

## ミズナラの構造材林作業法に関する研究

今田, 盛生

<https://doi.org/10.15017/14788>

---

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 45, pp.81-225, 1972-03-30. 九州大学農学部附属演習林  
バージョン :  
権利関係 :

- ①伐期に達した高令・大径林を選定する。
- ②その林分の結実豊作年をあらかじめ判定する。
- ③その林分の種子落下後、適切な時期と方法により種子覆土を施行する。
- ④種子覆土終了後から稚苗発生前までにその林分を皆伐し、伐採木の搬出を完了する。
- ⑤皆伐の翌年、その伐採跡地に密立状態の稚苗を発生させる。
- ⑥その密立状態の稚苗を、上層林冠がつねに単層一斉状態であるように配慮しながら生長させて壮令期以後に上層間伐を施行し、伐期において高令・大径林を造成する。

なお、伐期に達した林分を選定するにあたっては、ミズナラの結実豊作年が4～5年に一回であることを考慮して、伐期令は基準的伐期令を決定し、適用段階においてはその後で5年程度の幅をもたせることを前提とする。ただし、その基準伐期令の検討については今後の研究段階にゆずることにし、第1章第3節における内容から判断して、本研究においては、基準伐期令を150年に定め、以下これを前提とする。

### 第3章 作業法に関する実証的研究

第2章が作業法に関する理論的研究であるのに対して、本章は作業法に関する実証的研究であり、その内容はつぎのように2分される。すなわち、まずはじめは基礎研究の見地から、ミズナラの特性に関する各種の試験・調査の結果を明らかにし、それについて育林技術上の観点から考察したものである。つぎは、理論的に選定されたミズナラ構造材林造成を対象とした基本的作業法の適用に関する応用研究であって、ミズナラの構造材林を一定の単位林分に造成する過程において必要と認められる個々の育林手段について試験し、その結果にもとづいて、ミズナラ構造材林造成の全過程にわたる育林技術体系を考察したものである。

#### I 基礎研究

ミズナラの特性に関する試験・調査は、ミズナラの構造材林造成の育林技術と密接な関連性のある特性のみに限定するものとして、ミズナラに関する林分結実量・種子の発芽・種子散布・上木庇陰下における稚苗の生育・稚苗の根系・稚幼期の密立林分における優勢木・林分の生長推移の7項目を対象とし、得られた結果については、主として育林技術上の観点から考察を試みたものである。

##### i ミズナラの林分結実量

まず、ミズナラの林分結実量の林令による変化を調査することによって、ミズナラ林の種子生産力と林令の関係を明らかにし、ミズナラの主伐期前後の林分におけるha当りの結実量を推定するとともに、あわせて結実量の年次別変化および種子落下時期を調査することによって、更新技術に関する基礎資料を収集する。

##### (1) 調査方法

調査の対象林分は、予備調査結果<sup>45)</sup>で示したとおりであって、結実開始期から主伐期前後までの8林分である。調査期間は、1966～1969年（ただし、1966年は予備調査）の4年間で、1967～1969年においては、毎年種子の落下開始時から終了時まで3回の調査を10日間隔を基準として行なった。

なお、各調査林の結実量調査は、予備調査の場合と同様にして、種子捕集箱 (1m<sup>2</sup>) を各調査林分に 5m 間隔で10個ずつ設置して行なった。

## (2) 調査結果および考察

各調査林の種子捕集箱に落下した種子数の調査結果から、林分結実量を推定し、ha 当りに換算して林令とともに総括して示すと表-3・1 のとおりである。

表-3・1 林分結実量 (ha当り・1000個)

調査林 No.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	林令(年)	26	30	36	40	57	55	135	132
	調査年								
	調査月日								
1966	9.21	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.1	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.11	1	8	34	0	90	8	52	7
1967	9.21	1	1	61	5	45	39	57	38
	10.1	4	1	62	48	51	86	205	101
	10.11	0	1	4	61	48	32	16	35
1968	9.21	0	0	0	0	0	0	0	0
	10.1	1	8	14	19	65	76	249	44
	10.11	0	2	0	0	3	2	3	3
1969	9.21	3	1	43	18	35	37	85	74
	10.1	6	10	135	74	161	80	249	115
	10.11	7	19	12	111	54	81	45	101

注 1) 林令は、1966年現在。

2) 1966年の結実量は、予備調査であるから、落下時期別の調査は実行していないので、全結実量である。

### 1) 結実の豊凶性

調査結果にもとづいて、調査日すなわち種子落下時期を考慮せず、各調査林の年間総結実量を年次ごとに示すと 図-3・1 のとおりであり、年次ごとにはほぼ一定の変動がみられる。すなわち、林令が 26 年と 30 年の調査林では、結実量の変動は小さいが、36 年以上の調査林の結実状態をみると、林令の増加とともに変動が大きくなって、多少の差はあるが、第 1 年次と第 3 年次は結実量が少なく、第 4 年次は多いから、前二者を凶作年、後者を豊作年とみなし、第 2 年次を平作年としてきしつかえあるまい。

一般に、林木の結実量は種々の要因によって左右されるが、開花期の気象条件、ことに春の晩霜あるいは異常低温に大きく影響される<sup>46)</sup>といわれている。実際に、調査林選定中の 1965 年には、5 月 27 日に調査林所在地方に強い晩霜があり、結実量は皆無の状態であったことから充分首肯される。しかし、1966~1969 年の間においては、調査林の所在地方

に春期の強い晩霜および極度の異常低温もなく、年間を通じてほぼ同様な気象条件下にあったといえるから、図-3・1の結果は、ミズナラ固有の結実豊凶性にもとづくものであると判断される。

ところで、図-3・1に示された結実状況がミズナラの結実豊凶性の一周期であるかどうかを判断することは、調査期間が短いから不可能である。わが国では、ミズナラの結実豊凶の周期について調査された例はないが、ドイツでは、図-3・2<sup>46)</sup>に示すように、20年間にわたって調査されており、Oakはドイツの北～中部地方で、普通5～6年で豊作年が繰返されるとしており、またアメリカでは、1910～1920年の調査結果から、高木性のOakは2～3年で豊作年がくる<sup>46)</sup>と推定されている。

わが国におけるミズナラの結実

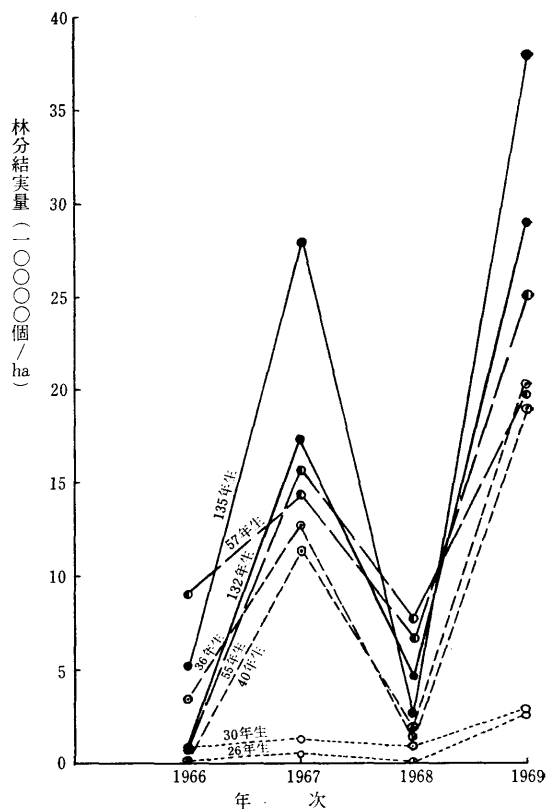


図-3・1 林分結実量と年次の関係

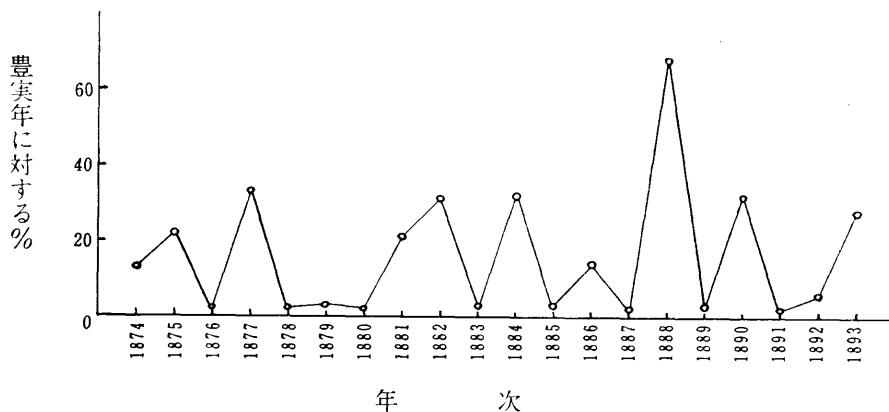


図-3・2 ドイツ北～中部地方のナラ (Oak) の豊凶性

豊凶性については、さらに今後の長期にわたる調査結果によって判断しなければならないが、以上の諸点を考慮すると、図-3・1の結果からは、少なくともつぎのようなことが推測される。

- ①林令が高くなるにつれて、年次ごとの結実の豊凶の差が大きいこと。



②毎年、多量の種子が生産されることはなく、少なくとも4～5年以上に一回の周期で豊作年が繰返されること。

③豊作年および平作年の翌年は、凶作年になる傾向があること。

以上の調査結果から、更新期において密立更新樹を確保しなければならないことを考慮すると、技術的には、原則として、更新伐は豊作年に実行すべきであり、少なくとも4～5年以上に一回の割合で実行する結果となる。それにともなって、伐期令は、基準的に決定されるとしても、現実の技術施行段階においては、その基準伐期令の前後で相当の幅すなわち10年程度の幅をもたせるべきである。また、凶作年においても、その前年の豊作年あるいは平作年の種子を貯蔵する方法が研究開発されれば、それらの貯蔵種子を活用した人工播種により、伐採更新を実行することも全く不可能ではないと予想される。

## 2) 林令による林分結実量の変化

図-3.1をみると、結実の豊凶によって、林令と林分結実量の間には異なった傾向が認められる。すなわち、1967年の平作年と1969年の豊作年においては、林令が高くなるにつれて、林分結実量はほぼ増加している傾向が認められるのに対して、1966年と1968年の凶作年においては、林令と林分結実量の間には一定の傾向は認められない。この結果は、豊作年ないしは平作年においては、一定の林分に潜在している本質的な種子生産力が発揮されやすく、凶作年ではそれが発揮されえないことによるものと考えられる。したがって、林令にともなう林分結実量の変化を的確に把握するためには、一定の林分の種子生産力が完全に発揮されていると考えられる豊作年の結果を用いることが適当であろう。

そこで、表-3.1の1969年の豊作年における各調査林の全林分結実量を、1969年現在の林令と対比して示すと図-3.3のとおりである。この結果は、各林令ないしは各令級の調査林が少なく、ことに60～130年の林分結実量が明らかでない上、さらにわずか1回の豊作年の結果であるから、今後の豊作年の結果を検討しなければ的確な判断はできないが、つぎのような傾向は認められるものとしてさしつかえあるまい。すなわち、ミズナラの結実開始期と考えられる30年生前後から40年生前後までの増加率は40年生以上の場合と比較していく分大きいようであるが、概括的にみると、林令が高くなるのにともなって、ミズナラの林分結実量は増加する傾向があるということである。

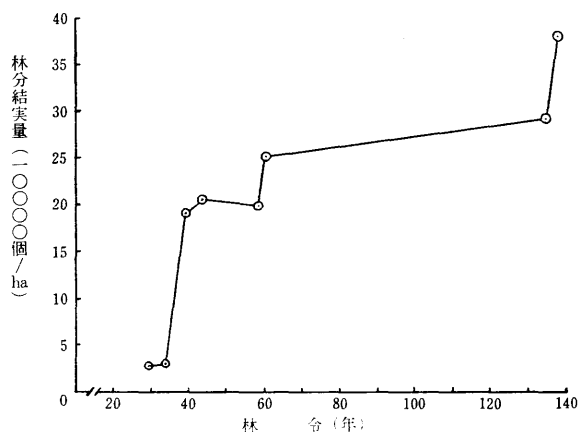


図-3.3 1969年(豊作年)における林分結実量と林令の関係

したがって、密立更新樹を確保するために、できるだけ多量の種子を活用しようとするならば、天然下種の更新伐は高令林を対象として実行されるべきである。それにとまって、必然的にミズナラ構造材林の造成においては、このような観点からも、長伐期を採用すべきであると考えられる。

### 3) 主伐期前後の林分結実量

更新技術ないしは林分の造成に、實際上、重要な関連性をもつものは主伐期前後の林分の結実量であろう。本調査においては、135年と132年の第7、第8調査林がそれに相当する。そこで、この2林分の結実量について、図-3・1にもとづき検討してみたい。

両林分は、林令においてはわずかの差にすぎないが、結実量においては大きな差がある。林分の結実量は、林令のみならず、その林分のおかれている種々の立地条件に大きく左右されるから、ほぼ同林令であっても、結実量に差異を生じることは当然であろう。その差を年次別にみると、凶作年の1968年以外は、第7調査林が第8調査林よりも相当多いから、種子生産力は前者が後者よりもすぐれているといえよう。調査林の個数も少なく、また短期間の調査であるから、それぞれ林分の種子生産力が132~135年生のミズナラ林としては、どの程度の地位にあるものかは判断できない。しかし、少なくとも、135年生前後のミズナラ林は、両林分の結実量を上限、下限とする範囲の種子を生産しうるものと考えてさしつかえない。

したがって、主伐期前後の林分結実量は、凶作年においては、1966年と1968年の結果を合わせて考慮すると、ha当り1~5万個、平作年においてはha当り17~28万個、豊作年においては29~38万個の範囲であって、もちろんこれらの範囲よりも、多量あるいは少量の場合もありうるといえる。ことに、豊作年においては、きわめて多量の種子が生産されることは注目すべきである。

したがって、これらの種子を地表処理・種子覆土などの補助的育林手段の施行によって有効に活用すれば、豊作年において天然下種更新により密立更新樹を確保することは可能であると考えられる。

### 4) 種子落下時期

表-3・1の1967~1969年における調査結果を、調査日すなわち種子落下時期別にみると、部分的には異なった傾向がみられるが、大部分は10月1日現在の落下種子量が最も多くなっている。その状況を、年次ごとに、全調査林を総括して、調査日別に全落下種子量に対する比率として表わすと図-3・4のとおりである。

図-3・4に示された種子落下状況は、3年間の結果であるが、同時に豊作年・平作年・凶作年の一年次ずつの結果でもある。このような観点

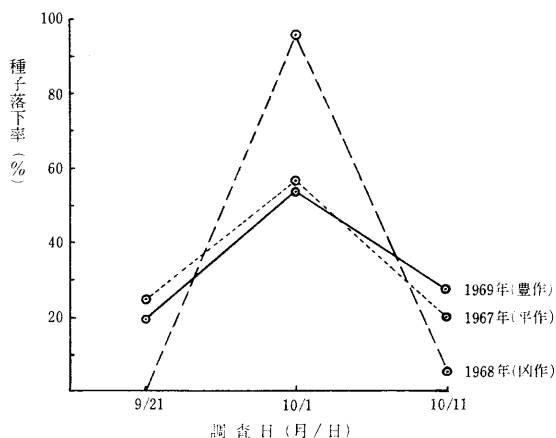


図-3・4 各年次における調査日別の種子落下率

からみると、豊作年と平作年とはほぼ同様な傾向を示すが、凶作年は前二者と異なった傾向を示している。もちろん、種子落下の現象は、その期間の気象条件などによって大きく左右されるから、この傾向は、豊凶そのものの差ではなく、他の要因に起因したものかもしれない。しかし、1967～1969年における種子落下時期の9～10月には、暴風などの異常な気象変動はなく、ほぼ同様な条件下にあったと判断されるから、図-3・4の傾向は、豊凶の差そのものによるものとしてさしつかえあるまい。

ところで、凶作年の結果は、更新技術ないしは林分の造成に関する基礎資料としては重要性が大きいので、豊作年および平作年の結果について検討をすすめることにする。一般に、ミズナラ種子は、調査観察によると、9月に入ると落下が始まり、しだいにその量が増加して、10月に入るとしだいに減少し、10月10日頃までには完全に落下し終わるようである。それを数量的にみると、図-3・4から豊作年、平作年とも、基準的には、9月中旬までに全結実量の約25%、9月下旬までには約75%が落下し終り、残りの約25%が10月上旬までには落下し終るという結果となった。したがって、最も多量の種子が落下する期間は9月下旬であり、その量は全結実量の約50%である。

したがって、豊作年における天然下種更新の地表処理・補播・種子覆土・更新伐などの更新技術の実行時期は、このような種子落下時期を充分配慮して決定しなければならない。

## ii ミズナラ種子の発芽

母樹林の林令によって、その林分で生産されたミズナラ種子の発芽力にどのような差異を生じるかを明らかにして、ミズナラの主伐期前後の林分で生産された種子の発芽率（ここでは稚苗発生率）を推定するとともに、発芽力持続性について考察を試みる。なお、種子落下時期と発芽力の関係および発根・稚苗発生の時期を明らかにして更新技術に関する基礎資料もあわせて収集する。

### (1) 試験方法

本章第1節の林分結実量のところでのべたように、凶作年ないし平作年においては、一定の林分の種子生産力が十分に発揮され得ず、豊作年においてそれが最も発揮されやすい傾向があるものと考えられる。したがって、一定の林分によって生産された種子の発芽力についても同様な傾向があるものと考えられるから、母樹林の林令にともなう種子発芽力の変化を的確に把握するためには豊作年の種子を用いるべきであると考えられる。そこで、豊作年とみなされる1969年秋の種子を用いることにし、その種子によって発芽力の持続性および種子落下時期と発芽力の関係を明らかにすることにする。なお、ミズナラ種子の発根・稚苗発生の時期については、前述の1969年秋の種子のみを対象とせず、既往のミズナラ林下における種子の発根・稚苗発生の状態を観察した結果によって明らかにする。

つぎに、1969年秋の種子を採集した林分は、本章第1節における林分結実量調査林であって、そのうち、第Ⅰ調査林（1969年現在30年生）および第Ⅱ調査林（1969年現在34年生）の2林分は、他の6調査林に比較して結実量が少ないので除外し、第Ⅲ～Ⅷ調査林の種子を用いることにした。

### 2) 発芽力検定方法

発芽力の検定方法は、室内実験ではなく、圃場試験によるものとし、九州大学北海道演習林の苗畑に実際に播種して翌年の稚苗発生本数によって検定し、発芽力を稚苗発生率

(%)で示すことにした。なお、播種時期は、林分結実量の調査日(9月21日・10月1日・10月11日)の10日間隔で3回にしたがい、それぞれその翌日とした。したがって、稚苗発生率は、特別の処理を施さず、採りまきの状態でのものである。

つぎに、供試用種子は、調査目的が天然下種更新に関する基礎資料の収集である点を考慮して、各林分の種子捕集箱に落下したものをすべてを対象とし、優良種子のみを選別せず、また播種数の規制もしなかった。したがって、林令別・種子落下時期別の播種数は、本章の表-3.1における1969年の結実量と同数であって、12~249個で大きな差異がある。しかし、一部を除いては相当の播種数となっているから、発芽結果の検討にはほとんど支障はないとみなされる。なお、種子は鳥獣の食害を防止するため、地表面下5cmに埋込んだが、これはまた種子覆土がなされた場合の稚苗発生率であることを意味している。

