0.0004	0.0001	0.0000	17.20
20	0.0017	0.0010	0.0002	0.0001	19.37
25	0.0048	0.0031	0.0006	0.0002	23.25
30	0.0087	0.0039	0.0008	0.0003	12.61
35	0.0161	0.0073	0.0015	0.0005	12.98
40	0.0230	0.0069	0.0014	0.0006	7.42
45	0.0310	0.0081	0.0016	0.0007	6.19
50	0.0416	0.0106	0.0021	0.0008	6.05
55	0.0543	0.0128	0.0026	0.0010	5.49

注) 標準地 2, 167林班内の供試木

表—45 64年生供試木の生長量と生長率

Table 45. Growth of a 64-year-old beech sample
樹高生長 Height growth

齡 階	総生長 (m)	定 期 (m)	連 年 (m)	平 均 (m)	生長率 (%)
5	0.97	0.97	0.19	0.19	
10	2.63	1.67	0.33	0.26	22.19
15	4.50	1.87	0.37	0.30	11.31
20	6.80	2.30	0.46	0.34	8.61
25	8.44	1.64	0.33	0.34	4.42
30	10.30	1.86	0.37	0.34	4.06
35	12.50	2.20	0.44	0.36	3.95
40	14.30	1.80	0.36	0.36	2.73
45	16.10	1.80	0.36	0.36	2.40
50	17.97	1.87	0.37	0.36	2.22
55	19.63	1.67	0.33	0.36	1.79
60	21.03	1.40	0.28	0.35	1.38
64	22.00	0.97	0.24	0.34	1.14

直径生長 Diameter growth

齡 階	総生長 (cm)	定 期 (cm)	連 年 (cm)	平 均 (cm)	生長率 (%)
5	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	1.53	1.53	0.31	0.15	
15	2.98	1.45	0.29	0.20	14.26
20	4.83	1.85	0.37	0.24	10.14
25	6.80	1.97	0.39	0.27	7.08
30	8.93	2.13	0.43	0.30	5.60
35	10.25	1.32	0.26	0.29	2.80
40	11.57	1.32	0.26	0.29	2.45
45	13.24	1.67	0.33	0.29	2.73
50	14.89	1.65	0.33	0.30	2.38
55	16.39	1.50	0.30	0.30	1.94
60	17.96	1.57	0.31	0.30	1.85
64	18.89	0.93	0.23	0.30	1.27

材積生長 Volume growth

齡 階	総生長 (m ³)	定 期 (m ³)	連 年 (m ³)	平 均 (m ³)	生長率 (%)
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
10	0.0003	0.0003	0.0001	0.0000	107.16
15	0.0019	0.0015	0.0003	0.0001	39.89
20	0.0066	0.0047	0.0009	0.0003	28.62
25	0.0155	0.0089	0.0018	0.0006	18.75
30	0.0326	0.0171	0.0034	0.0011	16.00
35	0.0506	0.0180	0.0036	0.0014	9.21
40	0.0713	0.0207	0.0041	0.0018	7.09
45	0.1081	0.0368	0.0074	0.0024	8.68
50	0.1526	0.0445	0.0089	0.0031	7.14
55	0.2009	0.0483	0.0097	0.0037	5.66
60	0.2563	0.0554	0.0111	0.0043	4.99
64	0.2927	0.0365	0.0091	0.0046	3.38

注) 標準地 3, 20林班内の供試木

表—46 65年生供試木の生長量と生長率

Table 46. Growth of a 65-year-old beech sample
樹高生長 Height growth

齡 階	総生長 (m)	定 期 (m)	連 年 (m)	平 均 (m)	生長率 (%)
5	0.70	0.70	0.14	0.14	
10	1.74	1.04	0.21	0.17	20.04
15	2.86	1.11	0.22	0.19	10.36
20	5.63	2.78	0.56	0.28	14.56
25	7.30	1.67	0.33	0.29	5.32
30	8.55	1.25	0.25	0.29	3.21
35	10.30	1.75	0.35	0.29	3.79
40	12.30	2.00	0.40	0.31	3.61
45	14.30	2.00	0.40	0.32	3.06
50	16.50	2.20	0.44	0.33	2.90
55	18.30	1.80	0.36	0.33	2.09
60	19.80	1.50	0.30	0.33	1.59
65	20.80	1.00	0.20	0.32	0.99

直径生長 Diameter growth

齡 階	総生長 (cm)	定 期 (cm)	連 年 (cm)	平 均 (cm)	生長率 (%)
5	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	1.06	1.06	0.21	0.11	
15	2.45	1.39	0.28	0.16	18.24
20	4.14	1.69	0.34	0.21	11.06
25	6.52	2.38	0.48	0.26	9.51
30	8.69	2.17	0.43	0.29	5.91
35	10.15	1.46	0.29	0.29	3.15
40	11.75	1.60	0.32	0.29	2.97
45	13.41	1.66	0.33	0.30	2.68
50	14.80	1.39	0.28	0.30	1.99
55	15.57	0.77	0.15	0.28	1.02
60	16.18	0.61	0.12	0.27	0.77
65	16.92	0.74	0.15	0.26	0.90

材積生長 Volume growth

齡 階	総生長 (m ³)	定 期 (m ³)	連 年 (m ³)	平 均 (m ³)	生長率 (%)
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
10	0.0004	0.0004	0.0001	0.0000	60.44
15	0.0016	0.0012	0.0002	0.0001	30.35
20	0.0045	0.0029	0.0006	0.0002	22.56
25	0.0124	0.0079	0.0016	0.0005	22.61
30	0.0262	0.0138	0.0028	0.0009	16.14
35	0.0476	0.0214	0.0043	0.0014	12.66
40	0.0695	0.0218	0.0044	0.0017	7.84
45	0.1040	0.0345	0.0069	0.0023	8.40
50	0.1392	0.0352	0.0070	0.0028	6.00
55	0.1700	0.0308	0.0062	0.0031	4.07
60	0.2005	0.0305	0.0061	0.0033	3.36
65	0.2290	0.0285	0.0057	0.0035	2.70

注) 標準地 3, 20林班内の供試木

木が多いが、中にはかなりおそくピークに達しているものもあり一定していない。またそれらの平均生長は、樹高生長では35~55年、直径生長では35~50年にピークに達し、材積生長は必ずしも明確ではないが、およそ170~180年でピークに達している。また材積生長率は、35年ぐらいまで10~15%の高い生長率を示しているが、それ以降急激に低下しており、50~60年では5~6%となっている。また円板断面に偽心を有するものは、それを有しないもの（後掲表-54）に比べ、明らかに生長の低いことが認められた。

2) 林分の生長

次に、50, 80, 150, 200年生林の標準地から10本程度の供試木を選び、生長錐によって各々の1cm間の年輪数を調査し、これから直径階毎の生長率をブレスラー式を用いて算出、更に標準地毎の林分生長率を求めた。結果は表-47のとおりである。

すなわち、林分の生長率は老齢になるにしたがい低下しているが、特に150年以降急激な低下がみられる。また、各標準地とも胸高直径が大きくなるにしたがい、生長率が低下している。さらに、標準地間の生長率についてみると、胸高直径40cm以下では林齢（標準地）間による差が認められないが、それが40cm以上では、老齢林分の生長率は低下する傾向がうかがわれる。

3) 林木の形質

標準地毎の林木の樹冠型、樹幹の形状、樹幹の欠点を大橋式によって区分すれば、表-48のとおりである。これらによれば、上層木共に年齢による樹冠形に一定の傾向が認められないが、上層木は下層木に比べ一般

表-47 胸高直径階別連年生長率と林分生長率
Table 47. Annual growth rate by breast height diameter class of trees and stand growth rate

胸高直径階 (cm)	連年生長率 (%)					
	30年生	50年生	80年生	150年生	200年生	
6		10.7	10.2	7.9	8.9	
8		8.6	8.2	7.0	7.6	
10	生長錐採取	7.0	6.5	6.2	6.5	
12		5.9	5.4	5.6	5.6	
14		4.9	4.7	5.0	4.8	
16		4.1	4.1	4.5	4.1	
18		3.4	3.6	4.0	3.5	
20		2.9	3.2	3.6	3.1	
22		しておらず	2.5	2.8	3.2	2.7
24			2.1	2.5	/	2.4
26			1.9	2.2	2.5	2.2
28				2.0	2.3	2.0
30			1.8	2.1	1.8	
32			1.7	1.9	/	
34			1.6	1.8	1.5	
36			1.5	1.6	/	
38		1.4	1.5	1.2		
40		1.4	1.3	1.1		
42			1.3	1.3	1.1	
44			1.3	1.2	1.0	
46			1.2	1.1	0.9	
48			1.2	1.1	0.9	
50				/	0.8	
52				1.0	0.8	
54				1.0	0.7	
56				1.0	/	
58				/	0.6	
60				0.9	/	
62				/	0.6	
64				0.9	/	
66				0.9	0.5	
68				/	/	
70				0.9	0.5	
72				/		
74				0.8		
林分全体の生長率 (%)		4.55	2.78	1.31	1.04	

注) 斜線は標準地内に該当直径階の林木がなかったもの。
計算方法はブレスラー式による。

表-48 大橋式樹形級区分
Table 48. Classification of trees by OHASHI's tree-form-class method

<樹冠形>

		30年生	50年生	80年生	150年生	200年生
1,000 (上層木)	100	92%	81%	96%	91%	66%
	200	1	0	0	0	8
	300	0	0	0	3	5
	400	7	19	4	6	21
	500	0	0	0	0	0
2,000 (下層木)	100	47%	73%	66%	95%	36%
	200	11	0	15	5	11
	300	21	15	7	0	34
	400	18	11	1	0	15
	500	3	1	11	0	4
計	100	65%	77%	75%	93%	46%
	200	7	0	10	3	10
	300	12	8	5	1	24
	400	14	14	2	2	17
	500	2	1	8	0	3

注) 100: 整形樹冠, 200: 偏平樹冠, 300: 過弱樹冠, 400: 偏倚樹冠, 500: 枯損木

<樹幹形>

		30年生	50年生	80年生	150年生	200年生
1,000 (上層木)	10	58%	49%	67%	60%	68%
	20	18	13	20	14	5
	30	2	0	0	0	5
	40	22	28	4	20	11
	50	0	10	9	6	11
2,000 (下層木)	10	48%	53%	57%	35%	42%
	20	28	22	21	23	42
	30	1	0	1	0	2
	40	14	14	3	24	6
	50	9	11	18	18	8
計	10	52%	51%	61%	45%	51%
	20	25	18	20	20	30
	30	1	0	1	0	3
	40	17	20	3	23	7
	50	5	11	15	12	9

注) 10: 通直幹, 20: 小曲幹, 30: 大曲幹, 40: 分岐幹, 50: 傾倒木

<樹幹の欠点>

		30年生	50年生	80年生	150年生	200年生
1,000 (上層木)	0	67%	81%	87%	80%	89%
	1	15	0	0	14	5
	2	17	10	7	3	3
	3	1	9	7	3	3
2,000 (下層木)	0	53%	77%	66%	93%	68%
	1	21	0	8	0	16
	2	25	19	20	4	8
	3	1	4	6	4	8
計	0	58%	79%	72%	88%	76%
	1	19	0	6	5	13
	2	22	15	16	4	5
	3	1	6	6	4	6

注) 0: 欠点なし, 1: 不定芽・小枝の多いもの
2: 枝痕の顕著なもの, 3: 損傷・病菌のあるもの

に整形樹冠が多いように思われる。また、樹幹型を年齢についてみると、上層木では年齢が高くなるにつれて、通直幹がいく分多くなる傾向が認められる。樹幹の欠点をみると、一般に上層木は欠点のないものが多く、老齢になるにしたがって良木が多くなる傾向を示している。このことは、河田式、デンマーク式、フランス式等による各種樹形級区分の結果にも示されており(表-49~53)、30年~80年生の幼・壮齢林分では形質不良木が多いが(30~40%)、150~200年生の老齢林分では不良木がある程度自然淘汰も加わって少なくなっている(12~13%)。

表-49 河田式幹級区分(30年生林分)

Table 49. Classification of trees by KAWADA's stem-form-class method in the 30-year-old stand

区 分	ブ		その他広葉樹		計	
	本数比	材積比	本数比	材積比	本数比	材積比
A	16	32	12	20	15	30
B	7	12	8	12	7	12
B'	16	29	20	32	17	29
C	41	18	28	19	39	18
D	13	7	22	13	15	8
E	7	2	10	4	7	3
計	100	100	100	100	100	100

表-50 河田式幹級区分(50年生林分)

Table 50. Classification of trees by KAWADA's stem-form-class method in the 50-year-old stand

区 分	ブ		その他広葉樹		計	
	本数比	材積比	本数比	材積比	本数比	材積比
A	26	50	6	7	20	34
B	8	17	33	51	16	30
B'	7	17	24	29	13	21
C	38	11	9	3	28	8
D	21	5	19	7	20	6
E	0	0	9	3	3	1
計	100	100	100	100	100	100