(2) 試験結果および考察

播種した翌年の1970年7月中旬に、ミズナラ稚苗の発生本数を調査したが、その結果を林令別・落下時期別に播種数に対する稚苗発生本数の比率すなわち稚苗発生率(%)で示すと表-3.2のとおりである。

表-3.2 結実豊作年の種子の翌年における稚苗発生率(%)

種子落下 時期(調査日)	林 令 (年)						平均
	40	44	59	61	136	139	
9月21日	43.5	20.0	25.3	27.9	20.0	30.9	27.9
10月1日	47.7	48.8	58.7	42.8	43.5	51.3	48.8
10月11日	58.3	55.3	47.8	72.8	58.7	58.3	58.5
平均	49.8	41.4	43.9	47.8	40.7	46.8	45.1

注 林令は、1969年現在。

1) 母樹林の林令と発芽力の関係

表-3.2における母樹林の林令別の発生率平均値を図示すると図-3.5のとおりである。この結果によると、林令にともなう発生率の変化はきわめて小さいものと推測される。そこで、母樹林の林令と発生率の間には一次の回帰式が成立するものと想定し、最小自乗法によってそれを求めると(3.1)式のとおりであり、回帰の有意性を検定したところ、表-3.3に示すように、回帰性はないことがわかった。

$$y = 46.826 - 0.022x \quad (y: \text{発生率}\%, x: \text{林令}) \dots\dots\dots(3.1)$$

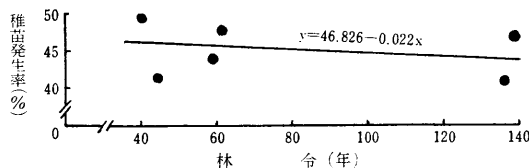


図-3.5 豊作年における母樹林の林令と稚苗発生率の関係

表-3.3 回帰(3・1式)の有意性検定

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
回帰	4.99	1	4.99	0.32 < $F_{0.05} = 7.71$
誤差	61.76	4	15.44	
全体	66.75	5		

したがって、図-3.5 にみられるように、60～120年生の林分の結果が不明であるから即断は危険であるが、概括的には、ミズナラ種子の発芽力は約40～140年生の母樹林の範囲においては、母樹林の林令によって変化せずほぼ一定であると認められ、その発芽率は約45%であると推定される。

### 2) 主伐期林分に発生する稚苗本数の推定

以上の結果から、豊作年における主伐期前後のミズナラ林分の林面に落下するすべてのミズナラ種子を対象とした場合の稚苗発生率は約45%と推定されることになる。そこで、すでに明らかにした豊作年における主伐期前後の林分の林面に落下する総種子数を考慮して、翌年の稚苗発生本数を推定してみることにする。

まず、発芽力を有するすべての種子から稚苗が発生するものとすれば、ha当り13万本(29万個×45%)～17万本(38万個×45%)というきわめて多量の稚苗発生が期待できる。しかし、現実には、ミズナラ種子は野鼠・リス・カケスなどの鳥獣の食害におかされやすいから、種子覆土を施行したとしても一部は食害におかされるものとして、発生率を10%低下させ、約35%と仮定すれば、ha当り10万本(29万個×35%)～13万本(38万個×35%)となる。

したがって、實際上、豊作年の翌年には、主伐期前後の林分の林面には、ha当り約10～13万本の稚苗発生の可能性があるものと推測される。ただし、45%および35%の発生率は、あくまでも地表面下5cm程度にミズナラ種子を埋込んだ場合であることが前提であるから、現実には、なんらかの方法により、適当な時期に種子覆土を施行した場合に、この程度の稚苗発生が期待されるということを充分考慮しておかねばならない。

### 3) 種子落下時期と発芽力の関係

表-3.2における種子落下時期別の平均発生率をみると、9月20日以前に落下した種子の発生率が最も低く約28%で、9月下旬の場合は49%、10月上旬の場合は59%であり、落下時期がおくれた種子ほど発生率が大きくなる傾向が認められる。実際の観察によると、9月20日以前に落下した種子には虫害におかされているものが比較的多くみられたので、その結果が発生率に影響しているものと考えられる。

本章第1節ですでに明らかにしたように、9月中旬までに落下する種子数は全結実量の約25%であり、しかもその発生率は以上にのべたように約28%にすぎないことを考慮すると、9月中旬までに落下した種子はミズナラの天然下種更新の成否にあまり大きく影響せず、9月下旬以降の落下種子に影響されるところが大きいものと考えられる。

したがって、種子覆土においては、いうまでもなく、発芽力をもった種子をできるだけ多く覆土することを目的とすべきであるから、その覆土の施行時期は、すでにのべた時期別の種子落下量と後述する鳥獣の食害による定着種子減少量を考慮するとともに、ここで

のべた種子の落下時期別の稚苗発生率などを総合的に検討して決定しなければならない。

#### 4) 発芽力の持続性

播種した翌年の7月中旬に、ミズナラ稚苗の発生本数を調査する際、種子が埋蔵されている地点であるにもかかわらず、その床面に稚苗が発生していないところをすべて掘起して埋蔵種子の状態を調査した結果、発芽していない種子はすべて腐敗していることが判明した。したがって、ある年の秋に落下したミズナラ種子は、その翌年に、発芽力のあるものはすべて発芽し、発芽していないものはすべて腐敗しており、発芽力がありながら発芽していないという種子はないものと考えられる。

この結果から、ミズナラ種子の発芽力持続性は、母樹林の林令および種子落下時期のいかにかわらず、一年限りであると認められる。したがって、2年以上にわたって地中に埋蔵されていたミズナラ種子を、ミズナラの天然更新に活用することは不可能であると考えられる。

#### 5) 発根の時期

ミズナラ林の林面に落下したミズナラ種子は、観察によると地表面に定着した状態においては、落下後10~20日間で発芽（発根）する場合がある。松井ら<sup>47)</sup>の圃場試験の結果によると、播種後17日目で初生根が1~8cm、平均4.5cm伸長したと報告している。しかし、数年間にわたる観察の結果によると、ミズナラ種子の発根の現象ないしは初生根の伸長程度はその年の気象条件によって異なるものと推測され、林面に落下したミズナラ種子は、秋のうちに、すべてないしは大部分が発根するとは限らず、また発根したとしても、その初生根の伸長程度にはきわめて大きな差異があることが認められた。

したがって、ミズナラ種子は、林床に落下後秋のうちに、発根している種子数あるいは伸長している初生根の長さは諸条件によって一定ではないが、いずれにしても更新技術の観点からは発根しているということを前提とし、その点を種子覆土の施行の際に充分考慮すべきであって、すでに伸長している初生根をなるべく損傷しないような適切な方法を用いるべきであると考えられる。

#### 6) 稚苗発生時期

ミズナラ種子からの稚苗発生は、数年間にわたる調査・観察によると、立地条件によっても異なるが、原則としては種子落下の翌年5月下旬からはじまり、7月中旬までにはほぼ完了するものと認められる。なお、種子が地中に埋蔵されている場合は、その埋蔵深度によって稚苗発生の時期が異なり、深いほど発生がおくれる傾向が認められる。

したがって、天然下種更新におけるミズナラ上木の更新伐すなわち伐採搬出、あるいはその後の伐採木の末木枝条の整理を施行するにあたっては、発生した稚苗を損傷しないようにするために、少なくとも5月中旬までに完了することがのぞましい。また、稚苗の発生状態によっては補植が必要となることが予測されるが、その補植の施行時期は、稚苗発生がほぼ完了した7月の上~中旬になるものと考えられる。

#### iii ミズナラの母樹林分からの種子散布

1967~1969年の3年間にわたる調査によって、ミズナラ種子が母樹林からどの程度の距離まで散布されるかを明らかにし、側方天然下種更新法がミズナラの更新法として採用できるかどうかを考察するとともに、各年次においては、ミズナラ種子の落下開始時から終

了時までの間に10日間隔で3回の調査を行ない、実際に林床に散布された種子量が、鳥獣の食害を受けながら、どのように増減してゆくかを明らかにすることによって、更新技術に関する基礎資料をあわせて収集する。

#### (1) 調査地の概況

調査地は、九州大学北海道演習林第9林班の小尾根に成立している高令林を母樹林分とみなし、その一斜面方向に緩傾斜地(5°)・中傾斜地(15°)・急傾斜地(25°)をそれぞれ1個所ずつ選定して設定したものである。

各傾斜地においては、幅5m、長さ18mの範囲は、調査の正確容易を期するため、鉋物質土壌を完全に裸出させ、細い針金によって、幅1m、長さ18m(予備調査の結果によって決定)の調査ベルトを5本設定し、さらに1mごとに分画した。その状況を図示すると図-3-6の模式図のとおりである。なお、この範囲には、各傾斜地とも、母樹林分以外からのミズナラ種子が飛散しない程度に周囲のミズナラはすべて伐倒した。

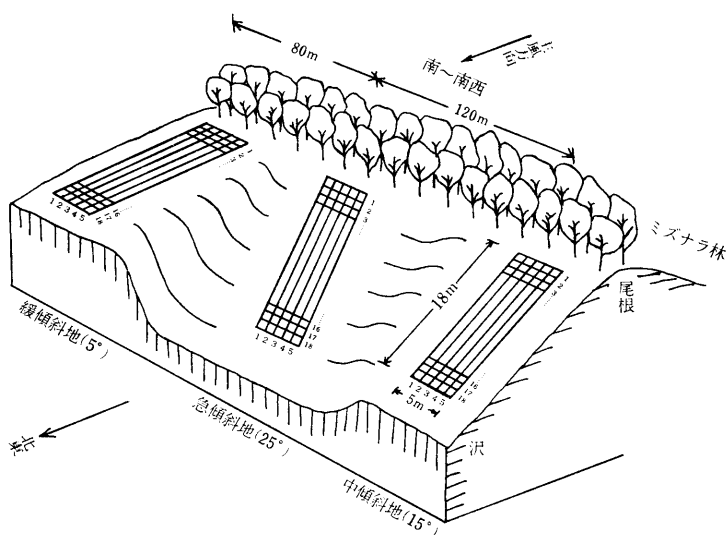


図-3-6 種子散布調査地の設定状況の模式図

つぎに母樹林分は、いずれも135年生前後でほぼ伐期に達しているものと認められ、各傾斜地内へ種子が飛散すると推測されるミズナラ立木の本数は8~10本で、その成立状態は図-3-7に示すとおりであり、各傾斜地におけるいずれの調査ベルトとも、母樹林分に近い方から5~6mまでは樹冠下にある。なお、母樹林分の林分構成は、いずれの調査地の場合もほとんど同様であって、平均樹高は19~21m、平均枝下高は6~7mであり、平均胸高直径は43~53cmである。

ところで、この地域のミズナラ種子落下時期頃の主風方向は、南~南西であるが、図-3-6に示すとおり、各調査地の間隔は100m前後で、しかも調査ベルトの方向は一定で北東である。したがって、各調査地の種子散布距離を比較検討する場合に、風向との関係を考慮する必要はなく、母樹林分からの種子散布結果は、風向に関しては最も有効な条件下で調査されたものである。

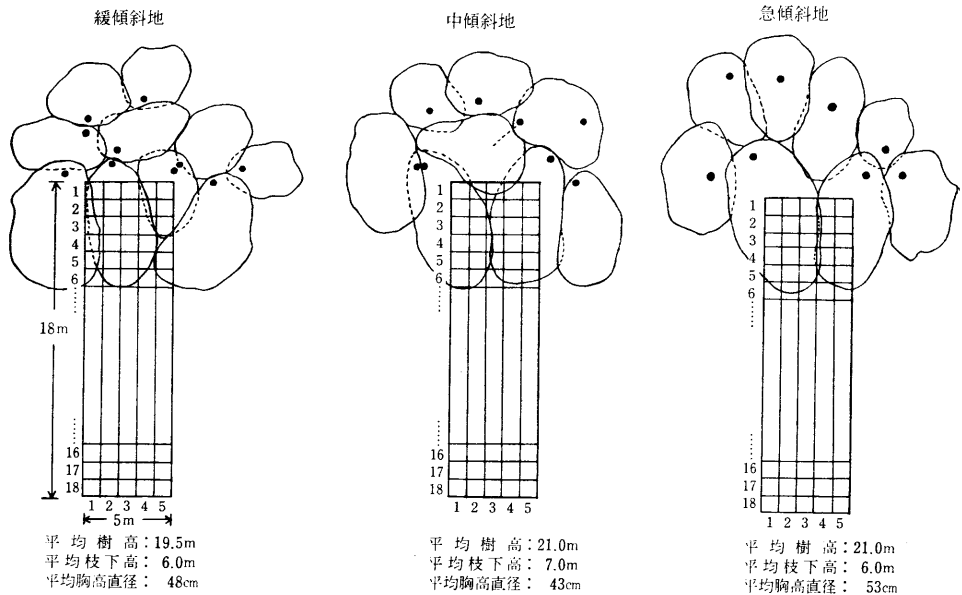


図-3-7 各種子散布調査地の母樹林分の概況

## (2) 調査方法

調査の実行方法は、各傾斜地における5本ずつの調査ベルトごとに、さらに1mごとに分画された1m×1mのプロット内に散布された種子数を調査した。また、各年次における調査時期は9月27日、10月7日、10月17日の3回行なった。ただし、ミズナラ種子の林分定着状況を明らかにするため、調査後に落下種子を採集せず、そのまま放置した。したがって、調査結果の落下種子数は、母樹林分で生産された種子数そのものではない。

## (3) 調査結果および考察

各傾斜地における1m×1mのプロット内に散布された種子数を、年次別・調査日別・距離別に総括して示すと表-3-4のとおりである。ただし、各傾斜地とも5本の調査ベルトに散布された種子数には、各ベルトとも大きな差異はなかったため、距離別の種子数は5個のプロットの1プロット当りの平均値で示したものである。

### 1) 調査日と散布量の関係

表-3-4の結果をみると、林分結実量でのべたとおり、1968年は凶作年であり、各傾斜地とも9月27日の散布量は皆無であるから、主として1967年と1969年の結果について検討する。そこで、両年の結果を各傾斜地ごとに、距離を考慮せず、各調査日ごとに散布量を合計し、3回の調査日の合計値に対する各調査日の比率(%)を算出して図示すると図-3-8のとおりである。この結果によると、1967年の中傾斜地では、9月27日から10月17日まで減少傾向を示し、1969年の急傾斜地では逆に増加傾向を示している。しかし、この二者以外では、程度の差はあっても、9月27日から10月7日までの間は増加し、10月17日にいたると逆に減少している。また、表-3-4の1968年の結果においても、いずれの傾斜地でもこのような傾向を示している。



表-3.4 母樹林分からの種子散布距離 (m<sup>2</sup> 当り・個)

年次	傾斜	調査日 (月・日)	距離 (m)																計
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1967	緩	9. 27	3.8	3.6	2.6	3.2	3.2	2.2	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.2					21.6
		10. 7	4.6	6.4	5.4	6.4	6.6	3.4	1.4	0.2	0.2		0.2	0.4					35.2
		10. 17	3.6	4.6	5.0	5.2	5.6	4.0	1.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2					30.6
	中	9. 27	13.4	20.4	24.4	25.4	22.8	16.0	17.6	15.2	11.4	6.2	10.4	5.2	2.6	1.6	1.0	0.6	194.4
		10. 7	10.8	18.8	22.2	22.2	20.4	16.0	15.8	14.4	10.8	6.0	10.0	4.4	1.8	1.0	1.0	0.2	175.8
		10. 17	9.4	15.6	18.6	19.4	18.8	13.0	12.6	11.6	9.8	5.2	7.6	2.8	1.0	0.8	1.0	0.2	147.4
	急	9. 27	3.2	3.4	3.6	3.4	3.4	1.2	3.8	3.0	2.6	2.0	0.4	1.0	0.6	0.6	0.4	0.2	32.8
		10. 7	8.0	13.4	14.4	13.0	12.2	10.6	10.8	11.8	12.2	9.8	2.6	2.0	1.4	0.6	0.2	0.2	123.2
		10. 17	6.2	8.2	7.6	6.0	5.6	4.8	5.2	5.0	4.6	4.4	1.2	1.4	1.0	0.2	0.2	0.4	62.0
1968	緩	9. 27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		10. 7	5.2	2.6	2.6	1.2	3.2	3.6	2.0	0.8	1.4	0.2	0.2						23.0
		10. 17	2.8	2.8	3.6	2.4	2.2	4.4	1.8	1.0	0.6	0.2	0.2						22.0
	中	9. 27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		10. 7	4.6	3.6	3.0	1.2	2.0	1.8	3.0	0.8	1.0	1.4	0.8	0.6	0.2			0.2	24.2
		10. 17	2.2	2.0	1.8	0.8	1.6	0.8	1.6	0.8	1.4	1.2	0.6	0.8	0.6	0.2			16.4
	急	9. 27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		10. 7	5.0	5.4	5.6	5.8	5.8	7.0	4.2	4.8	6.4	2.8	3.2	1.6	0.4				58.0
		10. 17	2.6	4.6	5.8	4.6	5.0	6.0	5.2	4.2	4.0	3.2	0.8	0.8	0.2				47.0
1969	緩	9. 27	16.0	12.6	10.6	8.2	6.4	6.4	4.4	1.6	0.2	0.4	0.2	0.2					67.2
		10. 7	50.8	29.4	24.8	20.8	14.4	16.4	11.2	5.6	1.2	2.0	0.6	0.4	0.2				177.8
		10. 17	32.8	23.6	15.4	16.8	14.4	12.2	8.6	5.4	3.0	1.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2		134.8
	中	9. 27	17.0	12.8	12.4	12.8	10.4	8.2	6.0	4.4	4.0	4.0	6.6	4.6	3.2	1.0	0.2		107.6
		10. 7	37.0	27.2	25.2	27.0	22.0	17.2	15.6	10.4	9.2	9.0	12.6	7.6	6.8	4.0	1.8		232.6
		10. 17	17.0	17.6	18.4	16.0	13.6	10.0	9.0	5.6	6.0	5.6	7.8	5.2	3.6	1.4	0.6		137.4
	急	9. 27	24.0	24.8	26.4	26.8	28.8	30.8	32.4	24.6	22.6	8.2	5.2	2.8	0.4	0.2	0.2		258.2
		10. 7	59.0	60.8	55.6	60.6	70.4	59.6	79.4	60.0	55.4	39.2	25.8	5.8	2.6	1.0	0.6		635.8
		10. 17	53.6	69.6	86.8	75.4	71.4	74.4	81.8	60.6	50.2	46.6	28.8	6.4	1.8	0.8	0.4		708.6