表-51 河田式幹級区分(80年生林分)

Table 51. Classification of trees by KAWADA's stem-form-class method in the 80-year-old stand

区 分	ブ		その他広葉樹		計	
	本数比	材積比	本数比	材積比	本数比	材積比
A	13	38	11	38	13	39
B	10	20	2	2	7	17
B'	10	18	4	10	8	16
C	51	19	46	26	49	20
D	10	4	28	22	16	7
E	6	1	9	2	7	1
計	100	100	100	100	100	100

表-52 デンマーク式幹級区分 (150年生林分)

Table 52. Classification of trees by Danish stem-form-class method in the 150-year-old stand

区 分	ブ		ナ		計	
	本 数 比	材 積 比	本 数 比	材 積 比	本 数 比	材 積 比
A	25	41	5	28	16	40
B	19	37	2	18	12	35
C	29	2	43	26	35	5
D	27	20	50	28	37	20
計	100	100	100	100	100	100

表-53 フランス式幹級区分 (200年生林分)

Table 53. Classification of trees by French stem-form-class method in the 200-year-old stand

区 分	ブ		ナ		計	
	本 数 比	材 積 比	本 数 比	材 積 比	本 数 比	材 積 比
A	24	56	5	73	20	57
B	16	30	0	0	13	29
C	60	14	95	17	67	14
計	100	100	100	100	100	100

4) ブナの偽心に関する考察

ブナの偽心は、第1節の分析によっても明らかなように、赤ブナ地帯から出材された丸太に著しく、また利用上特に問題とされる星状偽心が多く出現している。また、樹幹析解供試木のうち、青ブナと赤ブナについて、各円板断面高において求めた偽心率を比較しても(表-54)、赤ブナのそれが青ブナに比べて著しく大となっている。また何れも低い断面の偽心率が高い。こうしたことから偽心は赤ブナに多く生じ、またその程度も著しいといえる。次に赤ブナ供試木の生長率は青ブナのそれに比べていく分低い値を示している(前掲表-19と20)。さらに赤ブナ林分は青ブナ林分に比べて、過弱樹冠や傾倒木、幹に欠点をもつもの等、形質不良木が多い(前掲表-24と25)。以上のことから、生長がおとろえ、かつ形質不良木の多い赤ブナ林分は偽心を多く生じ、またその程度も著しいといえよう。

5) 小 括

以上のことから、ブナは生長の低下に伴って偽心の発生を招き易くなり、形質も不良になるといえよう。生長の低下をもたらす環境条件と林分構成の影響については第1節と第2節で述べたとおりであるが、さらにこの節での分析によって、老齢に伴う生長の低下が偽心発生の要因として指摘できよう。したがって、環境条件の相違等によって一概にはいえないが、極端に長伐期を予定する施業は、偽心材を形成し易く、林木の形質を低下させることから望ましくなく、ほぼ150年程度の伐期齡がその上限として考えられよう。

4. 林分構成と更新

ブナの更新が、林分構成によってどのような規制を受けるかを明らかにするため、ここで

表-54 プナ供試木の円板高別偽心率

Table 54. False-heartwood rate of several discs used for stem analysis of beech samples

番号	1	2	3	4	5 (青ブナ)	6 (赤ブナ)
樹 齢	45	55	64	65	185	185
胸高直径(cm)	14	10	20	18	38	48
樹 高(m)	13	12	22	21	21	20
円板高(m)	偽 心 率 (%)					
0.0	—	—	—	—	—	—
0.3	0	54.6	0	18.8	11.2	46.1
1.3	0	58.0	0	24.0	21.3	52.1
3.3	0	28.3	0	20.2	27.3	54.7
5.3	0	0	0	17.1	23.1	52.1
7.3	0	0	0	17.7	18.1	55.3
9.3	0	0	0	12.7	12.2	49.5
10.3		0				
11.3	0		0	14.3	4.7	42.9
12.3	0					
13.3			0	7.0	0	34.0
15.3			0	4.2	31.2	2.8
17.3			0	2.1	0	2.2
18.3						0
19.3			0	0	0	
20.3			0	0	0	

は、コードラート調査による各標準地の更新の実態と林分構成との関連について検討した。なお、ここでいう林分構成とは、林分構造のほか、その樹種構成をも包含している。

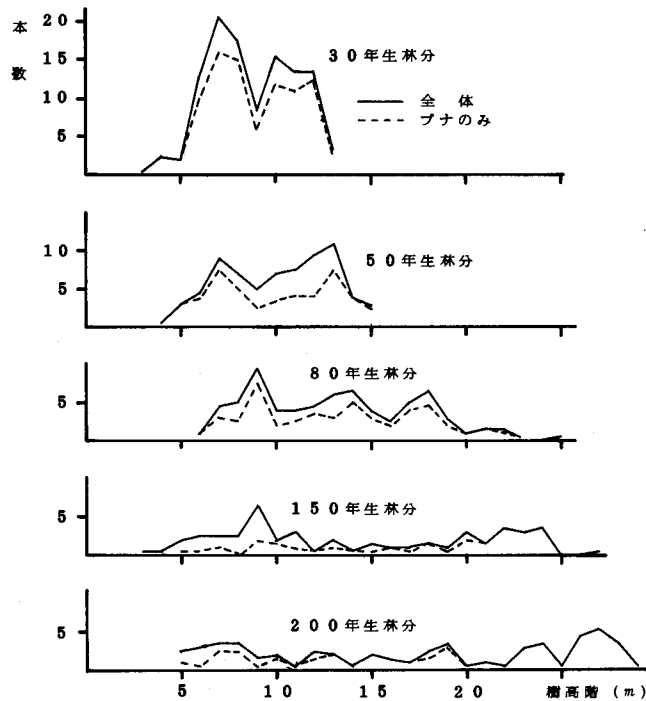
1) 林分構成

松前地方のブナ林の林分構成についてみると、前掲表-9と図-8からもうかがわれるように、それらは幼齢から壮齢、更に老齢になるにしたがい密から疎に、また一斉林から次第に複層林に移行し、老齢になるにしたがい、いく分二段林型に近い構造になっている。

そのha当り本数は、ヨーロッパのブナの収穫表(表-55)と比較して、幼齢林分では少なく、壮齢林分では大差がなく、老齢林分では若干密となっているが、これは未施業林が多く、また後述するように、更新が総じて不良のためと考えられる。また樹種構成についてみると、一般にブナの混交比率が高く、純林状を呈している林分が多いといえそうである。

2) 更新の実態

各標準地の更新の状況は表-56~60のとおりであり、ブナの稚・幼樹は幼齢林と老齢林において少なく、壮齢林に比較的多い傾向が認められる。また、相対照度において有意差の認められない150年生の2林分についてみると、未施業でブナの比率の高い林分(表-59)における稚・幼樹の更新は不良であるが、他樹種を比較的多く混交し、一定程度疎開している林分(表-58)の更新は良好であった。



図—8 樹高階別本数配分

Fig. 8. Number of trees by height class in each sample plot.

次に松前経営区の153林班において、1976年にブルドーザによるかき起しを行った跡地の更新の状況(1985年8月現在)を示せば、表—61のとおりである。本箇所の伐採前の蓄積はha当り 225 m^3 で、これに48%の伐採(伐採後の蓄積 116 m^3)を行い、1976年にかき起し、1977年に更に23%の補正伐採(伐採後の蓄積 89 m^3)を行っている。現在は不良大径木がわずかに点在しているが、ブナの更新は極めて良く、1985年現在、ha当りの稚樹は約38,000本、幼樹は約20,000本生育している。

3) 林分構成と更新に関する考察

以上のことから、ブナ林の更新不良の一因は、林分構成においてブナの比率が高く、光質の配分上問題を有しているためと考えられる。この点に関し、筆者等は1979年と1983年に標準地から上木と下木の樹葉を採取し、光吸収スペクトル分析を行った¹³⁾。

この結果の一部を示せば、図—9のとおりである。すなわち、この分析によって、イタヤカエデとブナの組合せの場合、特に赤色域における吸収のピークがイタヤカエデでは 670 nm 、ブナでは 680 nm となっており、明らかにズレが認められること、一方、上・下木ともにブナの組合せの場合には、紫外域を除いてほぼ同様の吸収曲線を示し、上・下木のブナが光吸収において競合関係にあることを確かめている。こうしたスペクトル分析の結果は、更新に及ぼす林分構成の働きを解明する上で重要な手がかりを与えており、複数樹種によって構成される林分が

表-55 プナの収穫表

Table 55. Beech yield table

(中庸度間伐, 収穫級Ⅲ)

年 齢	主 林 木						間 伐 木		
	本 数	平均樹高	地位の範囲 (平均樹高)	主林木高	平均直径	成材材積	本 数	平均樹高	成材材積
年	本	m	m	m	cm	m ³	本	m	m ³
30	15,602	4.7	3.8-5.8	6.5	3.1	-	-	-	-
35	9,351	6.1	5.1-7.4	7.9	4.4	-	6,251	4.9	-
40	6,294	7.8	6.6-9.2	9.5	5.7	24	3,057	6.0	-
45	4,398	9.7	8.4-11.2	11.4	7.2	49	1,896	7.3	-
50	3,276	11.4	10.0-13.0	13.0	8.7	77	1,122	8.8	4
55	2,555	13.0	11.5-14.6	14.5	10.2	107	721	10.5	6
60	2,035	14.5	12.9-16.2	16.0	11.8	137	520	12.1	10
65	1,656	15.9	14.2-17.6	17.3	13.5	166	379	13.8	13
70	1,381	17.2	15.5-18.9	18.6	15.1	195	275	15.1	15
75	1,170	18.4	16.6-20.2	19.7	16.8	222	211	16.3	16
80	1,004	19.5	17.7-21.3	20.8	18.4	250	166	17.3	17
85	868	20.5	18.7-22.4	21.8	20.2	274	136	18.3	19
90	756	21.5	19.6-23.4	22.8	21.8	297	112	19.3	20
95	664	22.4	20.5-24.4	23.7	23.5	319	92	20.2	20
100	588	23.3	21.4-25.4	24.5	25.2	338	76	21.0	21
105	525	24.1	22.2-26.3	25.3	26.8	356	63	22.0	22
110	472	24.9	22.9-27.1	26.1	28.5	373	53	22.8	22
115	427	25.6	23.6-27.8	26.8	30.1	388	45	23.7	23
120	388	26.2	24.2-28.4	27.4	31.7	403	39	24.5	23
125	354	26.8	24.7-29.0	27.9	33.4	415	34	25.3	24
130	324	27.3	25.2-29.5	28.4	35.0	427	30	25.9	24
135	298	27.8	25.7-30.0	28.9	36.7	439	26	26.5	23
140	276	28.2	26.1-30.4	29.3	38.2	451	22	27.1	23
145	257	28.6	26.5-30.8	29.7	39.8	462	19	27.6	23
150	240	29.0	26.8-31.2	30.1	41.3	473	17	28.0	23

注) R.Schober:Ertragstabeln wichtiger Baumarten 34pp 1975より

表-56 50年生林分の更新木本数

Table 56. Number of seedlings in the 50-year-old stand

	樹 種			備 考
	ブ	ナ	計	
稚 苗	0	133	133	調査地面積は1m×1m
稚 樹	0	0	0	調査地面積は10m×29.4m
幼 樹	15	3	18	同 上
合 計	15	136	151	胸高直径は6cm以上のブナの占める比率は本数60%, 材積63%。

注) 樹冠疎密度は93%

稚苗は30cm高未満のもの

稚樹は30~130cm高のもの

幼樹は130cm高以上で、胸高直径5cm未満のもの

表—57 80年生林分の更新木本数
Table 57. Number of seedlings in the 80-year-old stand

	樹 種			備 考	
	ブ	ナ	その他広葉樹		計
稚 苗	0		25	25	調査地面積は1m×1m
稚 樹	6		5	11	調査地面積は10m×33m
幼 樹	5		2	7	同 上
合 計	11		32	43	同じく 70%, 82%

注) 樹冠疎密度は87%

表—58 150年生林分(A)の更新木本数
Table 58. Number of seedlings in the 150-year-old stand (A)

	樹 種			備 考	
	ブ	ナ	その他広葉樹		計
稚 苗	55		90	145	調査地面積は2m×2m
稚 樹	55		10	65	調査地面積は10m×50m
幼 樹	0		15	15	同 上
合 計	110		115	225	同じく 36%, 75%
サ	本 数			1,460	
	最 大 長 (cm)			260	
サ	平 均 長 (cm)			140	

注 1) 169林班内の固定試験地B
2) 樹冠疎密度は55%

表—59 150年生林分(B)の更新木本数
Table 59. Number of seedlings in the 150-year-old stand (B)

	樹 種			備 考	
	ブ	ナ	その他広葉樹		計
稚 苗	0		75	75	調査地面積は2m×2m
稚 樹	0		0	0	調査地面積は10m×40m
幼 樹	0		0	0	同 上
合 計	0		75	75	同じく 77%, 89%
サ	本 数			2,563	
	最 大 長 (cm)			260	
サ	平 均 長 (cm)			150	

注 1) 169林班内の固定試験地C
2) 樹冠疎密度は89%

表-60 200年生林分の更新木本数
Table 60. Number of seedlings in the 200-year-old stand

	樹 種			備 考
	ブ	ナ	その他広葉樹	
稚 苗	7		3	調査地面積は1m×1m 調査地面積は10m×50m 同 上
稚 樹	0		7	
幼 樹	0		5	
合 計	7		15	同じく 80%, 96%.