表中の「—」印は、各傾斜地の樹冠縁を示す。

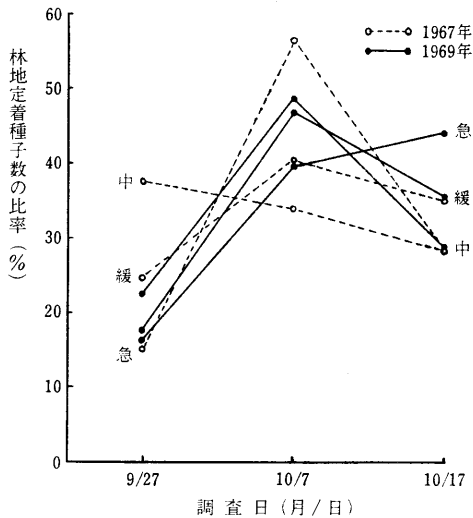


図-3-8 調査日別の林地定着種子数の比率

括的にみれば、ミズナラ種子の落下期間中においては、中期まではほぼ増加するが、中期をすぎると必ずしも増加せず、むしろ鳥獣の食害によって減少する傾向があるとみなされる。このミズナラ種子の林地への定着推移は、種子が地表面に裸出されたままの状態における結果であるから、種子覆土などの補助作業を実施しない場合は、豊作年の多量の種子によっても、翌年に密立更新樹を確保することには不安がともなう。調査・観察によると、鳥獣の食害は種子を地表面に裸出させず、ある程度の深さに埋没させることによってほぼ防止できるものと認められるから、適当な時期になんらかの方法により種子覆土を実行することが密立更新樹の確保に好結果をもたらすと考えられる。

## 2) 傾斜度と散布距離の関係

表-3-4の結果をみると、地床の傾斜度が大きいほど遠くまでミズナラ種子が散布される傾向が認められる。しかし、ここで検討すべきことは、最大散布距離ではなく、良好な更新成績が期待できる程度の種子が散布される樹冠外の有効距離である。そこで、ここでは、すべての種子を対象とした場合の発芽率45%を考慮して、基準的に1m×1mのプロット内に20個以上の種子が散布されている範囲を有効距離と仮定して考察を試みることにする。

表-3-4において、樹冠外で20個以上の種子がある範囲をみると、1967年(平作年)および1968年(凶作年)は傾斜度・調査日のいかににかかわらず、樹冠外には更新上の有効距離はないとみなされる。また、1969年(豊作年)の結果では、急傾斜地のみに有効距離は認められるが、その範囲は樹冠外4~6m程度にすぎない。

したがって、ミズナラ種子の母樹林分からの更新上の有効散布距離は、結実の豊凶・地床の傾斜度のいかににかかわらず、きわめて小さいことがわかる。また、以上の散布距離は、主風方向に関して種子の飛散に最も好条件下にある場合の結果であることも考慮すると、ミズナラの更新に側方天然下種更新法を採用することは合理的でないと考えられる。

### iv 上木庇陰下におけるミズナラ稚苗の生育

しかるに、林分結実量のところで明らかかなように、種子の落下量から考えると、10月10日頃までは種子の落下が続くから、散布量も10月17日までしだいに増加しなければならないといえる。それにもかかわらず、実際に林地に定着している種子数は減少しているから、この結果はミズナラ種子が鳥獣の食害をうけていることを示しているとみなされる。実際に、散布量の調査作業中、プロット内で野鼠・リス・カケスなどによって食害されたものと推測される種子が多くみられたことから、鳥獣の食害によって、散布種子が減少することは充分首肯される。

そこで、図-3-8にもとづき、実際に林地に定着するミズナラ種子数について概

ミズナラ上木の庇陰下において、発生してから3年の生育期間を経過したミズナラ稚苗の生育状態を調査することによって、上木の庇陰度とミズナラ稚苗の消失率、残存生育稚苗のうちの衰勢稚苗の占有率、および健全稚苗の伸長量の関係を明らかにし、更新の観点からミズナラ構造材林造成に対する漸伐天然下種更新法および択伐天然下種更新法の適用可能性について考察を試みる。

ところで、林分の庇陰状態を示す方法として、従来は疎密度が多く用いられている。しかし、庇陰下における稚苗の生育状態を的確に把握するためには、疎密度よりも樹冠を透過して射入する光線をも含めた林内の全陽光量によって庇陰状態を示した方がより適切であると考えられる。そこで、ここでは庇陰の尺度としては、照度計により林内と裸地の照度を同一時刻で測定し、裸地の照度を100とする相対照度(%)で表わすことにする。

### (1) 調査方法

#### 1) 調査地の設定方法

調査地は、1967年に、30~40年生のミズナラうっ閉林分・ミズナラ疎開林分・裸地を山腹斜面の上部と下部ごとにそれぞれ1個所ずつ選定し、それらを強庇陰地・弱庇陰地・無庇陰地としたもので、計6個所である。各調査地は、いずれも10°以下の緩傾斜地であって、その面積は20m<sup>2</sup>である。

6個所の各調査地には、1967年秋の同一母樹(推定樹令約60年)のミズナラ種子を、A<sub>0</sub>層を除去したのち地表面下約1~5cmの深さに150粒ずつ播種し、翌1968年発生したミズナラ稚苗を生育調査の対象とした。なお、A<sub>0</sub>層をすべて除去したのは、地床植物の被圧によって、発生したミズナラ稚苗が消失し、上木の庇陰のみによる効果を的確に把握することが困難になる危険があると判断し、地床植物の発生を完全に防止するためである。

#### 2) 相対照度の測定

相対照度の測定には、林内庇陰下に用いる照度計(4万ルクスまで測定できる東京前川科学K・K製マリスA型照度計)4個および裸地に用いる基準照度計(30万ルクスまで測定できる東京芝浦電気K・K製SPI-5型光電池照度計)1個を用いた。

測定方法としては、1970年8月上旬に、林内の4調査地の中央部に等間隔に林内用照度計4個、裸地に基準照度計1個をそれぞれ水平にすえつけた後、測定時刻を合図しつつ、10~12時の間に1分ごとに30回(30分間)測定した。なお、ほぼ無風状態の晴天および曇天の日を選んで1日ずつ測定し、両者の測定値を平均して、林内庇陰下における相対照度を算出した。

つぎに、各調査地における相対照度の測定結果を示すと表-3.5のとおりであり、ミズナラうっ閉林分およびミズナラ疎開林分とも、山腹の上部と下部の調査地の差はきわめて小さく、ほぼ同程度の庇陰下にあるものとみなしてさしつかえない。そこで、山腹の上部お

表-3.5 各調査地における相対照度(%)の測定結果

うっ閉度 位置	ミズナラうっ閉林分	ミズナラ疎開林分	裸地
山腹上部	8	23	100
山腹下部	6	25	100

よび下部の調査地とも、相対的にみて、うっ閉林分を強庇陰地、疎開林分を弱庇陰地、裸地を無庇陰地とした。

### 3) 稚苗の調査方法

稚苗が発生してから3年の生育期間を経過した1970年10月に、稚苗の消失本数を調査するとともに、残存稚苗の生育状態を調査した。残存稚苗の調査にあたっては、図-3-9の模式図に示すように、頂軸が健全に伸長している健全稚苗と頂軸が枯死し側芽が伸長して生育している衰勢稚苗とにわけて生育本数を調査し、健全稚苗については苗高を調査した。

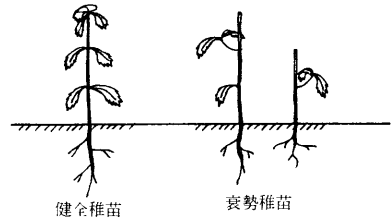


図-3-9 稚苗の分類

#### (2) 調査結果

1968年7月中旬の発生当初の本数と対比させて、3年経過後の消失稚苗・残存稚苗の平均苗高を総括して示すと表-3-6のとおりである。

表-3-6 稚苗の消長と平均苗高

庇陰度 (相対照度)	山腹 の位置	発生本数 (本)	消失本数 (本)	残存本数 (本)		健全稚苗の平均 苗高 (cm)
				健全稚苗	衰勢稚苗	
強庇陰地 (7%)	上部	22	14	0	8	—
	下部	18	14	0	4	—
弱庇陰地 (24%)	上部	36	10	8	18	16
	下部	34	6	6	22	15
無庇陰地 (100%)	上部	30	0	26	4	31
	下部	32	0	30	2	28

発生本数は播種数150粒に対して18~36本で、各調査地とも稚苗発生率は12~24%でかなり低いが、ここでは発生後の生育と庇陰の関係を究明することが目的であるから、発生率については検討しないことにする。また、平均苗高も他の林地と比較するとかなり劣っているが、これはA<sub>0</sub>層を除去する場合にA層も多分に除去されたため、発育が低下したものであると推測される。しかし、庇陰と伸長の関係を究明する観点からはほとんどさしつかえないとみなされる。

#### (3) 考察

##### 1) 稚苗の消失

表-3-6の結果から、各調査地の3年経過後における稚苗の消失率を算出して図示すると図-3-10のとおりであり、この結果からは、調査地が少ないため、相対照度と稚苗の消失率の関係を的確に判断することは困難である。しかしながら、少なくとも、山腹斜面の位置にかかわらず、相対照度が小さくなるにつれて、すなわち上木の庇陰度が強くなるにつれて稚苗の消失率が大きくなるものと判断してさしつかえない。

つぎに、表-3-6の結果から、残存稚苗中に占める衰勢稚苗の比率(%)を算出して示す

と図-3-11 のとおりであり、ミズナラうっ閉林下においては、すべてが衰勢稚苗であって発育不良となっており、林冠が比較的疎開しているミズナラ林下においても、大部分が発育不良の状態にあることがわかる。この傾向は、山腹斜面の位置にかかわらず認められるものとしてさしつかえない。

したがって、消失率および衰勢稚苗占有率の両結果から判断すると、うっ閉したミズナラ林下におけるミズナラ稚苗は、消失率が64～78%にも達し、残存稚苗もすべてが衰勢稚苗となっていることから、発生してから3年経過後において、すでにほとんど消失した状態になっているものとみなされる。また、疎開したミズナラ林下におけるミズナラ稚苗も、3年経過後においては、消失率はまだ18～33%にすぎないが、残存稚苗の大部分が衰勢稚苗となっていることから、上木による庇陰状態がこのまま持続すれば、今後数年間に大部分が消失してしまう結果になるものと推測される。

## 2) 稚苗の伸長

残存稚苗のうちの頂軸が伸長しているものを、頂軸が枯死しているものに対する相対的な健全稚苗としたが、しかしながら健全稚苗とはいっても弱庇陰地と無庇陰地の場合を比較すれば、表-3-6の結果から明らかなように、山腹斜面の位置にかかわらず、前者の苗高は後者の約1/2にすぎず、伸長状態は弱庇陰地においてもきわめて不良になるといえる。

この結果から、ミズナラ稚苗は、裸地においても良好な発育は可能であると考えられるから、上木保残による乾燥害や寒害などの諸害に対する保護の要求度は小さく、むしろ上木がなく陽光照射量が多い裸地において良好な発育が期待できるものと推測される。この傾向は、Hartigによっても認められており、19世紀初期においては、ナラ(Eiche)に漸伐作業を適用する場合、ナラの母樹を下種伐後3～4年以内に全部伐採することを主張した。<sup>39)</sup>しかし、その後においては、ナラに漸伐作業を適用することは合理的でないと考えられるにいたったことはすでにのべたとおりである。

## 3) 総括

以上の調査結果に対する考察を総括して判断すれば、ミズナラ稚苗は上木庇陰下においては、発生してから3年の生育期間を経過した後においても、すでに消失するものが多く認められるから、更新の観点からすれば、程度の差はあっても上木庇陰下での稚苗の発育

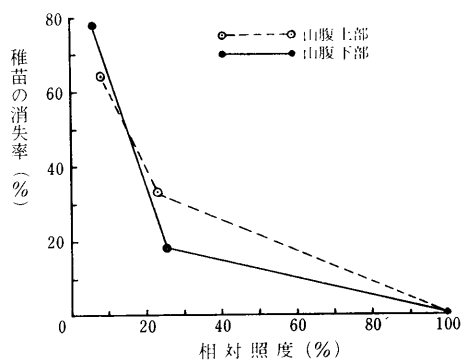


図-3-10 林内の相対照度と稚苗の消失率との関係

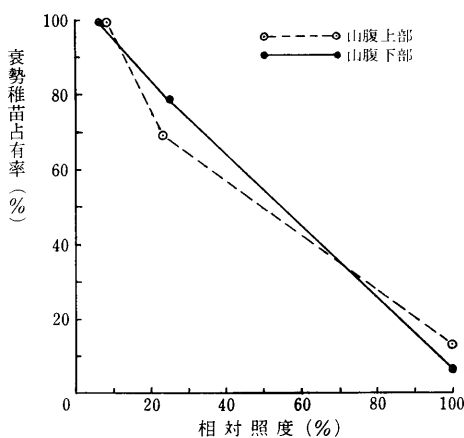


図-3-11 林内の相対照度と衰勢稚苗占有率との関係

を余儀なくされる漸伐天然下種更新法および択伐天然下種更新法などの作業法をミズナラの構造材林造成に適用することは合理的でなく、むしろ皆伐的取扱いが有利であると考えられる。

#### v ミズナラ稚苗の根系

ミズナラの1～5年生稚苗の根系の発達状態を調査することによって、ミズナラの根系の特性を明らかにし、ミズナラ稚苗の移植についてはミズナラの植樹造林について考察を試みるとともに、ミズナラのいわゆる“実生萌芽”について更新上の観点から考察を試みる。

##### (1) 調査方法

1970年10月に、ミズナラの天然下種更新地から、平均的な1, 3, 5年生稚苗を約20本ずつ掘取り、その根系の発達状態を調査観察した。また、以上の天然下種更新地の天然稚苗と比較するために、ミズナラの移植稚苗の根系を調査観察した。その移植稚苗は、1968年に発生した山引苗を一生育期間経過した同年10月に約100本採取して根切りし、苗畑で1年間養苗し、さらに翌年5月に根切りして1年間養苗した3年生稚苗である。なお、天然稚苗および移植稚苗とも施肥は全く行っていない。

つぎに、ミズナラの実生萌芽の実態を明らかにするため、ミズナラ林下および天然下種更新地から代表的な形態を示すものを掘取って調査観察した。

##### (2) 調査観察の結果および考察

各種稚苗の根系の比較検討結果は、数量的な分析・検討方法をとらなくても、調査観察結果を写真で示すことによってほぼ明らかにしうるものと判断し、ここでは各種稚苗の平均的な形態を示すものを写真で示しながら考察をすすめてゆくことにする。

##### 1) 天然稚苗と移植稚苗の根系

発生して一生育期間を経過した天然稚苗の根系を示すと写真-3-1のとおりであり、根系は地表面下約15～20cmに侵入し、地上部とほぼ同様な長さに伸長している。つぎに、3



写真-3-1 1年生天然稚苗

Fig.-3-1 1-year-old natural seedling

写真-3-2 3年生天然稚苗

Fig. -3-2 3-year-old natural seedling

写真-3-3 3年生天然稚苗  
(杭根が分岐したもの)

Fig.-3-3 3-year-old natural seedling  
(main root branching)

写真-3-4 5年生天然稚苗

Fig.-3-4 5-year-old natural seedling

年生の天然稚苗の根系を示すと写真-3・2 および 3・3のとおりであり、杭根は、分岐しているものもあるが、きわめて旺盛に発達しているのに対して、側根の発達は充分でないものとみなされる。さらに、5年生の天然稚苗の根系を示すと写真-3・4のとおりであり、杭根はますます強大に発達するとともに、この頃になると側根の発達もかなり認められるようになる。

したがって、ミズナラは発生してから3～5年程度は主として杭根が旺盛に発達し、それ以後になってしだいにその杭根から側根が発達しはじめるものと推測される。このような根系の発達過程から判断すると、ミズナラは直根性の樹種に属するものと認められる。ところで、直根性の樹種を稚苗の段階で移植するためには、従来の床替方法・植付方法によると、程度の差はあっても、少なくとも杭根を切断する結果となる。そこで、一年生および2年生で一回ずつ杭根を切断して移植した3年生稚苗の根系を示すと写真-3・5および3・6のとおりであり、写真-3・2および3・3に示した3年生の天然稚苗の根系に比較すると明らかに大きな差異が認められ、移植によって側根の発達はある程度認められるが、根系全体の形態には、ミズナラ本来の直根性が失われ、きわめて根系は不自然になることがわかる。

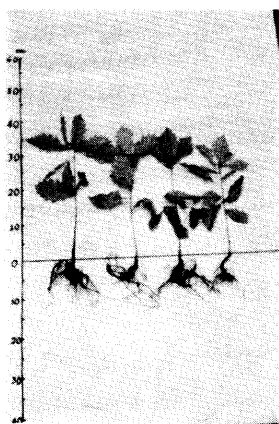


写真-3・5 3年生移植稚苗  
(良形質のもの)

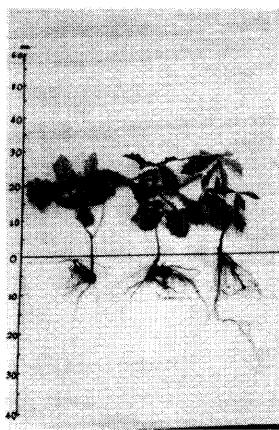


写真-3・6 3年生移植稚苗  
(不良形質のもの)

しかるに、不自然な根系になっても、そのなかには、写真-3・5に示すように地上部の形態が移植しない天然稚苗と同様に良好なものもあるが、移植稚苗約100本のうちほぼ半数は写真-3・6のように主軸が分岐して不良形質になっていた。宮崎<sup>48)</sup>が直根性の樹種のひとつであるアカマツについて試験研究したところによると、移植を繰返す程、地上部の生長がいじけてきて、いわゆる盆栽型を呈するようになるとしており、そのため

直根性の樹種はできるだけ床替の回数を少なくすること、すなわち1年生、あるいは1回床替または無床替のすえ置き2年生苗の山出しがよいと推測している。したがって、ミズナラについても、このような移植による形質不良化は、ポット使用などによる養苗方法あるいは植付方法の試験研究によって防止できる可能性はないとはいえない。それは写真-3・7<sup>49)</sup> および 3・8<sup>50)</sup> に示すように、デンマークにおけるナラの人工植栽林の立木形質をみると首肯されることである。

また、生長力については、写真-3・2と写真-3・5を比較すると天然稚苗が約40～50cm(年平均約15cm)であるのに対して、移植稚苗は30cm前後(年平均約10cm)であるから、前者の方が後者より大きくなっている。しかし、この結果のみからは、生長力が立地要因などの多くの要因に左右されることを考慮すると、稚苗段階の杭根切断による根系の不自然さが、長期にわたる生長過程を通じて、生長力を低下させると即断することは困難であ



写真-3-7 デンマークのナラ人工植栽林  
の林相 (近藤による<sup>49)</sup>)  
(オランダ産ナラの18年生造林地)



写真-3-8 デンマークのナラ人工植栽林の林相  
(近藤による<sup>50)</sup>)  
(除伐直後の林相)

り、そのいかんは今後の試験研究にまたねばならない。

以上の考察結果から判断すると、移植を必要とする植樹造林法をミズナラの構造材林造成に適用することは、経営上の観点からは別として、育林技術上の観点からは必ずしも不合理であるとは考えられず、適切な養苗方法あるいは植付方法が研究開発される可能性があることを考慮すると、将来はその適用の可能性は多分にあると考えておくのが妥当であろう。しかしながら、根系という観点のみからすれば、移植の必要がなく、根系の自然の発達が可能である天然下種更新法ないしは播種造林法が植樹造林法よりも、より適していることは明らかである。

## 2) 実生萌芽

ミズナラには、第2章第2節で前述したように、一旦種子から発芽して稚苗に発育しても、上木庇陰などのために生育環境が悪い場合には、冬期に地上部の一部あるいは全部だけが枯死して根系だけは生存し、翌春またその生存した実生稚苗の地上部あるいは地際の根系の一部から萌芽が発生するという樹性をもっている。このような萌芽は、枯損木・梢枯木などから発生する萌芽や伐根から発生する株萌芽・根萌芽とは異なり、小さな実生稚苗から発生する萌芽であって、いわゆる“実生萌芽”<sup>51)</sup>とよばれている。以上のように、ミズナラは、地上部のわずかずつの発育にもかかわらず、根系はかなりの長期にわたって生存しかつ発達しつづけるという根系の特性をもっているのである。