注) 樹冠疎密度は78%

更新を良好にしていることがわかる。つまり、これは稚・幼樹が陽光を質的に有効に利用しうるためであることを示唆している。

4) 小 括

林分の更新を良好ならしめるために、一定量以上の照度を維持することが必要なのはいうまでもないが、更新が林分構成によって規制されることから、ブナの更新を促進するためには、つとめてブナ以外の広葉樹を混交させ、純林にしないような施業を行うことが肝要である。また、かき起しを実施した疎林では更新が良く、稚樹の生育も良好である。このため、保育伐や間伐をくり返し実施すると共に、更新伐段階ではかき起し等の更新補助作業を行うことが重要である。

V. ブナ林の施業に関する提言

1. 作業法

松前林務署管内の各標準地の調査・分析の結果、ブナ林の特質、林分構成、更新・生長の実態が把握された。この地域のブナ林は年齢的にも構造的にも一斉林型に近いことが判明したが、これに対し皆伐作業を適用することは人工植栽の経費やブナ苗木の供給の面から不可能⁵⁾であり、また自然環境の保全の

表-61 かき起し林分の更新木本数
Table 61. Number of seedlings in the surface-raked stand

樹種	区分		計
	幼 樹	稚 樹	
ブ ナ	152	286	438 (58,400)
カンバ類	11	69	80
ミズナラ	0	3	3
オニクルミ	2	3	5
イタヤ類	0	1	1
計	165	362	527 (70,267)

注 1) 153林班, 5×15m²当り
2) 括弧内はha当り本数

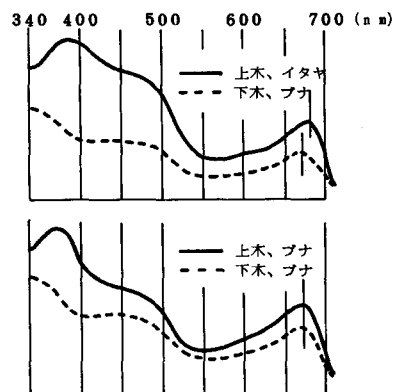


図-9 上・下木の光吸収スペクトル曲線
Fig. 9. Spectral curve of the leaves of the upper and lower trees in a sample plot.

上からも取るべきではない。一方択伐作業による生長・更新の促進は、ブナの性格上困難であり、材価をさげる偽心材を誘発することにもなる。それ故これまでの経過を含めて、道南ブナ林に対しては、一斉林型林分に応用される漸伐作業が最も適しているといえよう。

一般に漸伐作業の原型として傘伐作業があり、これは間伐段階を経て、更新期に入ってから予備材、下種伐、後伐を行う施業である。さらに次の段階では画伐作業を導入することが望ましい。すなわち更新期に入ってから、群状に数回に分けて伐採し更新を促進させ、最終的に全面に更新を完了させるものである。つまり道南のブナ林では、現在の社会経済的条件や集約度等を勘案し、保育伐→間伐→傘伐→画伐という体系をとるのがよいであろう。これは画伐的伐採が入ることにより、傘伐作業のみで推移する林分でひき起こされ易い風害を防ぐことができるのみならず、伐出作業が比較的容易であり、同時に更新補助作業の効率も高くなるからである。なお、その際の林分構成としてはブナの純林を避け、他の広葉樹が混交するよう取り扱う必要がある。これは森林のいわゆる“いや地現象¹⁾”に相当するものを阻止し、ブナの更新を促進する機能をもつからである。

2. 収穫方法

道南地方のブナ林の収穫における選木の基準は、各種標準地の調査・分析の結果、次の通りである。すなわち幼齢林の保育伐は、近藤あるいは寺崎(D種間伐)提案の方式、壮齢林の間伐には河田式を適用し、同じ壮齢林でも後期に至ればデンマーク式が望ましい。また更新期に入った老齢林ではフランス式を適用するのがよいと思われる。なお河田式は寺崎式のB種間伐、デンマーク式は同C種間伐、フランス式は同じく上層間伐にそれぞれ近いものである。一般に定性的要素だけで間伐をすると、不当に本数を多くあるいは少なく残存することになるので、この尺度として適合度の高い収穫表の使用を考慮しなければならない。例えばSCHÖBERの中庸度間伐のブナ収穫表⁵⁴⁾は、道南のブナ林にも比較的よく適合すると思われるので、本表の使用を勧めたい。

画伐段階の伐採法は、ドイツにおけるブナを含む針・広混交林の場合は、一群の大きさは15~40mの直径円を原則としているが⁵²⁾、田中の紹介⁵⁸⁾では13~14mの直径の塊状伐区が種々の点で安全としている。これについては全体の林分構成や周囲の環境、ササの密度等を考慮して決定するが、常に林相が破壊されないよう注意することは勿論である。

3. 生産期間

漸伐作業では、輪伐期と、間伐や更新伐の間断年数を確定する必要がある。松前林務署管内標準地の分析結果示された単木の生長や林分生長の実態をふまえ、道南ブナ林の場合は、胸高直径50cmを期待するとすれば、150年前後の輪伐期が適当であろう。そこで各伐採段階毎の体系をモデル的に示すと次のようになる。林齢10~15年は保育伐、50~100年は間伐、100~120年は傘伐、130~150年は画伐とする。また保育伐の間断年数は5~10年、間伐以降は10年前後、傘伐以降のそれは10~15年をそれぞれ採るのがよいであろう。集約な施業ができるようになれ

ば、間断年数を更に短縮すべきである。

但し、ブナ林における偽心の発生をできるだけ防止するため、環境条件の不良なブナ林における選伐では、とくに間断年数の短い弱度の間伐を行い、選木にあたっては、赤ブナと思われるものを優先的にマーキングすべきである。なお、疎林や複層林では不定芽が着生し、曲幹木が多くなるので、幼樹は密な一斉林型、壮齢以降は徐々に疎開するよう配慮することは当然である。さらに選木に当っては、ブナの生長・更新を促すため、ブナの純林にならないよう他樹種も含めて樹幹配置を適正にすることは、前述のとおりである。一方環境条件の悪い赤ブナ地帯の林分ではあまり長期の輪伐期はさけることが必要であろう。

4. 作業級の編成と収穫規整

作業級は保続の単位となることは、すでにのべたとおりであり、道南ブナ林の場合は傘伐や画伐をとるので、漸伐作業級を編成することになる。また収穫規整法には材積配分法を用い、簡単な数式で収穫予定量を算定できる HUFNAGL 法を適用^{12,67)}するとよい。例えば松前林務署の標準年伐量は次のようになる。すなわち同署の施業計画では、ブナ施業対象全面積 26,800 ha の内、植込みを行う蓄積の低い第 1 種択伐林分と、整理済の第 2 種択伐林分およびブナ幼齢択伐林分を除く、今後の施業対象の第 2 種択伐林分はおよそ 7,700 ha、その蓄積は 1,339,400 m³ となっている。輪伐期 (U) を 160 年とし、仮に輪伐期の $\frac{1}{2}$ 以上の林分面積 (F) と蓄積 (V) の数値に両者をあてはめ、同署の森林資源表に掲載されている生長率 (Z) 1% を適用して $E = \frac{2V}{U} + \frac{F \times Z}{2}$ に代入すると、年伐量は 23,400 m³ となる。なお松前林務署における最近のブナの収穫量は 26,500 m³ で、通年の平均は 32,700 m³ となっているので、保続を考えた場合、年伐量は若干多いように思われる。もっとも今回は生長率を 1% と最低にみているので、今後合理的な施業を行うとすれば、この数値を上回ることが予想され、標準年伐採量の増加は見込まれる。このことは、伐採後 10 年くらいは 3% 程度の生長率を示していることから推察される。

形質不良な老齢過熟林分が、相当面積を占めているようなところでは、正規の作業級を編成し、収穫規整を実施することは困難である。この場合は林相改良のために作業級を特別に設定し、整理期を設けて収穫と更新を図るべきである。その際整理期の長さは、更新木が保育伐または間伐段階になっていることを期待するとすれば、30~40 年は最低必要であろう。極端に老齢の不良木が多く、このままでは風倒等のおそれのあるような林分では、1~2 回の伐採で更新を完了することもやむを得ない。松前林務署 169 林班などはその例である。このような場合には、最後の伐採の時点で保育伐が開始できるようになれば好都合である。つまり整理が終了した段階で正規の作業級の幼齢林分に編入されるように施業を行うことである。さらに、ブナの更新の不良箇所に対しては、かき起し等の更新補助作業を計画するのが望ましいが、その際は豊作時を考慮して更新伐を行う必要がある。また地床処理に当り更新樹を定着させ、生長を促進させるためには、ある程度、腐植を残すような配慮が必要であろう。

北限に位置する道南ブナ林では、いずれにしても施業の方法を誤ると地力は減退し、環境

の破壊を招き、保続が困難となるので細心の注意が必要である。

VI. 結 言

本研究は、北海道南部に天然に生育しているブナの保続・増殖と質的な向上をめざし、現地林分に適した施業法を確立することを目的としたものである。

そもそも森林とは生産手段であり、地力を維持することにより生産力を高めるという構造をもっている。従って森林資源の再生産を期待するには、地力と生産性を統一的に追求する施業を実行することが肝要である。本研究では、この考え方の下に松前林務署管内のブナ林を対象に、生長と形質とくに偽心材の発生との関連を、環境条件、林分構成、林齢別に調査・分析し、以下の結論をえた。

道南のブナ林は年輪的、構造的に一斉林型を示し、ブナの北限地帯ということもあって偽心の多い形質不良木が樹齢の推移とともに増加し、環境条件の不良な、いわゆる赤ブナ林分や被圧林分が極めて多かった。またブナの純林や過密林分では、更新が不良であるのに対し、ブナ以外の広葉樹がある程度混交し、密度の中庸な森林では更新が比較的良好で、形質のよい、いわゆる青ブナが多かった。さらに同一林齢の青ブナ林分は赤ブナ林分の1.5倍の生長率を示し、単木的には、樹齢100年前後で最大の生長率を示し、以後次第に低下していた。一方、青ブナ・赤ブナ両林分から出材した丸太および樹幹析解供試木の偽心材出現頻度は、赤ブナ林分が多く、とくに星状偽心が著しかった。これまで同地方のブナ林に対して、正規の施業がなされなかったため、ヨーロッパの同一地位のブナ林の収穫表と比較した場合、幼齢林の成立本数はかなり少なく、壮・老齢林になってからは、自然淘汰もあり、極端な差はみられなかった。

以上の結果と、ブナ林の特質および同地方の社会的条件を勘案し、下記の施業体系をとるのが望ましい。

(1) 被圧木の発生を阻止するため、一斉林型に適合する漸伐的施業を実施する。すなわち、保育伐→間伐→傘伐→画伐の過程をとる漸伐作業級とし、各段階の収穫基準には、それぞれ河田式、デンマーク式、フランス式等、林分構成の推移に応じた各種の間伐や更新伐を適用するのがよいであろう。

(2) 環境条件の不良なブナ林の選木伐採は、間断年数の短い弱度のそれにする必要がある。また選木の際は、赤ブナと思われるものを優先的に伐採指定すべきである。一方、疎林や複層林では、不定芽が着生し、曲幹木が多くなるので、幼樹は密な一斉林型とし、壮齢以降に徐々に疎開するように配慮した間伐の形態を採る。さらに選木に当っては、ブナの更新を考慮し、ブナの純林にならないように他の有用広葉樹種を含め、樹幹配置を適正にする。

(3) 150年以上の老齢になると、赤ブナの発生率が高くなり、偽心材が増加するので、伐期齢はこの林齢前後にする。但し、環境条件の良い青ブナ地帯の林分では、さらに長期の輪伐期をとることも可能であることはいうまでもない。

最後に、ブナ林に対する上記の施業法を保証するためには、ブナ材の利用・開発が必要である。エネルギー源としてのバイオマス、小径材の有効な利用開発は、とくに間伐を促進するうえから現在最も重要な条件といえよう。さらに間伐・更新伐に適合した伐出技術の発展も重要な課題となろう。