このようなミズナラの 実生萌芽は、伐期に近いミズナラ林の庇陰下において相当多くみられるが、それらを調査観察すると、写真-3-9 に示すように、地際から発生するもの(Ⓐ, Ⓒ)と生存している地上部から発生するもの(Ⓑ)とに2大別される。前者は、その根系の発達が比較的良好であり、上木が伐除されない場合はⒸのように地上部(3年生)の発達は、写真-3.2および3.3と比較すると明らかなように、きわめて悪いが、上木が伐除されるとその時点からは、Ⓐ(地上部は5年生)のように、写真-3.4と比較すると、実生稚苗とほぼ同様な生育過程をたどるものであり、更新上の観点からは、後継更新樹として活用できるとみなされる。それに対して、後者の根系は、Ⓑのように地上部はすでに7



年を経過しているにもかかわらず、その発達がきわめて悪く、上木庇陰の状態がそのまま持続すれば、近い将来に枯死してしまうものと推測されるときともに、たとえ上木が伐除されても、その時点からの旺盛な生長は期待できないものとみなされる。したがって、原則的には、地上部から発生している実生萌芽は、更新上の観点からは、後継更新樹となりうる可能性は比較的小さいものと考えられる。

以上のように、ミズナラの実生萌芽は、更新上後継樹となりうるものとなりえないものと2分されるから、ミズナラ林下に相当多く生育していても、それらがすべて後継更新樹として活用されえないため、原則として、実生萌芽のみを後継更新樹としてミズナラの構造材林造成を期待することは困難であると考えられる。

#### vi 稚幼期のミズナラ密立林分における優勢木

立木密度の異なったミズナラ稚幼林における優勢木の成立本数・生長力・形質を調査することによって、まず、ミズナラは密立林分においても優勢木を発生させる樹性を持ち、しかもその樹高生長力は相対的に疎立している林分から発生した優勢木と比較してほとんど差がないことを明らかに

する。ついで、立木密度の差異が優勢木の形質すなわち枝下高の形成・細枝性の維持・確定した頂軸の形質・通直な主幹の形成、および直径生長力にどのような影響を与えるかを究明する。さらに、以上の結果にもとづいて、稚幼期までの密立単層林造成の効果、および5年生前後における必要最少限の立木密度について若干の考察を試みることにする。

##### (1) 調査地の概況

調査地は、九州大学北海道演習林第9林班の山腹中部に成立しているミズナラ密立林分であって、1961年の山火によって更新した山火再生林である。この林分は、林分の平均木の形質生長といわゆる側圧効果（立木密度効果）との関係を調査するために設定したもので、その調査結果はすでに発表<sup>52)53)</sup>したが、ここでの調査は、この林分を利用して1969年6月に行なったものである。

この林分は、総面積0.1haで、1964年6月現在（4年生）でha当たり平均52,600本の密立状態を維持していたが、前述の林分平均木の形質生長と側圧効果を調査するために、0.02haずつに5等分されて5個の処理区（T）が設定され、ミズナラ以外の広葉樹およびミズナラの形質不良木を伐除することによって、樹高50cm以上の稚幼樹がそれぞれ

T<sub>i</sub>: ha当たり 11,400 本成立している

T<sub>e</sub>: ha当たり 15,400 本成立している

T<sub>b</sub>: ha当たり 22,900 本成立している

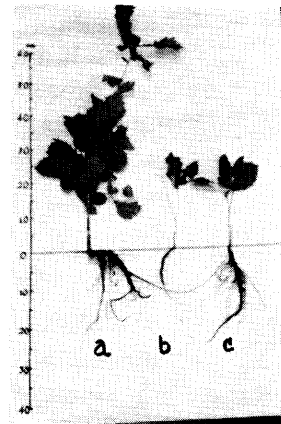


写真-3-9 ミズナラの実生萌芽の形態

- a: 裸地において地際から発生したもの（地上部5年生）
- b: 上木庇陰下において地上部から発生したもの（地上部7年生）
- c: 上木庇陰下において地際から発生したもの（地上部3年生）

T<sub>1</sub>: ha 当り 42,800 本成立している

T<sub>2</sub>: ha 当り 57,500 本成立している

ような状態に疎開処理された。その後、この優勢木に関する調査を実施した1969年6月までの5年間はそのまま放置され、9年生の林分になっている。

## (2) 調査方法

### 1) 優勢木の規定

優勢木とは、林冠の主要組成要素で、上層林冠を構成するもの<sup>54)</sup>とされているが、一般には、間伐を対象とした樹型級区分にもとづいて分別されるもので、まず樹高の高低(相対的樹高)によって大別され、ついで樹冠の拡張状態および樹幹の形質によって細分されている。<sup>54)</sup> ことに、樹冠および樹幹の状態を考慮することは、あくまでも間伐を対象としているからであると考えられるが、本調査の対象林分は、林令が9年生にすぎず、全く間伐を対象とする段階ではない。

したがって、本調査においては、間伐ないしは樹型級区分における優勢木の概念とは別に、9年生のミズナラ林の現実林相に適応した優勢木の規定を行なう必要がある。そこで、本調査においては、樹冠の拡張状態および樹幹の形質は一応考慮せず、主として樹高の高低(相対的樹高)によって規定するものとする。

現実の林相を観察すると、図-3-12 に示した模式図のとおりであって、上層林冠の垂直的な厚さは約2.0~2.5mあり、その上層林樹を構成している個々の上層木の樹冠位置には相当の差異がある。そこで、本調査では、模式図に示す④のように、上層林冠の最上部を構成している上層木で、しかもその頂軸(1968年に伸長した主幹の最頂部)が、それらの林冠面(現実にはかなりの凹凸はあるが)の上部から抜きんでているものを優勢木とする。

### 2) 各構成要素の測定方法

本調査地は、概況で前述したように、1処理区の面積は0.02ha(10m×20m)であるが、さらに各処理区とも0.005ha(10m×5m)に4等分し、このように細分された繰返しプロットごとに、本数を調査し、樹高・胸高直径・枝張・枝下高をつぎのような方法で測定した。

①樹高は、伐倒してcm単位で測定した。

②胸高直径は、地上1.3m高の直径をmm単位で測定した。

③枝張は、主幹からの水平距離を対象とした。すなわち、伐倒後、枝張状態を充分検討して、まず最大枝張半径を測定し、その枝条と一定方向の直角の位置にある枝張半径を測定してその平均枝張半径をもって測定値とした。なお、測定はcm単位で行なった。

④枝下高は、半枯死枝までの高さとした。すなわち、まだ主幹に着生してはいるが、手で軽く払下げた程度で主幹との着生部から脱落する枯枝と、外見上は枯死状態であるが、前

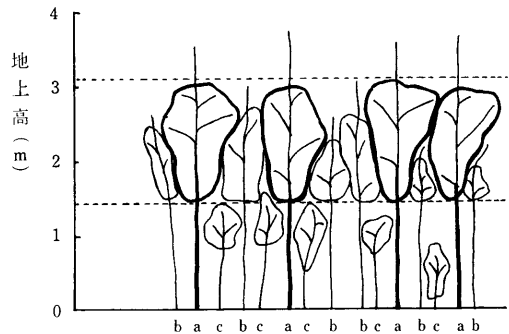


図-3-12 優勢木の模式図

a: 優勢木

b: 上層木

c: 下層木

述のような程度では脱落しない半枯死枝があったが、本調査では後者の枝までの主幹の長さを枝下高とし、cm単位で測定した。

### (3) 調査結果および分析

#### 1) 発生状態

優勢木の発生は、9年生現在の図-3・12に示す⑥のような優勢木以外の上層林冠構成木（以下上層木という）に密接な関連性があることは明らかであるから、優勢木と上層木の成立本数の関係を明らかにする必要がある。そこで、優勢木の本数とともに、上層木の本数もあわせて調査することにした。

両者の本数調査にあたっては、各処理区とも、上層林冠が形成されており、しかもその中で優勢木と判定されるものを分別することができたが、各処理区ごとには優勢木の立木状態あるいは上層林冠の構成状態に差異があるから、調査に入るまえに、各処理区ごとに全体をよく観察して全般的な傾向を把握することにつとめ、各処理区ごとに優勢木および上層木の一定の標準を想定し、本数調査を実行した。したがって、調査結果は、各処理区ごとの優勢木あるいは上層木であるといえる。

以上のような観点から、各処理区を4等分した4個の繰返しプロット（50m<sup>2</sup>）ごとに、優勢木および上層木を調査したが、その結果を5年前の4年生当時の全成立本数と対比させて示すと表-3・7のとおりである。なお、上層木の調査結果はそのまま示さず、優勢木と合計して全上層木（すなわち優勢木と上層木を合計した全上層林冠構成木）の中にも含めることにした。

表-3・7 優勢木と全上層木の本数（50m<sup>2</sup> 当り・本）

処理区 (T)	4年生当時の 総成立本数 (ha当り・本)	立木別	繰返 し				平 均
			1	2	3	4	
T <sub>1</sub>	11,400	優 勢 木	38	33	28	26	31
		全上層木	63	51	55	38	52
T <sub>2</sub>	15,400	優 勢 木	40	32	32	29	33
		全上層木	75	77	63	58	68
T <sub>3</sub>	22,900	優 勢 木	39	43	37	46	41
		全上層木	95	89	76	87	87
T <sub>4</sub>	42,800	優 勢 木	52	58	58	59	57
		全上層木	119	124	116	114	118
T <sub>5</sub>	57,500	優 勢 木	75	73	75	64	72
		全上層木	127	136	161	129	138

表-3・7の結果をみると、優勢木の発生本数は、全上層木本数が増加するにつれて増加する傾向があり、両者の関係を、ともにha当りに換算して図示すると図-3・13のとおりであって、両者の間には一次の回帰式が成立するものと想定される。そこで、最小自乗法により回帰式を求めると(3・2)式のとおりであって、回帰の有意性を検定したところ、表-3・8に示すように有意であることがわかった。なお、相関係数(r)は0.983であって、両者の相関はきわめて高いといえる。

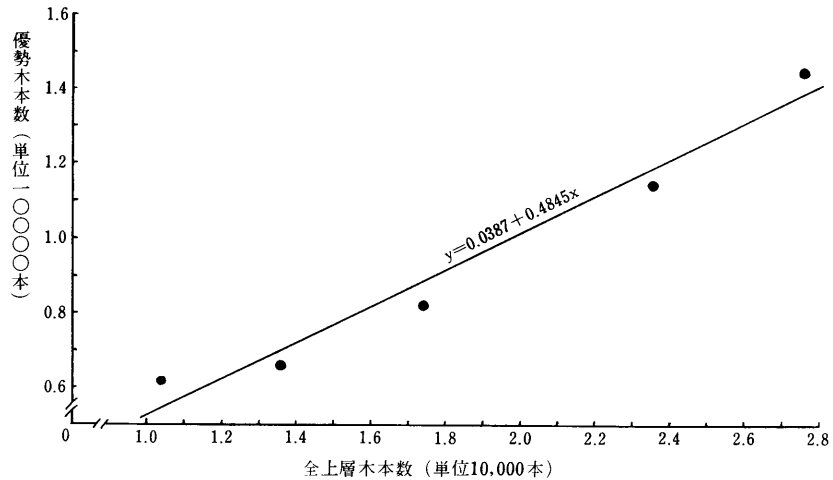


図-3-13 優勢木本数と全上層木本数の関係

表-3-8 回帰(3-2式)の有意性検定

要因	平方和	自由度	平方平均	t
回帰	0.4685	1	0.4685	9.23** > t <sub>0.01</sub> = 5.84
誤差	0.0166	3	0.0055	
全体	0.4851	4		

\*\*印：1%の危険率での有意を示す。

$$y = 0.0387 + 0.4845x \cdots \cdots (r = 0.983) \cdots \cdots (3-2)$$

y: 優勢木本数 (単位 10,000本)

x: 全上層木本数 (単位 10,000本)

したがって、優勢木の発生は全上層木本数と密接な関連性があり、(3-2)式の一次の項の係数は約0.5であるから、一般的な傾向としては、全上層木本数が約10,000~28,000本の範囲においては、優勢木は、つねに全上層木の約半数を占めるような比率で発生するものと推定される。

## 2) 生長力

以上のように、密立林分の中からでも、相対的に優勢木と認められる立木は発生するのである。そこで、その優勢木は、その成立状態より相対的に疎立している林分から発生した優勢木と比較して、生長力すなわち樹高生長力および直径生長力が劣っているかどうかをここで検討してみたい。ただし、生長力は年平均生長量ではなく、9年生現在の樹高および直径そのもので表わすものとする。

表-3-7の優勢木発生本数をみると、Ⅱ区が最も少なく、26~38本であるから、同一本数について分析・検討するため、各処理区とも、それぞれの繰返しプロット内で樹高の高い順から25本ずつ抽出し、その樹高および胸高直径を測定した。したがって、各処理区間の樹高および胸高直径の比較は、すべての優勢木についてではなく、以上のようにして抽出

された100本 (=25本×4プロット) の優勢木について行なうことになる。

### ①樹 高

繰返しプロットごとに25本の樹高を測定した結果を各処理区ごとに本数を合計し、100本ずつの優勢木の樹高について、平均樹高・標準偏差・変動係数を求めて、各処理区の4年生当時の総成立本数と対比して示すと図-3-14のとおりである。

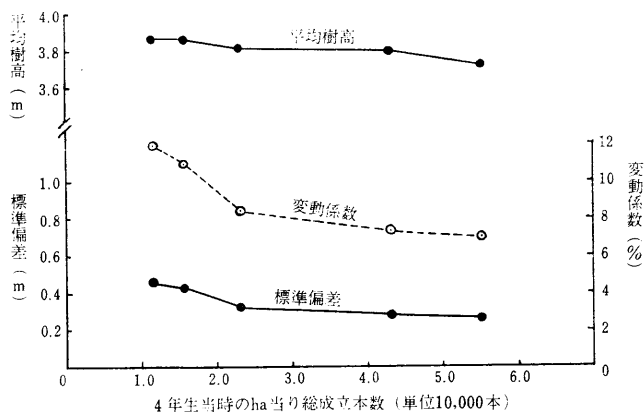


図-3-14 優勢木の平均樹高，標準偏差，変動係数と4年生当時の総成立本数との関係

まず、図-3-14の標準偏差と変動係数についてみると、4年生当時の総成立本数が多くなるにつれて、両者ともしだいに減少していることから、明らかに樹高のちらばりは少なくなっていくことがわかる。したがって、4年生当時の密立林分から発生した優勢木の樹高は、相対的に疎立状態にあった林分から発生した優勢木に比較して均一性とみ、抜きんでて高いものはなく、一方極度に小さいものもないということが認められる。なお、標準偏差および変動係数とも、ha当り11,400~22,900本までの間では減少率は大きいですが、それ以上の範囲では相対的に小さくなる傾向が認められ、22,900本以上の場合は、本数が多くなってもちらばりの割合は大きく変化しないことを示している。

以上のような樹高の分布状態にあるため、密立林分から発生した優勢木には、樹高の高いものが比較的少ないにもかかわらず、その平均樹高は図-3-14をみると、相対的に疎立状態にある林分と比較して、それほど大きくは低下していないことがわかる。すなわち、4年生当時の総成立本数が多くなるにつれて、平均樹高はわずかず減少していく傾向は認められるが、しかしha当り50,000~60,000本の密立林分から発生した優勢木の平均樹高は、10,000本前後の疎立林分から発生した優勢木のそれと比較しても、9年間(疎開処理後では5年間)に約15cm低下する程度であって、大差はないものと認められる。また、樹高測定の結果を、各処理区とも25本ずつの繰返しプロットごとに分け、その平均値を示すと表-3-9のとおりであり、この結果について、完全無作為配置法により分散分析すると表-3-10のとおりであって、各処理区相互間の平均樹高の差は有意でないという結果を得たことから首肯される。

したがって、ha当り50,000~60,000本の密立林分から発生した優勢木と、10,000本前

表-3-9 樹高 (m)

処 理 区 (T)	4年生当時の 総成立本数 (ha当り・本)	繰 返 し				平 均
		1	2	3	4	
T <sub>1</sub>	11,400	3.80	3.91	3.85	3.85	3.85
T <sub>2</sub>	15,400	3.87	3.81	3.76	3.92	3.84
T <sub>3</sub>	22,900	3.84	3.78	3.85	3.78	3.81
T <sub>4</sub>	42,800	3.59	3.77	3.87	3.94	3.79
T <sub>5</sub>	57,500	3.56	3.73	3.77	3.88	3.74
平 均	—	3.63	3.80	3.82	3.87	—

表-3-10 樹高の分散分析

要 因	平方和	自由度	平方平均	分 散 比
処 理	0.0348	4	0.0087	0.89 < F <sub>0.05</sub> = 3.06
誤 差	0.1471	15	0.0098	
全 体	0.1819	19		

後の相対的な疎立林分から発生した優勢木のうち、ともに最上層林冠を構成しているものを同一本数に限定して比較した場合は、前者の樹高生長力は、後者とほとんど差異はないものと認められる。

### ②直 径

樹高の場合と同様にして、各処理区の平均胸高直径を求めて図示すると図-3-15 のとおりであり、樹高の場合と同様に、4年生当時の総成立本数が多くなるにつれて、胸高直径は低下する傾向を示す。しかし、ha当り10,000本前後から15,000本前後までの間では、ことに低下率が大きく、15,000本前後から50,000~60,000本の範囲では低下率は相対的に小さくなり、しかもほぼ一定となっている。

そこで樹高の場合と同様にして、胸高直径の測定結果を、表-3-11のように繰返しプロットごとに分け、分散分析すると表-3-12のとおりあり、各処理区相互間の平均胸高直径には有意差が認められた。さらに、この結果にもとづき、最小有意差 (Least Significant Difference: LSD) を求めて、各処理区間ごとの有意性を検定すると表-3-13のとおりであり、T<sub>2</sub>区とT<sub>5</sub>区との間にも有意差はあるが、ことにT<sub>1</sub>区と他のすべての処理区との間に有意差があるという結果を得た。

したがって、ha当り15,000~60,000本の林分から発生した優勢木の平均胸高直径は、10,000本の林分から発生した優勢木のそれよりも小さく、しかも本数が多くなるにつれてしだいに低下してゆくものと認められる。この結果から、樹高生長力が立木密度によってほとんど低下しないのに対して、優勢木であっても、その直径生長力は立木密度によって影響され、立木密度が大きくなるにつれて小さくなるものと認められる。