引用および参考文献

- 1) アモン, W. (松原卓二訳) スイス林業における択伐原理, 106 pp, 興林会, 東京, 1940
- 2) 藤島信太郎: 更新論的造林学, 578 pp, 養賢堂, 東京, 1943
- 3) ガンセン, L. H. (伊藤馨訳): 北・中部ドイツ, ブナ林の研究, 128 pp, 興林会, 東京, 1983
- 4) 五所直久: ブナ林地帯の施業について, 山林, 1071 39~45, 1973
- 5) 函館営林局: ガルトナーぶな林について, 1950
- 6) 橋本亘, 石川俊夫, 舟橋三男, 斉藤昌之, 長尾捨一: 20万分の1北海道地質図及び説明書, 北海道地下資源調査所, 1958
- 7) 北海道火山灰命名委: 北海道の火山灰分布図, 北海道火山灰命名委事務局, 1972
- 8) 北海道林務部: 昭和60年度 北海道林業統計, 201 pp, 北海道, 1986
- 9) 北海道林務部: 北限のブナ林, 180 pp, 北海道林業普及協会, 1987
- 10) 北海道林務部(大金永治): 経営試験業務資料 No.40 広葉樹林(ブナ林, 二次林)の施業技術に関する調査, 299 pp, 1987
- 11) 北方林業会: 北海道林業技術者必携(下巻), 道有林松前経営区のブナ林施業, 104~108, 1983
- 12) 井上由扶: 森林経営学3, 298 pp, 地球社, 東京, 1974
- 13) 菅野高穂・大金永治: ブナの更新・生長に及ぼす林分構成の働き, 日林誌, 63(3) 90~93, 1981
- 14) 片岡寛純: ブナ林の保続, 135 pp, 農林出版株式会社, 東京, 1982
- 15) 片岡寛純: ブナ林業, 山林, 1071号, 27~32, 1982
- 16) 河田杰: 間伐形式図と其の説明, 林友会青森支部, 46 pp, 1948
- 17) 近藤助: 闊葉樹用材林の撫育一特に間伐に就いて, 双葉会双書, 第6輯, 1942
- 18) 近藤助: 闊葉樹用材林の間伐について, 北方林業, 1(2), 12~25, 1951
- 19) 近藤助: 闊葉樹用材林作業, 158 pp, 朝倉書店, 東京, 1951
- 20) 小関福男: 北海道松山ブナ林に於ける立地的変異性に就いて, 北海道試験場, 93~100, 1940
- 21) 工藤正美: ブナの天然更新について, 青森営林局林業技術研究集録, 50~55, 1972
- 22) 倉下勝彦・八田義範: ブナの利用について, 北海道林業技術研究発表大会論文集, 23~24, 1982
- 23) 倉田益二郎: ブナ林の復元技術に関する研究, 37 pp, 東京農業大学緑地工学研究室, 1985
- 24) Landesforstverwaltung: Baden-Württemberg. Hilfstabellen für die Forsteinrichtung, Teil I, 163pp, Stuttgart, 1966
- 25) 前田禎三・宮川清: ブナの新しい天然更新技術, 新しい天然更新技術, 340 pp, 創文, 東京, 1969
- 26) 松前林務署: 松前林務署 35年の歩み, 137 pp, 1938
- 27) 三島懋・大金永治: 小面積皆伐の伐区の大きさと収穫上の諸問題, 76回日林講, 80~83, 1965
- 28) 三島懋・大金永治: 小面積皆伐における伐出生産の工期と生産費, 日林北支講, 14, 74~76, 1965
- 29) 宮島寛・奥山寛: 松山産ブナ材の収縮率, 北大演研報, 20, 209~238, 1959
- 30) 日本材料学会木質材料部門委: 木材工学辞典, 975 pp, 泰流社, 東京, 1982
- 31) 野口吉紀・布施鶴次: かき起こし箇所における照度とブナの生育関係に就いて, 北海道林業技術発表大会論文集, 84~85, 1982
- 32) 農林省山林局: ブナ林の参考資料, 137 pp, 1938
- 33) 農林省山林局: ブナ林施業法基礎調査報告, 130 pp, 1942

- 34) 大金永治：上ノ国試験林における小面積皆伐作業の研究（ブナ林の小規模施業），北海道林務部（林業経営試験—道有林における実践例—），238～246，1969
- 35) 大金永治：北海道森林施業の仕組と問題点，林野庁，103～137，1969
- 36) 大金永治：林業経営論，299 pp，日本林業調査会，東京，1970
- 37) 大金永治：森林の属性と装置的労働手段の役割，林業経済，346，1～12，1977
- 38) OHGANE, E. & MAEDA, M.: Consideration of forest protection from a technical theoretical view point. J. Jap. For. Soc. 60: 373～376, 1978
- 39) OHGANE, E.: Problem and method of forestry management. J. Jap. For. Soc. 61: 41～46, 1979
- 40) 大金永治編：日本の択伐，370 pp，日本林業調査会，東京，1981
- 41) 大金永治：ヨーロッパ諸国の林業経営(1)，公営評論，246，4～15，1981
- 42) 大金永治：ヨーロッパ諸国の林業経営(2)，公営評論，247，14～26，1981
- 43) 大金永治：ヨーロッパ諸国の林業経営(3)，公営評論，248，18～25，1981
- 44) 大金永治：ヨーロッパ諸国の林業経営(4)，公営評論，249，30～41，1981
- 45) 大金永治：保続的林業経営と森林施業，森林施業，9，20～26，1982
- 46) 大金永治：吉野地方における間伐の経営的考察(1)—間伐の性格と構造，94 回日林論，149～150，1983
- 47) 大金永治：天然林の林相改良に関する経営的研究—理論的考察—94 回日林論，139～140，1983
- 48) 大金永治：保続的森林施業の考え方，森林施業，10，20～25，1983
- 49) 大金永治：森林資源の再生産機構と林業研究の課題，森林施業，11，1～3，1983
- 50) 大金永治・菅野高穂・工藤弘：ブナ林の施業法に関する基礎的研究，95 回日林論，1984
- 51) 大橋英一：樹形調査の思い出，東京林友，1，16～23，1948
- 52) PHILIPP, K. (三宮修逸訳)：バーデン国に於ける喬木の撫育及び更新に関する指針，高知営林局，1929
- 53) 林野庁：第 38 次昭和 61 年国有林野事業統計書，187 pp，林野庁，1986
- 54) SCHÖBER, R.: Ertragstafeln wichtiger Baumarten, 154pp, Gettingen, 1975
- 55) 鈴木健二郎：北海道南部御料林に於けるブナ林と其の利用現況に就いて，御料林，172，24～50，1942
- 56) 寺崎渡：実験間伐法要綱，239 pp，大日本山林会，東京，1929
- 57) 寺崎渡：林相及び樹相の面影，92 pp，東京営林局，東京，1930
- 58) 田中波慈女：地表空気層及び森林の気候と生態，320 pp，興林会，東京，1932
- 59) 谷口信一・大金永治：松前林務署管内上ノ国試験林における小面積皆伐施業の調査・研究に関する報告，北海道林務部，49 pp，1978
- 60) UJIE, M. and MAEDA, Y.: Properties of larch-plantation soils and larch trees grown in Tomakomai Experiment Forest. Res. Bull. Col. Exp. For. Hokkaido Univ., 40, 463～490, 1983
- 61) UJIE, M.: Studies on the soils derived from volcanic deposits in Tomakomai district, *ibid.*, 41, 149～190, 1984
- 62) UJIE, M.: KUDO, H. and KATAYOSE, T.: Properties of soils and Japanese cedar planted in Hiyama Experiment Forest, *ibid.*, 42, 559～584, 1985
- 63) UJIE, M.: Soils of Sasa bamboo-growing land and its surface treatments for natural regeneration of trees, *ibid.*, 42, 1043～1064, 1985
- 64) 渡辺福寿：ぶな林の研究，興林会，東京，1938
- 65) 矢沢亀吉・樋口隆昌：名古屋営林局管内のブナ材に関する研究，26 pp，名古屋ブナ材協会，1953
- 66) 矢沢亀吉・樋口隆昌・町井茂：名古屋営林局管内のブナ材に関する研究（第 5 報），56 pp，名古屋営林局，1957
- 67) 吉田正男：理論森林経理学，371 pp，成美堂書店，東京，1943