### 3) 形 質

稚幼期の林分における密立状態、ことに上層林冠構成木の密立状態が優勢木の形質、すなわち枝下高の形成・枝張の抑制・主幹の通直度・頂軸の垂直度(ないしは確定度)にど

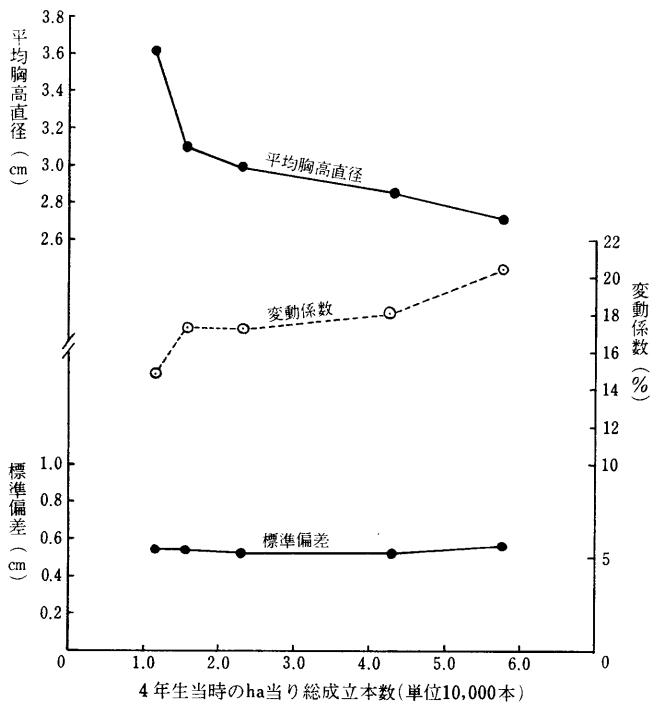


図-3-15 優勢木の平均胸高直径，標準偏差，変動係数と4年生当時の総成立本数との関係

表-3-11 胸高直径 (cm)

処理区 (T)	4年生当時の総成立本数 (ha当り・本)	繰返し				平均
		1	2	3	4	
T <sub>1</sub>	11,400	3.5	3.7	3.5	3.6	3.6
T <sub>2</sub>	15,400	3.2	3.1	3.0	3.0	3.1
T <sub>3</sub>	22,900	3.2	2.7	2.9	3.0	3.0
T <sub>4</sub>	42,800	2.5	2.7	2.8	3.2	2.8
T <sub>5</sub>	57,500	2.5	2.3	2.7	3.1	2.7
平均	—	3.0	2.9	3.0	3.2	—

表-3-12 胸高直径の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
処理差	2.003	4	0.501	9.45** > F <sub>0.01</sub> = 4.89
誤差	0.795	15	0.053	
全体	2.798	19		

表-3-13 胸高直径の各処理区間の有意差検定

T <sub>i</sub>	$\bar{T}_i$	$\bar{T}_i-2.7$	$\bar{T}_i-2.8$	$\bar{T}_i-3.0$	$\bar{T}_i-3.1$
T <sub>1</sub>	3.6	0.9**	0.8**	0.6**	0.5**
T <sub>2</sub>	3.1	0.4*	0.3	0.1	
T <sub>3</sub>	3.0	0.3	0.2		
T <sub>4</sub>	2.8	0.1			
T <sub>5</sub>	2.7				

$$\text{注} \quad \text{LSD}_{0.05} = \sqrt{0.053/4} \times \sqrt{2} \times t_{0.05} = 0.34$$

$$\text{LSD}_{0.01} = \sqrt{0.053/4} \times \sqrt{2} \times t_{0.01} = 0.47$$

\* 印: 5%の危険率で有意

のような影響を与えるかについて検討する。

枝下高と枝張については、各処理区の4回繰返しプロットごとに、樹高・直径を測定した同一優勢木を対象として測定し、その測定値と全上層木本数との関係を検討する。また、主幹・頂軸については実測しなかったため、その実態を写真で示すことにより、観察の結果を明らかにしたい。

#### ①枝下高

各処理区の4個の繰返しプロットごとに平均値を示すと表-3-14のとおりであって、この結果について、樹高の場合と同様にして分散分析すると表-3-15のとおりである。この結果によれば、処理項には有意差が認められ、9年生現在の全上層木本数が優勢木の枝下高形成に影響をおよぼしていることがわかる。

表-3-14 枝下高 (cm)

処理区 (T)	9年生現在の 全上層木本数 (ha当り・本)	繰 返 し				平 均
		1	2	3	4	
T <sub>1</sub>	10,400	116	113	138	125	123
T <sub>2</sub>	13,600	121	118	134	135	127
T <sub>3</sub>	16,400	149	162	153	148	153
T <sub>4</sub>	23,600	160	157	156	154	157
T <sub>5</sub>	27,600	177	163	157	155	163
平均	—	145	143	148	143	—

表-3-15 枝下高の分散分析

要 因	平方和	自由度	平方平均	分 散 比
処 理 区	5,367.50	4	1,341.88	19.55** > F <sub>0.01</sub> = 4.89
誤 差	1,029.50	15	68.63	
全 体	6,397.00	19		

しかし、各処理区の平均枝下高と9年生現在における全上層木本数の関係をみると、ha当り10,400本と13,600本の処理区間には大きな差はなく、また16,400本以上の各処理区間



においても同様であって、大差があるのは前者の2処理区と後者の3処理区の間のみであるとみなされる。この傾向は、各処理区間の差の有意性検定を行なった表-3-16にみられるように、 $T_1 \cdot T_2$ の2処理区と $T_3 \cdot T_4 \cdot T_5$ の3処理区の間にも有意差があることから首肯される。

表-3.16 枝下高の各処理区間の有意差検定

$T_i$	$T_i$	$T_{i-163}$	$T_{i-157}$	$T_{i-153}$	$T_{i-127}$
$T_1$	123	40**	34**	30**	4
$T_2$	127	36**	30**	26**	
$T_3$	153	10	4		
$T_4$	157	6			
$T_5$	163				

注  $LSD_{0.05} = \sqrt{68.63/4} \times \sqrt{2} \times t_{0.05} = 13$

$LSD_{0.01} = \sqrt{68.63/4} \times \sqrt{2} \times t_{0.01} = 18$

したがって、概括的にみると、優勢木の枝下高の形成は、全上層木本数が多くなるともなって促進される傾向があるといえるが、しかし、全上層木本数がha当り約16,000本以上になると、それ以上に本数が多くなっても枝下高の形成がより促進されるという傾向は認められない。

## ②枝 張

枝下高と同様にして、枝張の測定結果を示すと表-3-17のとおりであり、この結果を枝下高の場合と同様にして分散分析すると表-3-18に示すとおりである。この結果によれば、処理項には有意差が認められ、9年生現在の全上層木本数が優勢木の枝張に影響をおよぼしていることがわかる。

表-3.17 枝 張 (cm)

処 理 区 (T)	9年生現在の 全上層木本数 (ha当り・本)	繰 返 し				平 均
		1	2	3	4	
$T_1$	10,400	74	76	69	74	73
$T_2$	13,600	66	63	64	63	64
$T_3$	16,400	54	50	53	58	54
$T_4$	23,600	49	52	52	55	52
$T_5$	27,600	52	48	53	52	51
平 均	—	59	58	58	60	—

表-3.18 枝 張 の 分 散 分 析

要 因	平 方 和	自 由 度	平 方 平 均	分 散 比
処 理 誤 差	1,456.30	4	364.58	55.66** > $F_{0.01} = 4.89$
全 体	98.25	15	6.55	
全 体	1,556.55	19		

しかし、各処理区の平均枝張と全上層木本数の関係をみると、ha当り10,400本から16,400本までの間では、各処理区間に大きな差があり、16,400本以上の各処理区の差はきわ

めて小さくなっている。この傾向は、各処理区間の差の有意性検定を行なった表-3・19 にみられるように、 $T_1 \cdot T_2 \cdot T_3$ の各処理区間に有意差があり、 $T_3 \cdot T_4 \cdot T_5$ の各処理区間には有意差がないことから首肯される。

表-3・19 枝張の各処理区間の有意差検定

$T_i$	$\bar{T}_i$	$\bar{T}_{i-51}$	$\bar{T}_{i-52}$	$\bar{T}_{i-54}$	$\bar{T}_{i-64}$
$T_1$	73	22**	21**	19**	9**
$T_2$	64	13**	12**	10**	
$T_3$	54	3	2		
$T_4$	52	1			
$T_5$	51				

$$\text{LSD}_{0.05} = \sqrt{6.55/4} \times \sqrt{2} \times t_{0.05} = 3.9$$

$$\text{LSD}_{0.01} = \sqrt{6.55/4} \times \sqrt{2} \times t_{0.01} = 5.5$$

したがって、概括的には、優勢木の枝張の拡張は、全上層木本数が多くなるのにもなって抑制される傾向があるといえる。しかし、全上層木本数がha当り約16,000本以上になると、それ以上に本数が多くなっても、枝張の拡張がより抑制されるという傾向は認められない。

### ③主幹と頂軸

ここでは、具体的な測定値にもとづくものではなく、概括的な観察にもとづき、写真を示すことによって検討する方法をとるから、すべての処理区についてではなく、全上層木本数が最も少ないha当り10,400本の処理区（以下疎立林分という）と最も多い27,600本の処理区（以下密立林分という）の両極端な場合についてのみ検討するにとどめたい。

そこで、両林分における平均的な優勢木の立木状態を写真で示すと写真-3・10 および3・11（いずれも立木状態を明確にするため、周囲の立木を多少伐除して撮影したもの）のとおりであり、さらに写真-3・11の立木状態をより明確にするため、伐倒して疎開地で撮影したものが写真-3・12である。



写真-3・10 疎立林分の優勢木の立木状態  
(↑印より上部が頂軸)



写真-3・11 密立林分の優勢木の立木状態  
(●印から●印までの立木)

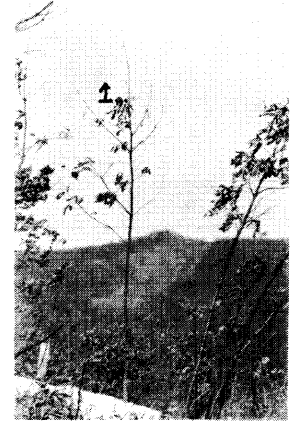


写真-3・12 密立林分の優勢木の形態  
(写真-3・11と同一立木で、↑印から上部が頂軸)

まず、枝下以下における主幹下部の通直度については、両林分の差異はほとんどないと認められる。また、枝下高以上の主幹上部についても、概括的な観察では、あまり差異はないようにみれるが、しかしながら、細部について観察すると、同一立木の主幹上部のみを示した写真-3-13および3-14にみられるように、疎立林分においては曲りの程度が大きいものに対して、密立林分では相対的に頂軸にいたるまで通直度が高いといえよう。

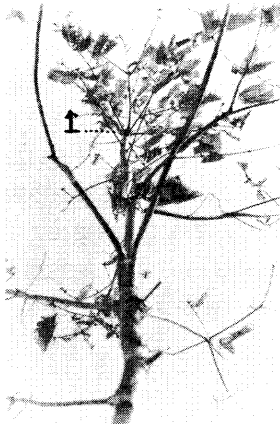


写真-3-13 疎立林分の優勢木の主幹上部  
(写真-3-10と同一立木で、↑印から上部が頂軸)

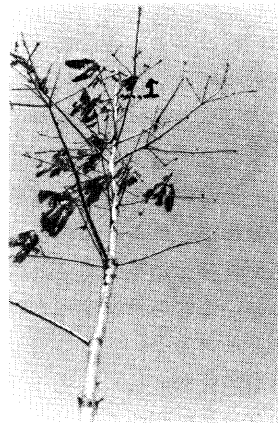


写真-3-14 密立林分の優勢木の主幹上部  
(写真-3-11と同一立木で、↑印から上部が頂軸)

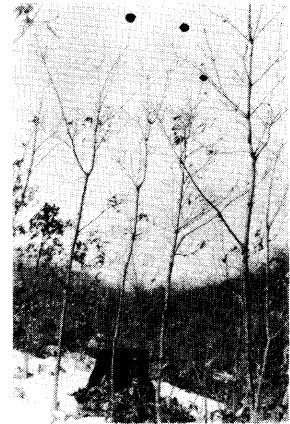


写真-3-15 疎立林分の傾斜頂軸の状態  
(●印は傾斜頂軸の先端)

つぎに、頂軸の垂直度ないしはそれと関連する確定度については、写真-3-10および3-13の疎立林分の場合が的確に示されていないが、以上のすべての写真をみると、両林分の差異はある程度は認められ、確定度については大きな差異はないが、通直度についてはかなりの差異があり、密立林分の方が通直度は高いとみなされる。また、現実林の観察によっても、写真-3-15に示すような頂軸が垂直でない優勢木の数は疎立林分の方が多かった。

以上のように、全上層木本数は、優勢木の主幹（ことに主幹上部）の通直度に影響をおよぼすとともに、頂軸の垂直度にも影響をおよぼすものと推測され、全上層木本数が多くなると、相対的に主幹の通直度および頂軸の垂直度も高くなる傾向があり、優良形質の促進上効果的であると考えられる。

#### (4) 考 察

##### 1) ミズナラの密立単層一斉林造成の効果

本調査の対象林分は、稚幼期とはいっても、林令が9年生のみであり、地域的にも一個所にすぎないから、稚幼期（稚樹の段階から、胸高直径6cm未満の一般に材積表示のない幼樹までの段階とする）全般について即断するのは危険であるかもしれないが、他の林令あるいは他の地域の稚幼林分を観察すると、以上の検討で認められた傾向はおおむね首肯されるものとしてきしつかえない。

したがって、北海道産のミズナラは、稚幼期の密立林分からも優勢木は発生することが実証され、その発生率は、本調査の対象とした9年生林分では、全上層木の約半数を占め

る程度であると推測される。また、密立林分から発生する優勢木の樹高生長力は、疎立林分（相対的）から発生したものと比較して大きく低下することはないことも実証された。さらに、形質についても、枝下高形成の促進、枝張拡張の抑制（すなわち細枝性の保持）、通直主幹の形成、垂直頂軸の形成に対して、密立林分の構成は有効であると推測される。

ところで、第1章第3節ですでにのべたように、ミズナラ構造材林の育林技術上の基本的要件の第1は、更新期において密立更新樹を確保することであり、第2には稚幼期までにおいて上層林冠を単層一斉状態に構成することであるが、このように稚幼期までに密立単層一斉林を造成するという技術的手段は、長期にわたる生育過程を通じて残存する可能性のある優勢稚幼樹の優良形質養成を主目的としたものであることはいうまでもない。しかし一方、稚幼期の密立林分から果たして優勢木そのものが発生するかどうか、さらにはたとえ優勢木が発生したとしても、その樹高生長力が大きく低下して育林技術上支障を生じるのではないかということが想定される。しかるに、以上の調査の検討結果によって、稚幼期までにおいて密立単層一斉林を造成することは、育林技術上からは、稚幼期までは肥大生長促進に主眼がおかれなことを考慮すると、ミズナラに関する限り支障はなく、むしろ有効な技術的手段であるといえる。

## 2) 5年生前後の必要最少限の稚樹成立密度

立木密度と優勢木の各林木構成要素との関係を総括的に検討してみると（ただし、立木密度は、5年前の4年生当時におけるha当り総成立本数とし、枝下高および枝張については、9年生現在の全上層木本数を図-3・13によって4年生当時の総成立本数になおして考え、以下成立本数という）、ある成立本数の範囲では、その要素がほぼ一定ないしはその差が小さくなる傾向がある。すなわち、

- ①樹高生長は、成立本数にほとんど影響されずほぼ一定であり、また樹高のちらばりは、約23,000本以上になるとほぼ一定となる。
- ②直径生長は、約15,000本以上になると、成立本数に大きく影響されず、あまり小さくならない。
- ③枝下高形成は、約11,000～23,000本の範囲で成立本数が多くなると促進されるが、23,000本以上になると、本数が多くなってもその形成がより促進されることはあまり期待できない。
- ④枝張拡張は、枝下高とほぼ逆の傾向を示し、約11,000～23,000本の範囲で成立本数が多くなると抑制されるが、23,000本以上になると、本数が多くなってもその拡張がより抑制されることはあまり期待できない。
- ⑤主幹の通直度および頂軸の垂直度（ないしは確定度）については、成立本数が多くなるのにもなって、いずれもその程度が大きくなるものと推測される。

以上の傾向から、稚幼期の林分においては、主幹と頂軸の状態が不明確ではあるが、樹高生長は成立本数にほとんど影響されず、直径生長は、育林技術上、この過程においては重視されないことを考慮すると、枝下高・枝張が、ともに23,000本以上になっても、育林技術上、より好結果を期待することが困難であるといえよう。

この結果から、ミズナラの構造材林造成においては、4年生林分で少なくともha当り約23,000本、さらに安全率を考慮すると、基準的には5年生前後の林分で、少なくともha

当り約30,000本程度の成立本数を確保することがのぞましいと考えることができる。この基準的な稚樹成立密度は、天然下種更新によりミズナラの構造材林造成をはかる場合において、更新当初の林面における必要最小限の稚苗発生密度を推定するときの基礎資料のひとつとなるとともに、稚樹刈出という育林手段の施行が必要か否かを判断する場合の、育林技術上の一応の基準にもなるものである。

## vii ミズナラ林の生長推移

13～145年生のミズナラ天然生林を対象として、上層木および下層木別に成立本数・樹高・胸高直径・枝下高・材積を調査することにより、ミズナラ林の高令化にともなう生長推移をドイツのナラ施業林の場合と比較しながら明らかにして、その結果にもとづいて、天然下種更新地における更新当初の必要最少限の稚苗発生密度、上層間伐の開始期、および主伐期における林分構成と収穫目標について考察を試みることにする。

なお、収穫目標について考察するにあたっては、当然伐期令についても検討しなければならないが、第2章第4節ですでにのべたように、ここでは150年であることを前提とする。

### (1) 調査方法

#### 1) 調査林分の選定

天然生のミズナラ林分を対象とし、そのうち、稚幼期までは密立更新樹の確保、上層木林冠の単層一斉状態の構成を目的として育林手段が施行された場合に到達するものと予想される優良林分を選定した。

したがって、選定された林分は、ミズナラの構造材林として、稚幼期までは正常な育林手段が施行されたが、壮令期以後には除伐・枝打・間伐などの育林手段が全く施行されなかったと想定される林分であるといえる。

#### 2) 上層木と下層木の区分

上層木とは、上層林冠構成木とし、それらの上層木によって形成される林分の平均枝下高以下に樹冠の全部あるいは大部分が位置する立木をすべて下層木とした。なお、中層木としては区分せず、下層木の中に含めるものとする。

#### 3) ミズナラとミズナラ以外の広葉樹

ここでの調査林分は、ミズナラの構造材林と想定されるものであるから、当然ミズナラの純林状態を呈しているものであることはいままでもない。しかしながら、純林状態といっても天然生林であるから、ミズナラ以外の広葉樹、たとえばイタヤカエデ・センノキ・シラカンバなどがある程度は混入している。ことに、混入率の大きいのは下層木であって、上層木については混入率は小さく、15%以内である。

そこで、これらのミズナラ以外の広葉樹も、すべてミズナラの蓄積に加えるものとし、調査結果において、上層木・全立木の混入率を明示する程度にとどめるものとする。

#### 4) 調査・測定方法

①林令は、各調査林分における上層木のみを対象とし、その平均胸高断面積を求め、それに相当する胸高直径の上層木を伐倒して、地上高0.3mの位置の年輪数をもって林令とした。ただし、ほぼ90年以上の林分においては、年輪が明確でなかったから、その場合は5年括約程度にせざるを得なかった。

②成立本数は、樹高のいかんにかかわらず、胸高直径1.5cm以上のものを有効本数の対象とし、上層木と下層木に区分した。

③樹高は、上層木のうちのミズナラのみを対象として、10本に1本の割合で0.1m単位まで測定することを原則としたが、樹高の高い場合は0.5m単位程度にせざるを得ない場合もあった。なお、10m前後の樹高まではポールにより、それ以上の場合はアルティレベルで測定した。

④枝下高は、上層木のみを対象として樹高の測定木と同一立木を測定し、ポールを用いて0.1m単位まで読みとった。なお、不定芽の発生しているものもあったが、それらはその後の生育過程で枯死するものと想定し、不定芽までの高さを枝下高とはしなかった。

⑤胸高直径は、地上高1.3mの位置の直径を直径巻尺を用いて0.1cm単位で毎木測定した。

⑥材積は、北海道立木幹材積表<sup>55)</sup>にもとづいて求めたが、この材積表示は2cm括約であるから、5mm括約にして1.5cm以上の全立木について材積を求めた。

## (2) 調査結果

九州大学北海道演習林内で調査した林分は46個所であり、それらの林分構成の調査結果を林令とともに示すと表-3-20のとおりである。まず、全立木の胸高直径と林令の関係をみると、林令の高令化にともなって、胸高直径はしだいに大きくなる傾向はある程度認められるが、下層木の成立本数によって全立木の胸高直径が影響されるため、明確な傾向は認めにくい。しかし、上層木のみ胸高直径は林令との関係が比較的明確である。また一方、上層木との関係から、上層木の胸高直径の林令による推移が重視されることにもなる。したがって、ここでは、胸高直径については、主として上層木と林令の関係を検討する。

表-3-20 ミズナラの林分構成

調査 林 No	位 置 (林班)	斜面 方位	面 積 (ha)	林令 (年)	平均樹 高 (m)	平均枝 下高 (m)	平均胸高直径(cm)			ha当り本数(本)			ha当り材積(m <sup>3</sup> )			他樹種 混入率 (%)
							上層木	下層木	全立木	上層木	下層木	全立木	上層木	下層木	全立木	
1	5	南西	0.021	13	6.4	3.0	4.2	1.9	3.2	6,524	4,762	11,286	46.19	4.33	50.52	8(7)
2	5	南西	0.022	13	6.3	2.8	3.9	1.5	2.7	6,000	6,136	12,136	33.68	4.41	38.09	16(14)
3	3	北	0.017	16	7.4	4.3	5.5	2.0	3.5	4,765	6,412	11,177	55.82	8.12	63.94	21(11)
4	3	北	0.014	16	7.1	4.0	5.1	2.2	3.5	4,786	5,429	10,215	46.93	8.64	55.57	11(10)
5	5	南西	0.022	18	8.0	3.7	6.2	2.6	4.1	4,045	5,500	9,545	62.95	12.82	75.77	16(15)
6	3	北	0.017	18	8.5	3.9	6.6	2.2	4.0	4,000	5,706	9,706	68.76	10.71	79.47	8(4)
7	5	南西	0.019	21	9.7	4.8	6.2	2.5	3.9	3,947	6,579	10,526	64.63	13.58	78.21	4(4)
8	5	南西	0.019	21	9.4	5.0	6.3	2.1	3.7	4,105	6,474	10,579	63.42	10.74	74.16	6(4)
9	3	北	0.014	21	10.1	5.3	6.4	2.7	4.8	3,857	2,929	6,786	62.64	6.36	69.00	16(13)
10	3	北東	0.031	22	9.5	5.2	6.6	3.4	5.7	3,129	1,226	4,355	57.90	4.48	62.38	7(8)
11	5	西	0.034	23	9.2	5.9	6.0	2.7	4.8	3,529	2,088	5,617	58.76	4.24	63.00	5(4)
12	4	東	0.064	27	11.3	6.2	10.2	3.2	7.5	2,143	1,349	3,492	89.60	4.09	93.69	11(12)
13	4	東	0.064	27	11.4	6.5	10.7	5.4	8.4	1,714	1,297	3,011	86.39	14.55	100.94	6(4)
14	5	西	0.034	28	10.2	6.8	8.4	4.2	7.0	2,353	1,235	3,588	78.50	7.47	85.97	7(5)
15	1	北西	0.120	30	12.1	6.7	12.8	6.8	10.2	1,317	967	2,284	103.06	18.34	121.40	5(6)
16	4	東	0.064	32	12.6	6.5	12.5	5.0	8.5	1,563	1,571	3,134	115.13	15.19	130.32	10(8)
17	1	北西	0.120	35	13.6	7.1	14.2	8.3	12.8	1,258	408	1,666	127.38	11.78	139.16	6(6)

18	8	南西	0.120	35	13.2	6.7	14.4	6.0	10.0	1,017	1,133	2,150	108.61	16.07	124.68	5(3)
19	1	北西	0.120	40	15.1	7.5	15.3	9.5	14.1	1,225	317	1,542	151.23	12.24	163.47	6(6)
20	8	南西	0.120	40	14.8	7.2	15.3	6.7	10.8	950	1,075	2,025	127.10	19.55	146.65	5(3)
21	3	北東	0.053	40	15.9	7.8	15.8	5.5	10.2	1,000	1,170	2,170	137.28	14.19	151.47	8(11)
22	1	南東	0.100	45	15.8	8.1	16.1	8.4	13.7	1,280	570	1,850	176.37	17.00	193.37	8(7)
23	8	南西	0.120	45	15.6	7.9	16.6	8.2	14.3	908	350	1,258	147.97	9.71	157.68	3(2)
24	3	北東	0.053	45	16.9	7.2	18.5	7.3	12.0	774	1,075	1,849	152.06	26.34	178.40	6(9)
25	20	南	0.156	50	16.0	7.7	18.1	7.4	14.3	1,064	577	1,641	201.99	15.38	217.37	15(8)
26	29	南	0.108	55	16.8	8.1	18.7	8.0	15.0	1,037	537	1,574	202.69	16.85	219.54	5(2)
27	20	南西	0.111	56	16.7	7.3	19.6	7.3	12.9	1,089	1,162	2,261	196.71	32.66	229.37	25(7)
28	20	南	0.099	56	17.5	7.7	22.1	8.4	15.4	687	656	1,343	205.32	24.24	229.49	27(11)
29	20	南西	0.136	56	18.8	7.9	21.7	8.4	15.5	691	603	1,294	198.53	20.88	219.41	34(14)
30	20	西	0.161	56	17.3	8.2	22.6	4.9	13.7	571	578	1,149	178.14	8.38	186.52	31(9)
31	14	南西	0.164	59	18.0	8.6	20.9	9.4	16.9	744	396	1,140	193.48	16.34	209.82	12(13)
32	19	南東	0.217	59	19.0	9.1	20.3	8.5	15.7	770	497	1,267	190.32	17.05	207.37	22(14)
33	21	南東	0.086	65	18.5	8.0	21.1	9.3	15.0	820	887	1,707	218.16	38.36	256.52	20(10)
34	30	北東	0.137	70	19.5	7.9	23.9	8.5	17.6	657	453	1,110	228.39	15.69	244.08	31(10)
35	13	東	0.060	75	19.5	8.8	29.2	7.7	17.4	467	564	1,030	276.03	10.15	286.18	27(12)
36	8	南西	0.263	90	20.5	9.5	32.4	5.0	20.6	372	304	676	280.91	7.57	288.48	25(0)
37	8	南西	0.220	90	22.0	8.5	31.8	3.9	19.2	432	359	791	314.45	2.77	317.22	30(0)
38	16	南西	0.164	100	21.5	9.0	33.7	4.7	21.6	466	332	798	335.20	4.74	339.94	17(4)
39	7	南西	0.217	120	22.5	9.5	36.4	6.3	27.2	312	130	442	340.25	3.32	343.57	8(0)
40	7	南西	0.283	130	24.0	9.0	37.5	4.2	18.0	290	391	689	338.52	3.75	342.27	25(0)
41	13	北東	0.137	135	23.0	9.4	37.0	7.7	25.6	358	226	584	351.64	9.56	361.20	48(11)
42	13	北	0.443	135	23.5	9.7	37.8	6.1	23.5	352	289	641	372.18	9.05	381.23	47(9)
43	6	北東	0.168	140	23.0	9.8	36.5	4.2	16.1	404	696	1,100	370.60	9.70	380.30	31(3)
44	6	北東	0.223	140	24.0	10.6	35.2	3.3	10.7	422	960	1,382	358.00	6.68	364.68	61(1)
45	8	北東	0.225	140	23.5	9.6	35.8	4.3	17.4	396	555	951	354.07	21.60	375.67	51(0)
46	7	北東	0.341	145	23.5	10.0	39.0	5.1	23.3	334	287	621	372.83	3.58	376.41	44(4)

図 他樹種混入率の ( ) は、上層木のみの場合を示す。

つぎに、表-3-20 に示された下層木の材積をみると、上層木に比較するときわめて少なく、しかも壮令期以後においては上層間伐が採用されるため、下層木は原則としてすべて保残されるから、間伐材積には重要な関係はないといえる。また一方、下層木は、主伐期においても構造用素材の生産対象にならないものである。したがって、ここでは、材積については、上層木のみについて検討する。

以上の上層木の胸高直径および材積のほか、上層木および下層木の本数、上層木の樹高および枝下高は、いずれも生長推移の検討にあたっては重視されるものであるから、林令との関係をより明確にするため、各構成要素の測定値の平均状態を考慮して徒手法により中央分布線を描いた。それらを示したのが図-3-17~3-22 である。

なお、ミズナラ天然生林とドイツのナラ施業林の生長推移を比較するため、Schwappach 調製によるドイツ一般ナラ (Eiche) 林収穫表 (200年まで記載のうち150年まで)<sup>34)</sup> の主林木の数値にもとづいて、その生長推移も各図にあわせて示した。

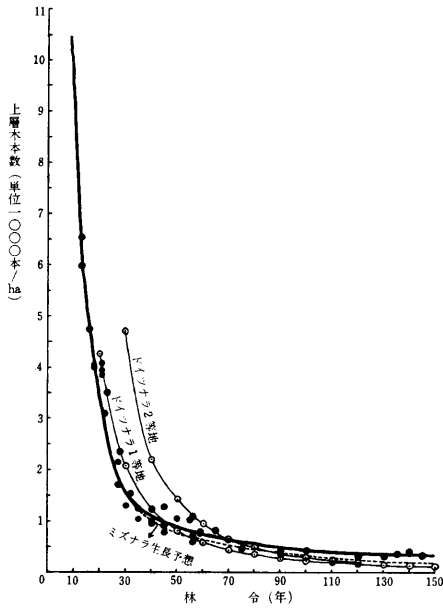


図-3-17 上層木本数と林令の関係

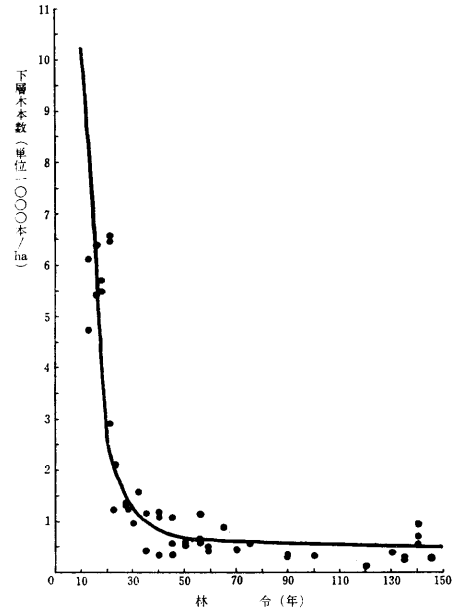


図-3-18 下層木本数と林令の関係

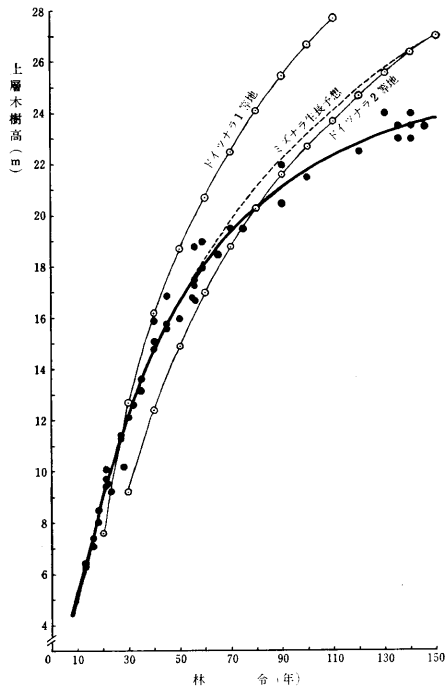


図-3-19 上層木樹高と林令の関係

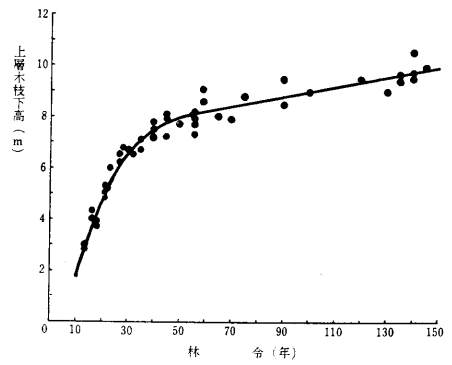


図-3-20 上層木枝下高と林令の関係



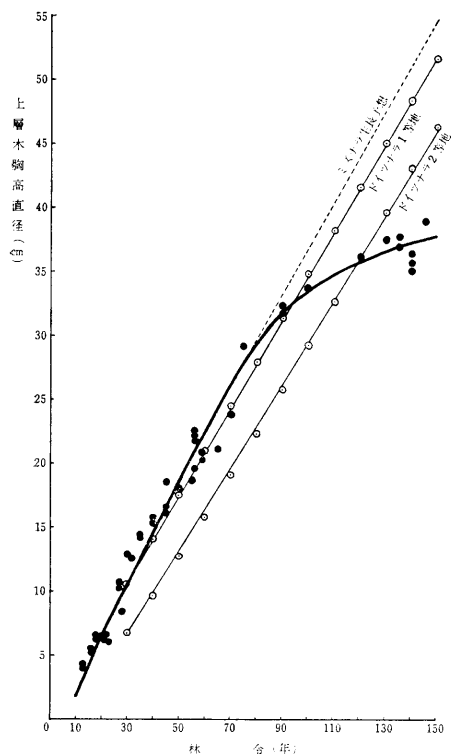


図3-21 上層木胸高直径と林令の関係

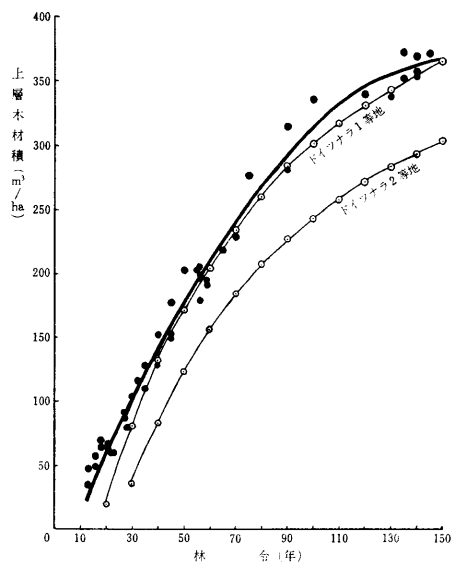


図3-22 上層木材積と林令の関係

### (3) 考 察

#### 1) 更新当初の必要最少限の稚苗発生密度

ミズナラの天然生林のうち、稚幼期まで正常な育林手段の施行が行なわれてきたと想定される林分の高令化にともなう本数減少の傾向は図3-17および3-18のとおりである。この両図においては、10年生以下の傾向は示されていないが、少なくとも5~10年生の林分においては、10~15あるいは20年生の林分における本数減少の傾向とほぼ同様かないしはいく分減少程度が大きいと考えてさしつかえなからう。そこで、両図にもとづき、上層木および下層木とも、10~15年の間における傾向を5年生前後まで延長し、5年生の推定本数を合計すると、ha当り3~4万本となる。

したがって、現在天然生林として成林しているミズナラ優良林分の5年生前後における総成立本数はha当り3~4万本であったと推定されるから、逆にミズナラの優良林分を造成するためには、5年生前後で少なくともha当りの総成立本数で3~4万本は確保しなければならないとも考えられる。この結果は、すでにのべた9年生林分の優勢木の形質から5年生前後の必要最少限の稚樹成立密度を推定した場合とほぼ一致している。

そこで、この5年生前後における必要最少限の稚樹成立密度から、天然下種更新による更新当初の必要最少限の稚苗発生密度を推定してみることにする。デンマークにおいては第1章第3節で前述したように、更新当初にha当り20万本以上を期待しているが、わが国のミズナラについて推定した例はない。しかし、カンバ類については推定した例があり、

中野・村井<sup>56)</sup>によれば、カンバ類は更新完了後2～3年目にha当り3万本以上の稚樹が現存することを必要とするとし、これにもとづいて、更新当初は最少限 ha 当り 5～7 万本（平均6万本）の稚苗発生があれば十分将来の成林が期待できるとしている。また鈴木<sup>57)</sup>も、この更新当初の稚苗発生密度を妥当としている。

カンバ類は、第1章第3節で前述したように、羽状型の広葉樹であるのに対して、ミズナラは箒状型の広葉樹であることを考慮すると、ミズナラはカンバ類に比較して、より大きな稚苗発生密度を必要とすることになる。したがって、カンバ類では更新完了後2～3年目でha当り3万本以上としているのに対して、ミズナラは更新完了後5年目前後でha当り3万本以上となっていることから判断して、ミズナラは、更新当初において、カンバ類が平均6万本であるのに対して、安全率を見込んで、基準的にはha当り10万本以上の稚苗発生密度があれば、将来、構造材林としての成林が期待できるものと推定される。

この更新当初における必要最少限の稚苗発生密度は、今後とも充分検討しなければならないが、これを一応妥当なものとするれば、現実のミズナラ構造材林造成の更新過程において、補播あるいは補植という育林手段を必要とするかいなかを判断する場合の育林技術上の基準となるものであるといえる。

## 2) 上層間伐の開始期

上層間伐を開始するにあたっては、その対象林分において、

- ①肥大生長促進の対象となる主伐候補木がすでに明確に分別できること。
- ②その主伐候補木の枝下高がすでに充分形成されていること。

が基本的な育林技術上の前提条件となる。

図-3-17に示された上層木の減少傾向をみると、10年生頃ではha当り9,000～10,000本程度成立しているのに対して、25年生前後ではha当り約2,000本、30年生前後ではha当り約1,500本に減少しており、10～30年生の間の減少程度はきわめて急激であることがわかる。したがって、その間ではつねにはげしい生存競争が持続しており、上層木の自然枯死ないしは下層木への衰退が顕著であることを示している。そのため、25年生以上の林分においては、このようなはげしい自然淘汰によって、主伐候補木はすでに判然としており、その分別は容易である。したがって、主伐候補木の明確な分別という観点からすれば、25年生の林分からでも上層間伐を開始することは、育林技術上可能であるといえる。

つぎに、枝下高の観点から上層間伐の開始期について検討するのであるが、それにききだち、まず十分な枝下高を具体的に決定しなければならない。その決定にあたっては、上層間伐の開始期の枝下高が原則として主伐期林分の枝下高とほぼ一致するため、収穫材の長級について検討しなければならない。