Summary

The present study was carried out to establish the management system of beech (*Fagus crenata* BLUME) forests in southern Hokkaido based on the analysis of the relations among the stand composition, land condition, growth and quality, especially the formation of false heartwood.

Since the beech forests widely distributing in this district, are situated near the north limit of its distribution, the beeches are generally inferior in growth and quality, compared with those in Honshu. Accordingly, the former forests are apt to produce the trees of false heartwood lowering markedly the timber grade, called "red beech stand", while the latter are rich in the trees of high quality, called "blue beech stand". Therefore, the establishment of the management system must be hastened in Hokkaido.

It is defined that the false heartwood is formed by the stimulation from the outside in the course of growth of the trees which do not in general form the heartwood. The cause is not all clear but is supposed to derive from the wound wood gum secreted by the resistance against rot fungi invading into the stem through the dead branch etc., or from the coloring by oxidation due to air permeating through the inbark or broken branch etc., while the star-shaped false heartwood is said to be affected by bark beetles. This false heartwood is especially formed in over-matured trees, showing the colored trace like radial rays on the cross section. The following factors by which the beech is changed to the red beech have been reported: infertility of soils, wind-beaten site, tree aging, pathogenic symptoms and injury of insects. It has been also pointed out that the beech grown in lower temperature circumstances or thin stands, becomes malformed.

As the false heartwood is formed with aging of the tree under worse environmental conditions and extensive managements, it is necessary the intensive management system is established to be able to cope with various stand conditions by preregeneration work possible to prevent the deterioration of quality, and the decline of productivity inducing the red beech stand.

Some experimental sites are set up in the beech natural forests taken charge of Matsumae Prefectural Forest, the office of which is located in Matsumae Town, and controls the forest area of about 48,000 ha. Owing to the location and the oceanic climate, it is considerably warm in Hokkaido, as shown at the annual average temperature of 9.5°C, while the precipitation amounts to 1,200 to 2,000mm a year. The geological features show that it belongs almost to the Paleozoic strata and partially to Neogene strata, composed of green tuff, andesite, sandstone, mudstone etc. The soils are brown forest ones, classified nearly as B₀ type (properly wet brown forest soils) according to the Japanese Forestry Agency. Since the district belongs plant-geographically to the northern Temperate Zone, the beech is occupied at 60 percent, mixed with such broad-leaved trees as oak (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*), maple (*Acer mono*), birches (*Betula platyphylla* var. *japonica*, *B. ermanii*) and basswood (*Tilia japonica*) in the natural forest of 43,000ha. Half of the area consists of the old growth forests, dominantly occupied with 150 to 200-year old beech trees which are inferior in the quality containing the false heartwood, as the forests are situated near the north limit.

The experimental sites were surveyed by selecting some sample plots of 0.01 to 0.36-ha area in accordance with the differences of tree age, stand composition and land condition. The

followings were practiced: the tree inventory including the number, breast height diameter, tree height and crown height, the measurement of illuminance on the forest floor, the soil analysis, and the growth examination at breast height with PRESSLOR's increment borer. Moreover, typical beech trees were felled and used for the stem analysis. The trees measured were classified by OHASHI's tree-form-class method etc. and illustrated vertically and horizontally by the belt transect method. Meanwhile, the cross sections of the piled beech logs and the discs used for the stem analysis were observed and examined on the area rate of false heartwood, the color and the shape to clarify their actual condition.

From the results, the conditions brought about to the red beech stand are as follows: 1) Stand of imperfect decomposition of soil humus, situated at over 400-m altitudes or wind-beaten places. 2) Stand composed of trees exceeding 150 years old, showing below 1.5 percent of the growth rate. 3) Stand including the trees damaged by the bark beetles. 4) Compound storied forest in which suppressed and malformed trees are often observed. It can be eventually said the occurrence of the false heartwood depends upon the growth difference caused by the complex factors above-mentioned.

Finally, the following management system should be carried out to sustain the harvest and produce the beeches of high quality:

1. The work is practiced to maintain the uniform beech forest including some other broad-leaved trees by preregeneration system.
2. The beech forest under worse condition is repeatedly and weakly thinned in a short period.
3. The red beech is preferentially cut.
4. Since the trees of sparse or compound storied forests cause the indefinite buds and the bent stems, they are densely grown in the young stage to create the uniform forest, and gradually thinned in the adult stage according to the thinning system.
5. As the trees in the old stage lower the growth and change to the red beeches, the final cutting age would be about 150 years old. However, that of the blue beech stand could be more postponed.

It is concluded that the beech forests should be managed with improve cutting in the young stand, thinning in the adult stand and final cutting in the old stand by the preregeneration system consisting of shelter wood and its group cuttings. In these cases, the improve cutting is desired to be practiced by TERASAKI's D-type thinning or French method, the thinning by KAWADA's method, the final regeneration cutting by Danish or French method, in which the age is flexibly determined for the preregeneration system in consideration of the false heartwood occurrence.