北海道地方では、一般に広葉樹素材における一般用材の標準材長は3.0m<sup>58)</sup>になっていることから、広葉樹二次林で大径材生産を目的とする場合には、6m（丸太2玉分）以上の枝下高が必要である<sup>35)</sup>とされている。また、近藤<sup>3)</sup>によれば、広葉樹林の間伐開始期は枝下高が6.7～10.0m程度になった時であるとしている。一方、ミズナラ素材の長級に対する利用加工上の観点からは、ミズナラの主要材種であるインチ材では3.1m材（10フィート材=3.05m材）が希望され、<sup>58)</sup> 価格の面でも3m以上の素材が高価になることが指摘されている。<sup>59)</sup> 以上のような枝下高および素材の長級に関する諸点を考慮すると、基準的

には1本の主伐木から、少なくとも3.1m材を2玉採材することを目標にすべきであると判断され、ミズナラの充分な枝下高を、採材時の安全を見込んで、一応7.0mとするのが妥当と考えられる。

そこで、図-3-20に示された上層木の枝下高の形成推移をみると、枝下高が7.0mに達するのは、ほぼ35年生前後の林分であることがわかる。したがって、枝下高の観点からは、育林技術上35年生前後の林分から上層間伐を開始することは可能であるといえる。

したがって、主伐候補木の明確な分別、その主伐候補木の充分な枝下高という両結果から判断すると、育林技術上からは、基準的には35年生から上層間伐を開始できると考えられる。なお、近藤<sup>60</sup>が、わが国の広葉樹林の標準的な間伐開始期として、地位中の場合は30~40年生としているとともに、35年生のミズナラ林は、上層木のha当り成立本数約1,200本(図-3-17より)、樹高約13.5m(図-3-19より)、胸高直径約13cm(図-3-21より)、ha当り材積約120m<sup>3</sup>(図-3-22より)に達していることから、このミズナラ林に対する間伐開始期は妥当であると考えられる。

### 3) 主伐期の単木形質・林分構成・収穫の目標

図-3-17~3-22に示されたミズナラ天然生林の生長推移とドイツのナラ施業林の生長推移にもとづき、ミズナラ林に壮令期以後上層間伐を施行した場合を想定して、ミズナラ構造材林の主伐期における単木形質・林分構成・収穫のそれぞれの目標について、各構成要素ごとに考察してみる。なお、すでにのべてきたように、考察にあたっては、上層木のみを対象とし、伐期令150年、間伐開始期35年生でその時の枝下高は7.0mであることを前提とする。

#### ①成立本数

図-3-17によれば、ミズナラ天然生林(以下ミズナラ林という)の上層木は30年生前後までは急激に減少し、それ以後はしだいに減少程度は少なくなってゆき、150年生林分ではha当り約350本になっている。それに対してドイツのナラ施業林(以下ドイツナラ林という)の主林木は、150年生林分では1等地がha当り約100本、同じく2等地では約120本にすぎず、ミズナラ林と比較するときわめて少ない。この差異は、壮令期以後に前者では間伐が施行されていないのに対して、後二者では比較的高令期にいたるまで間伐を施行していることによって生じたものであることは明らかである。

したがって、ミズナラ林に壮令期以後適切な繰返し年と強度により上層間伐を施行した場合は主伐木の成立本数はha当り350本よりもさらに少なくなるものと予想され、近藤<sup>61</sup>は、伐期令を100~150年とした場合、ha当り200~300本程度を適当と推定している。しかしながら、旺盛な肥大生長の促進あるいはその一定の持続をはかるためには、ドイツナラ林の例から推測すると、極度に本数を減少させる必要があると考えられるから、伐期令を150年とした場合は、少なくとも基準的にはha当り150本程度を目標とすべきであろう。この目標本数にもとづいて、上層間伐が開始された後の上層木の本数減少の経過を予想すると、図-3-17に示すように、55年生前後でドイツナラ林1等地とほぼ一致し、90年生前後で2等地とほぼ一致して、それ以後はドイツナラ林2等地(150年で約120本)よりもわずかに多い程度で減少傾向をたどり、150年生で150本になるものとみなされる。この本数減少の予想推移は、上層間伐の施行にあたって充分考慮されるべきである。

## ②樹 高

図-3-19によると、ドイツナラ林の場合は樹高生長推移がほぼ直線的な傾向を示し、150年生林分で1等地約31m、2等地約27mに達している。それに対して、ミズナラ林の場合は、25年前後まではドイツナラ林よりも大きくなっているが、それ以後は1等地よりも小さくなり、80年生以後には2等地よりもさらに低くなって、この頃から樹高生長量が大きく低下していることがわかる。この両者の差異は、本質的な樹性あるいは立地条件の差によって生じたものであるとも考えられるが、しかし、主として山火による被害によってミズナラ林の樹高生長力が低下したためと推測される。すなわち、ミズナラ調査林分の成立地域は、今から40~60年前に山火にたびたびみまわれたものと推測され、90年生以上の林分では、根部に山火により腐朽したと推察される空洞を生じた調査木が多く見うけられる。したがって、両者の差異は、本質的な樹性あるいは立地条件の差のみならず、主として山火という異常な外的要因によって大きくなっているものと考えられる。

そこで、全く山火の被害をうけていないと推測される60年生以下の林分の樹高生長推移をみると、全般的にはドイツナラ林2等地よりも1.5~3.5m程度高いが、ほぼ同様な傾向を示していることから、ミズナラが正常な生育過程をたどった場合には、現存する150年生林分よりも樹高は相当大きくなり、少なくともドイツナラ林2等地程度の樹高には達しうるものと考えられる。以上のようなことを前提として、主伐期林分の樹高を予想すると、図-3-19に示すように、山火の被害を全くうけていないと推測される60年生前後から樹高生長量はいくぶん大きくなり、150年生林分では約27mに達するものとみなされる。

## ③胸高直径

図-3-21をみると、ドイツナラ林の場合は、樹高と同様に1等地および2等地とも150年生までほぼ直線的傾向を示し、それぞれ約52cm（年平均生長量約3.5mm）および約46.5cm（年平均生長量約3.1mm）に達している。それに対してミズナラ林では80年生前後までほぼ直線的な傾向を示して約30cm（80年生までの年平均生長量約3.6mm）に達しているが、それ以後になると急激に肥大生長が低下して、150年生林分においては約38cmにとどまっており、80~150年生の間の年平均生長量は約1.1mmにすぎない。

ところで、80年生以後になると急激に肥大生長力が低下している原因は、ミズナラの本質的な樹性にもとづくものではなく、主として、前述の山火による異常な外的要因によるものであるとともに、壮令期以後に上層間伐を全く実施していないため、その影響が高令期にあらわれたものと推測される。したがって、生育過程において山火の被害をうけず、しかも35年生前後の林分から上層間伐を適切に施行したとすれば、ミズナラは、150年生前後まで一定の肥大生長量を持続しうる樹性をもっており、しかもその一定の生長量は、80年生までの年平均生長量約3.6mmを期待することも不可能ではないと推測される。その根拠はつぎにのべるとおりである。図-3-17をみると、45年生前後まではミズナラ林の上層木成立本数はha当り約1,000本で、それまでドイツナラ林1等地よりも成立密度は小さい。したがって、図-3-21に示されているように、45年生前後まではミズナラ林の方がドイツナラ林1等地よりも肥大生長がすぐれているのは当然であるともいえる。しかるに、45年生以後の林分では、ミズナラの方が、間伐を全く施行していないため、ドイツナラ林1等地よりも成立密度が大きくなるにもかかわらず、山火にあわなかったと推定される80

年生前後までの約35年間においても、ドイツナラ林1等地より肥大生長はすぐれている。なお、図-3-17によると、80年生林分では、ミズナラ林がha当たり約550本であるのに対して、ドイツナラ林1等地はha当たり約350本にすぎない。以上の検討結果から、北海道産のミズナラは、本質的な樹性あるいは立地条件などの差異から、ドイツナラ1等地よりも肥大生長力がすぐれているものとみなされる。

そこで、150年生の主伐林分における胸高直径を推定すると、80年生前後までの年平均生長量は約3.6mmであり、この生長量が80年生以後150年生までの70年間持続するものとすれば、図-3-21に示すように、主伐林分では約55cm(=29.5+70×0.36=54.7)に達するものと予想される。ただし、この生長量を持続させるためには、適切な繰返し年で、しかも相当高令期まで上層間伐を施行しなければならないが、それについては次節の応用研究のところで後述する。

ところで、ミズナラ構造用素材の径級に対する利用価値上の観点からみると、径級が40cm上になると価格の面で有利であることが指摘されている<sup>35)</sup>が、さきに予想した胸高直径55cm(皮付)の1本の主伐木から果して40cm上(樹皮を除いた長級3.1m材の末口径)の素材が2玉採材できるかどうかは、樹皮の厚さあるいは細りなどの観点から今後十分な調査検討を必要とするが、その調査検討については今後の研究段階にゆずることとして、現実の採材現場の調査観察によって推測すると、少なくとも元玉では40cm上の素材の採材は可能であり、二番玉でも40cmに近いものを採材できるものとみなされる。しかし、ここでは考察のための一応の基準として、皮付胸高直径55cmの主伐木1本から、40cm上の素材を2玉採材できるものと仮定する。したがって、素材の利用価値の観点からは、主伐林分の径級として55cm程度を目標とすることは妥当であると考えられる。

一方、ミズナラ素材の加工技術上の観点からすると、北海道のミズナラ材については、年輪幅にもとづいて、つぎのような材質上の区分が行なわれている。<sup>23)62)</sup>

**A種材:** 年輪幅1.2mm以上で、硬さは大で工作しがたく、かつ狂いやすい。しかし強度は大きいから構造材に適する。

**B種材:** 年輪幅0.8~1.2mmで硬さは中程度で工作しやすく、かつ狂いも少ない。また強度もその割りに大で、加工性、強靱性の双方に応じうる優良材である。

**C種材:** 年輪幅0.8mm以下で、軟く工作しやすいが、年輪幅が狭くなるにつれてもろくなり、変色材の出現する傾向が大であり、0.3~0.4mm以下の材はヌカメとされ、低品位材とされている。

したがって、少なくとも年輪幅が0.8mm以上、すなわち年平均直径生長量を1.6mm以上にすることが得策であるといえる。ところで、上層間伐施行の場合の生長予想によると、無節材部分すなわち35年以上に形成された材の年平均生長量は約3.6mmであるから、年輪幅としては約1.8mmとなり、前述の材質区分によるとA種材に該当する広年輪幅材が生産されることになる。しかし、将来は住宅部材の生産などの関連から、硬材すなわち広葉樹環孔材では広年輪幅材の生産が必要とされる情勢にある<sup>59)</sup>から、この程度の年輪幅を目標とすることは妥当であり、したがって年平均直径生長量約3.6mmあるいは主伐林分の胸高直径として約55cmを一応の径級目標とすることは、加工技術上からも妥当であると考えられる。

#### ④材 積

以上の主伐林分における成立本数・胸高直径にもとづいて、主伐林分における目標材積を推定すると、基準的には、胸高直径55cm（その単木材積は $2.43\text{m}^3$ ）の主伐木がha当り150本成立することになるから、ha当り材積は約 $365\text{m}^3(=2.43 \times 150=364.5)$ に達するものとみなされる。

ところで、図-3-22に示されたミズナラ林の上層木材積の推移をみると、全般的にはドイツナラ林1等地よりいく分大きい値で、ほぼ同様な生長推移をたどって、25~35年生林分においてはha当り約 $80\sim 120\text{m}^3$ 、80年生前後の林分ではha当り約 $270\text{m}^3$ に達しており、その後は樹高・胸高直径とは異なり急激な減少傾向はみられず、150年生林分ではha当り約 $365\text{m}^3$ で、ドイツナラ林1等地とほとんど一致している。また、このミズナラ林の150年生林分におけるha当り材積は、同時に目標材積ともほとんど一致しているから、壮令期以後に間伐を施行しても成立本数が相対的に少なくなるため、材積的には主伐林分において大きな差異がないことを示している。

なお、ドイツナラ林1等地の150年生林分では、胸高直径約52cmの主林木がha当り約100本成立してha当り材積が $366\text{m}^3$ になっているのに対して、ミズナラ林の目標材積では胸高直径55cmの主伐木がha当り150本成立すると予想され、いずれも大きい値を示すにもかかわらず、材積はha当り $365\text{m}^3$ でほとんど差異はないという結果になっている。この結果は、明らかに両者の単木材積の相異にもとづくものであり、前沢・福島・中川・河原<sup>63)</sup>が北海道富良野地方にある東京大学北海道演習林でミズナラ単木材積を算出した結果によると、胸高直径55cmの単木材積は $2.67\text{m}^3$ となっている。この単木材積によって、目標材積を推定するとha当り約 $400\text{m}^3(2.67 \times 150=400.5)$ となり、さきに中島<sup>55)</sup>による単木材積にもとづいて算出した結果よりも相当大きくなる。しかし、ミズナラの単木材積については今後充分な調査検討を必要とする。

つぎに、このような主伐林分からは、すでにのべたように、基準的には、1本の主伐木から長級3.1m材、径級40cmの素材が2玉採材できることになるから、構造用素材材積としては1本の主伐木から $1\text{m}^3$ （長級3.1m、径級40cmの素材材積は $0.50\text{m}^3$ ）、したがってha当りでは $150\text{m}^3$ となり、構造用素材のみの利用率は41%（ $=150 \times 1 / 365 \times 100$ ）と推定される。なお、枝下高以上の部分で枕木・坑木・パルプ材などの他の材種も採材した場合の利用率は、これよりもさらに大きくなることはいうまでもない。

#### ⑤総 括

以上の主伐林分における各構成要素の目標を総括して、主伐木の形質を模式的に図示すると図-3-23のとおりであり、林分構成および収穫目標を示すと表-3-21のとおりである。この主伐林分における単木形質・林分構成・収穫目標は、今後なお充分な検討を要するが、現段階においては、ミズナラの構造材林造成過程における基準的な目標となるものであるとともに、ミズナラの構造材生産に対する林業経営上の経済効果を検討する場合の基礎的資料のひとつとなるものと考えられる。

しかし、この基準的目標は、あくまでも主伐段階におけるものであり、それまでの林分造成過程における中間収穫すなわち間伐収穫においては、次節の応用研究のところで後述するように、上層間伐を適用することにより、主伐収穫量に比較してきわめて多量の中間

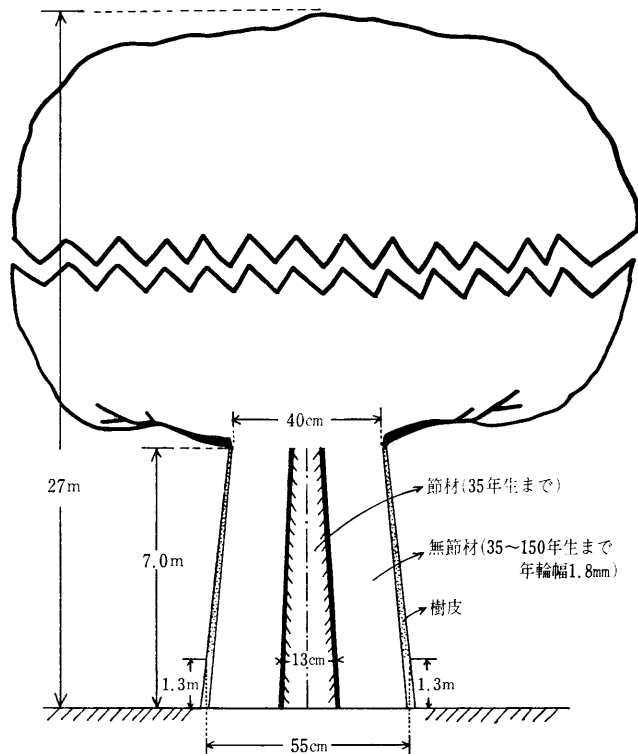


図-3-23 主伐木の模式図

表-3-21 主伐林分(150年生)における林分構成および収穫材の目標

Table-3-21 Aim of the stand composition and the yield of the structural timber in the final cutting period (150-year-old forest)

林分構成 Stand composition		収穫される構造用集材 Yield of the structural timber	
樹高 Height	27m	径級 Diameter	40cm上 over 40cm
枝下高 Clear length	7.0m	長級 length	3.1m
胸高直径 D・B・H	55cm	ha当り収穫材積 Effective volume per ha	150m <sup>3</sup>
ha当り本数 Number of trees per ha	150本	収穫利用率 Percentage of effective volume	41%
ha当り材積 Volume per ha	365m <sup>3</sup>	年輪幅 Annual ring width	1.8mm

収穫量が期待できることも、経済効果を検討する場合には充分考慮しなければならない要

因と考えられる。

## II 応 用 研 究

本節は、理論的に選定されたミズナラ構造材林造成に対する基本的作業法すなわち伐採木自身からの落下種子を活用する皆伐天然下種更新作業法の適用に関する応用研究であって、まずはじめに、第2章第4節で明らかにした基本的作業法の単位林分に対する適用の基本方式にもとづいて、ミズナラの構造材林を造成する過程において、どのような個々の育林手段が必要とされるかを、基礎研究によって得られた結果を考慮しながら考察する。

ついで、この考察によって必要と認められた個々の育林手段の一部を除いたそれぞれについて、各種の施行方法を実際の林地で試験し、それぞれ適切な施行方法を選びだして、さらにそれらを合理的に組み合わせ、伐採木自身からの落下種子を活用する皆伐天然下種更新作業法が適用された単位林分の全造成過程の育林技術を体系化しようとするものである。

### i 総 説

#### (1) 研究の方法

ここでの応用研究は、一定の林地ないしは一定の単位林分にミズナラ構造材林を造成することを対象とするものであって、第1章第1節でのべたように、その単位林分の形状・広さあるいは単位林分相互間の配置方法については対象とせず、それらは最後の第4章で概括的にふれることにする。

一般に、一定の林分を対象として、その林分の生長推移を順次たどりながら林分造成の各過程において必要と認められる育林手段を試験研究するためにはきわめて長期間を要することは明らかである。ことに、ミズナラの構造材林造成においては、その全過程が約150年間におよぶのであるから、なおさらその必要性は大きくなる。

そこで、その試験研究期間の長期性を克服する一方法として、個々の育林手段を施行する生育過程に該当していると認められるミズナラ天然生林をそれぞれ別に選定して施行方法を試験し、それらの試験結果がすべて明らかになった段階で、それらの育林手段の適切な施行方法を生育過程をたどって合理的に組み合わせ、育林技術の体系化について考察を試みることにした。

#### (2) 必要と認められる育林手段

第2章第4節ですでに明らかにした基本的作業法の単位林分に対する適用の基本方式によれば、伐期林分の選定、その林分の結実豊作年の判定といういわば準備作業が必要であるととともに、種子覆土・更新伐・上層間伐という育林手段の施行が必要不可欠であると認められる。

しかし、伐採木自身からの落下種子を活用する皆伐天然下種更新法を適用することによって、現実に一定の林地にミズナラ構造材林を造成する過程においては、基本方式に含まれている種子覆土・更新伐・上層間伐のみならず、それらの育林手段の施行目的を効果的に達成するために、さらに他の補助的育林手段の施行が必要になるものと考えられる。

そこで、それらの補助的育林手段を生育過程をたどりながら、種子覆土・更新伐・上層間伐をも含め、これらの3種の育林手段を中心として考察するとつぎのとおりである。なお、以下にのべる育林手段ないしはそれらが組合わされた育林技術は最も理想的な集約技



術体系であると認められるものである。

### 1) 下種地拵

伐期に達した150年生前後のミズナラ林の地床にはエゾミヤコザサ・ヤマドリゼンマイ、小径木などが生育し、さらに地表面には落葉・落枝などが堆積している。そのような林面へミズナラ種子が落下するのであるが、それらの地被物をそのまま放置し、全く地表処理をしない状態において、ミズナラの落下種子に覆土することはきわめて困難である。

ことに、ミズナラ種子は、第3章第1節の発芽のところで明らかにしたように、地床に落下してから10~20日後には、程度の差はあってもすでに発根していることを前提とすべきであるから、それらの地被物を除去し、さらに鉦物質土壌を掘起したりする間に、その初生根が損傷され、稚苗発生率が低下する危険性がある。したがって、ミズナラ種子の落下前までに（すなわち9月上旬までに）、まず地被物を除去し、鉦物質土壌をやわらかくして裸出させておき、なるべく初生根を損傷せずに種子覆土が適切に施行できるように準備しておく必要がある。このような種子落下前の地表処理を、ここでは下種地拵と称することにする。

### 2) 補播

種子落下前に施行される下種地拵によって鉦物質土壌が裸出された林面へ、第3章第1節の林分結実量のところで明らかにしたように、9月上旬から10月上旬にわたりミズナラ種子が落下するのであるが、その落下種子数が更新面の位置によって不均一になる場合が多いことは容易に予想される。もちろん、落下種子の着床状態が不均一な場合であっても、第3章第1節の生長推移のところで明らかにしたように、必要最少限の稚苗発生密度すなわちha当り約10万本以上が確保される可能性があればさしつかえないが、その不均一度が大きく、その発生密度の確保に支障を生じると推測される場合には落下種子の均一度を高めるための手段が必要となる。

種子覆土は、もとより多量の稚苗発生を確保すると同時に、その稚苗の発生が更新面全域にわたって均一になることを施行目的とした育林手段であるから、その目的を効果的に達成させるための補助的育林手段として、種子落下後で種子覆土の施行前に、落下種子の少ないところへ必要最少限の稚苗発生密度が確保される程度にミズナラ種子を補充することがのぞましいと考えられる。このような育林手段をここでは補播と称することにする。

### 3) 種子覆土

種子覆土は、ミズナラの構造材林造成上必要不可欠な育林手段であって、すでにのべたように更新面全域にわたって均一状態の密立稚苗を確保することを施行目的とするものである。種子覆土の必要性は、一般に、稚苗発生率の向上のため、落下種子を鉦物質土壌に着床させることにもあるが、同時にまたつぎのような観点からもその必要性が認められる。

すなわち、結実豊作年に多量の種子が更新面上に落下したとしても、そのまま放置した場合は、第3章第1節の種子散布のところで明らかにしたように、実際に更新面上に定着する種子数は、鳥獣の食害をうけるため、種子落下期間の後半に至っても必ずしも増加せず、むしろ減少し、しかも積雪前まではこの減少傾向は持続するものと予想される。したがって、均一状態の密立稚苗を確保するためには、適当な時期に落下種子を鳥獣の食害から保護するために、それらを地中に埋没させる必要があるといえる。このように種子覆土

の必要性は、落下種子数の鳥獣の食害による減少を防止することにおいても認められる。

#### 4) 更新伐

更新伐は、いうまでもなくミズナラ構造用素材の収穫過程における第一段階の収穫手段でもあるが、同時にまたミズナラ構造材林の再造成上必要不可欠な育林手段であって、覆土された種子から翌春発生するミズナラ稚苗の旺盛な発育を促進させるために更新面を裸地化して十分な陽光を与えるとともに、将来単層一斉林を形成させることを施行目的とするものである。

その施行時期は、種子覆土によってすでに鉱物質土壤中に着床して発根している種子をかく乱しないような時期が適当であると判断される。したがって、種子覆土の終了後から翌春のミズナラ稚苗の発生前までの積雪期間中に施行すべきであって、その期間中に更新面の立木をすべて皆伐するとともに、伐採木の搬出も同時に完了させることが得策である。

#### 5) 枝条整理

積雪期間中に施行される更新伐によって、更新面上の伐採木はすべて搬出されるのであるが、しかしその伐採木の末木枝条は散在したまま更新面に放置されるのが普通である。この末木枝条を放置した場合は、ミズナラ稚苗の旺盛な発育が阻害され、しかも形質不良化をきたすとともに、発生状態が不均一になる危険性がある。したがって、それらの散在している末木枝条を適当な方法で整理することが必要である。

この手段は、ミズナラ稚苗の均一性とむ多量の発生をはかるとともに、発生後の旺盛な発育を促進させるために、すでに施行されてきた一連の育林手段の施行目的を効果的に達成させるための補助的育林手段としての必要性が認められ、植樹造林の場合における地拵とほぼ同様な作業内容となるが、ここでは枝条整理と称することにする。なお、その施行時期は、その施行目的から明らかなように、更新伐完了後からミズナラ稚苗の発生前すなわち5月中旬まで（第3章第1節の発芽）である。

#### 6) 補植

枝条整理された更新面には、第3章第1節の発芽のところで明らかにしたように、5月下旬から7月中旬にかけてミズナラ稚苗が発生する。しかし、すでに施行された育林手段にもかかわらず、現実には、なんらかの原因により、少なくとも部分的にはミズナラ稚苗の発生状態が必要最少限の発生密度を下まわる場合が予想される。その場合には、当年ないしは翌年にミズナラ稚苗を必要最少限の発生密度すなわちha当たり約10万本に達する程度に補充することが必要となる。

この手段は、一般の植樹造林の場合における補植に相当するものであって、密立更新樹の確保を目的とする補助的育林手段であるといえるものである。

#### 7) 稚樹刈出

以上の育林手段の施行によって、ミズナラ稚苗は、後述するように当年秋には10～20cmに伸長し、ha当たり約10万本の必要最少限の稚苗発生密度が維持されておれば、少なくとも4～5年以内には70～100cm程度に達してほぼう閉状態を構成するものと予想される。

しかし、その間には雑草およびミズナラ以外の広葉樹との生存競争がはげしく行なわれるから、これまでの育林手段によって発生当初には必要最少限の稚苗発生密度が維持されていたにもかかわらず、部分的にはその競争によってミズナラ稚苗ないしは稚樹の生長力

が減退し、その結果消失するものが多くなる場合が予想される。このような現象がみられる場合においても、第3章第1節の密立林分の優勢木のところで明らかにしたように、5年生前後でha 当り約3万本以上の稚樹成立密度が維持される可能性があればさしつかえないが、それが維持されないと判断された場合は、稚樹の生長力を促進させ、その後の本数減少を防止するための育林手段を必要とすると考えられる。

この手段は、稚幼期までは密立状態を維持して優良形質を養成し、壮令期において上層間伐が適切に施行されるための林分造成の初期段階における補助的育林手段としての必要性が認められ、一般の植樹造林における下刈に相当するものであって、天然更新においてはいわゆる稚樹刈出と称されるものである。

#### 8) 除 伐

第3章第1節の生長推移のところで明らかにしたように、林令が10年以上になって、樹高が約5mに達し、総成立本数がha 当り2万本程度の林分に生長すると、うっ閉後に持続されてきたミズナラ相互間の生存競争によって上層木と下層木の林冠構成の分化が明らかに認められるが、上層木の中には、なんらかの原因により、ミズナラよりも初期生長が旺盛で将来暴領木になる可能性のある他の広葉樹が混入している場合があると同時に、またミズナラの中でも将来暴領木になる可能性のあるものが生じる場合がある。

これらのミズナラおよびミズナラ以外の広葉樹の暴領木となる可能性のある立木を壮令期までそのまま成立させておいた場合は、上層間伐を施行する段階にいたるとほぼ暴領木とみなされる程度に樹冠が発達し、それらを間伐すると上層林冠のうっ閉状態を大きく破壊する結果となる。しかるに、上層間伐施行の初期段階においては、林内に多量の陽光が射して不定芽が発生しないようにするため、上層林冠を徐々に疎開しなければならないから、暴領木をこの段階で伐除することは、上層間伐の適切な施行を困難にする結果となる。したがって、上層間伐を施行する前の比較的樹冠の発達が充分でない段階において、暴領木になる可能性のある立木を樹種のかんにかかわらず、伐除しておくことが必要であるといえる。この手段は、上層間伐の適切な施行を補助するものであって、必要に応じてつる切もあわせて施行することがのぞましく、一般の植樹造林における除伐に相当する育林手段である。

#### 9) 枝 打

除伐によって暴領木になる可能性のある立木が伐除され、密立状態が維持されながら生育過程をたどり、35年生前後に達したミズナラ施業林では、第3章第1節の生長推移のところで明らかにしたように、それまでに持続されてきたはげしい生存競争によって、すでに主伐候補木が判然とした林相を呈し、それらの平均枝下高はすでに約7m形成されているから、基準的には35年以上の壮令林では上層間伐を開始することは可能であると推測される。

しかるに、立地条件などの種々の条件により、密立状態が維持されてきたにもかかわらず、第1章第3節の樹性のところでのべたように、ミズナラの枝の着生状態が不規則なために、35年生前後までの間には自然落枝しないとみなされる程度の枝が地上高7m以下の上層木の主幹部分に着生している場合がある。このように、主幹の下部にかなり発達した枝が着生しているミズナラ上層木でも、それが将来の主伐候補木にはなりえないと判断さ

れる場合にはさしつかえない。しかし、それが主伐候補木になりうるものであれば、本数の多少の差はあるとしても、自然落枝を待つことなく枝打という育林手段を必要とする。

この手段は、上層間伐の開始時間が、他の林分構成などの諸条件がその開始に支障のない状態になっているにもかかわらず、枝下高の形成が不十分なためのみ遅れることは、上層間伐による将来の大径林造成上支障を生じると判断された場合に施行されるもので、上層間伐の補助的育林手段としての必要性が認められる。

## 10) 間伐

以上の下種地拵→補播→種子覆土→更新伐→枝条整理→補植→稚樹刈出という更新過程の一連の育林手段すなわち更新技術の施行により、さらにその後の除伐・枝打という保育過程の育林手段の施行によって、要するに、少なくとも35年生前後の林令に達すれば、判然と分別できる主伐候補木の平均枝下高が約7m形成されているから、その後は第3章第1節の生長推移のところで明らかにしたような主伐林分造成を目標として肥大生長を促進させればよいことになる。

ところで、生長推移のところで明らかにしたように、35年生前後の林分をそのまま放置して自然の生育過程をたどらせた場合は、年平均直径生長量約3.6mmを115年前後の長期間にわたって持続し、150年生前後の主伐林分で平均胸高直径約55cmの主伐木を育成することは、ミズナラの樹性から判断してきわめて困難であると認められる。したがって、肥大生長をより促進するためには上層間伐を適切な強度と繰返し年によって施行すべきである。

この上層間伐という育林手段は、ミズナラの構造材林造成上必要不可欠なものであるとともに、全林分造成過程における最終段階の保育手段であって、ミズナラの構造材林造成のための保育技術は、除伐→枝打→間伐（上層間伐）によって体系化されたものである。

### ii 下種地拵試験

下種地拵は、種子覆土が適切に施行できるようにするため、種子落下前に、鋳物質土壌をやわらかくして裸出させておくことを施行目的とするものである。その施行方法としては、更新面にまだ立木があることを考慮すると、大型機械の採用は困難であるから、採用可能と推測される方法は、農業用の小型耕うん機による耕うん方法と、人力によるクワ類などでの掘起し作業の2方法であろう。しかし、後者の場合は、きわめて多量の労働力を必要とすることは明らかであるから、前者の方法が適切であると考えられる。

しかるに、耕うん機は、元来農業用であって、平坦で障害物のない地形に使用されるものであるため、傾斜のある複雑な地形で、しかも立木・伐根などのある林内では、どの程度まで活用できるか、さらにはどの程度の工期を要するかということについて検討してみる必要がある。

そこで、1968年秋に九州大学北海道演習林第7林班に3個所の試験地を設定して、現実の下種地拵を施行し、その結果について考察を試みることにする。

#### (1) 試験方法

##### 1) 試験地の概況

本試験地は、0.36ha、0.40ha、0.38haの3プロットからなり、総面積は1.14haであるが、いずれも林令約150年生のミズナラ伐期林分であって林相は平均樹高約23m、ha当たり全材積は約340m<sup>3</sup>である。そのうち、上層大径木（平均胸高直径約37cm）はha当たり約

300本成立しており、下層小径木（平均胸高直径約5cm）は約260本成立している。

地床状態は、各プロットとも小尾根から沢筋までの一山腹斜面であり、傾斜度は5°～15°であるが、10°前後の傾斜地が大部分を占め、作業は比較的容易な条件下にある。また、地床植生は、30cm程度のエゾミヤコザサが大部分を占めており、そのほかにはヤマドリゼンマイ・イトスゲが群生し、アキカラマツが散生している程度であって、ニワトコ・ツツジ・ハギなどの灌木類はほとんどみられない。

## 2) 補助作業の方法

林内には、実質上の耕うん作業の支障になるものとしては、母樹であるところのミズナラ大径木のほかに、小径木・倒木・下草などがある。したがって、耕うん作業のみでなく、これらの支障物に対する補助的な整理作業が必要と考えられ、ここではつぎのような作業を行なってから実質上の耕うんを行なった。すなわち、まず小径木を伐倒し、ついで倒木を人力で移動整理できる程度に切断したのち、さらに下草を全刈して、それらを母樹などの周囲に堆積した。

## 3) 耕うん作業の方法

耕うん機の機種は、支障物の多い林内の運転操作上の安全性を充分考慮して、センタードライブ方式の最小規模のものを使用することとし、写真-3-16に示すようなヤンマー農機K・K製YC5型ディーゼル耕うん機を使用した。

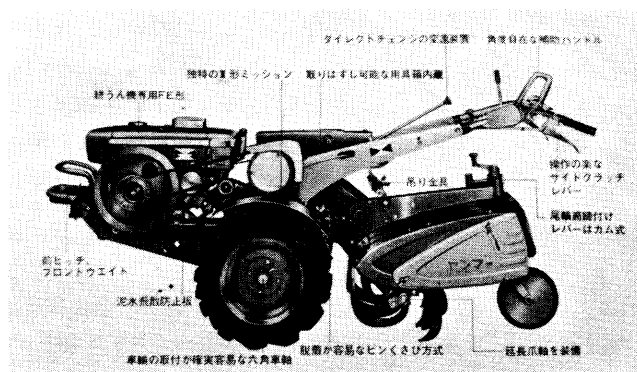


写真-3-16 YC5型 ヤンマーディーゼル耕うん機

Photo.-3-16 YC5-Yanmar Diesel Cultivator

全長	: 2.2m
Total length	
全幅	: 1.3m (特製の車幅延長軸取付)
Total width	
全高	: 1.1m
Total height	
重量	: 175kg
Weight	
耕うん幅	: 60cm
Cultivating width	
耕深	: 16cm
Cultivating depth	
耕うん能力	: 5～10 a/h (農耕地)
Cultivating capacity	

この耕うん機を用いて、基準的に幅がそれぞれ50cmの更新筋と放置筋を交互に想定し、更新筋のみを対象として、同一更新筋を4回耕うんした。なお、耕うん方向は、更新筋・放置筋が山腹斜面の等高線沿いに設定されたため、原則として等高線沿いであるといえる。

## (2) 試験結果

### 1) 立地条件との関係

耕うん機による耕うん作業を左右する要因は、主として傾斜度・地床植生・立木度であると推察される。これらの要因と耕うんの可能性については、他の林地で検討し、すでに発表した<sup>64)</sup> 本試験においてもそれとほとんど同一結果を得た。

すなわち、耕うん方向は、前述したように等高線沿いであるから、原則としては、図-3・24 の④のように山腹斜面を進行する場合の安全性を検討すればよいことになるが、しかし、現実の林地には局部的な変化があるため、図-3・24 の⑤のように登坂する場合、および③のように傾斜面を斜めに上下する場合が起った。しかしながら、いずれの場合においても、基準的には、ha当りの立木本数が300本程度で、傾斜度が約15°以内の林内では、地形の複雑性および地床植生（主としてエゾミヤコザサ・ヤマドリゼンマイの刈払跡地）のいかににかかわらず、耕うん機による耕うん作業は可能であると認められた。

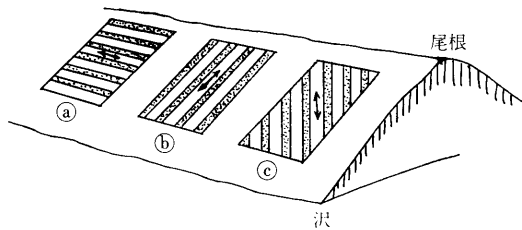


図-3-24 斜面の耕うん方向

なお、15°以上の地形においても、耕うん作業はある程度可能であるかもしれないが、作業の安全確保の面から困難になるものと推測されるから、約15°を限度としておくべきであり、それ以上の傾斜面では別の作業方法を検討しなければならないであろう。

### 2) 施行工程

施行工程をha当りに換算して示すと表-3-22のとおりであり、全工程はha当り約12人工を要するものと推定される。そのうち、補助作業には約8.5人工を要し、全工程の70%を占めている。

表-3-22 下種地拵の施行工程 (ha当り・人)

作業内容	プロット			平均	
	1	2	3		
補助作業	チェーンソーによる小経木・倒木の切断	2.6	1.0	2.2	1.9
	刈払機による下草全刈	3.0	3.0	3.0	3.0
	人力による上記支障物の堆積整理	4.4	3.6	2.4	3.5
小計	9.0	6.6	6.6	8.4	
耕うん作業	3.4	4.0	2.8	3.4	
合計	12.4	10.6	9.4	11.8	

注 1日の実働時間は、7時間とし、以下これを前提とする。

### (3) 考 察

#### 1) 耕うん機による耕うんの効果

下種地存の施行方法として、耕うん機による耕うん深度が10~15cmであるから、実質上林地耕うんを行なう結果となって、育林技術の根本的原則である地力の維持増進にきわめて有効であることはいうまでもない。

さらに、本試験におけるように、筋状耕うんを行なうことは、天然更新の欠点の一つともいえる成林後の雑然とした林相を、相対的に整然とさせることにも有効であって、下種地存以後の一連の育林手段の施行にあたって、後述するように好結果をもたらすものである。

#### 2) 補助作業の必要性

補助作業を行なった場合には、全行程の70%を占め、工期を低下させている大きな要因となる。しかしながら、これらの補助作業を行なわない場合には、耕うん機はしばしば迂回しなければならず、しかも耕うん機の耕うん爪に下草が巻付き、耕うん作業そのものの行程は大きく低下するものと予想されるから、補助作業を省略したとしても、全行程が大きく向上することは期待できないと考えられる。

また一方、更新技術上の観点からは、小径木・倒木を迂回することにより、その周辺は耕うんされないため、稚苗発生が不均一となって、整然とした林相を呈せしめることが困難になることも予想される。

以上のように、補助作業を行なわない場合は、施行行程の面から大きな効果を期待できず、また一方更新技術上からは不利な面を生じるから、下種地存の施行方法としては前述のような補助作業を行なうことは必要であると考えられる。

#### 3) 急斜面における耕うん作業方法の推測

15°以上の急斜面における耕うん作業の施行方法としては、現地試験を実施して充分検討すべきであるが、現段階においては、つぎのような方法が適切であると推測される。

すなわち、最近における階段造林方式を応用し、写真-3-17に示すようなバケット（幅33cm）つきの林業用小型トラクタ（約1.15t）によって、図-3.25に示すように、まずは

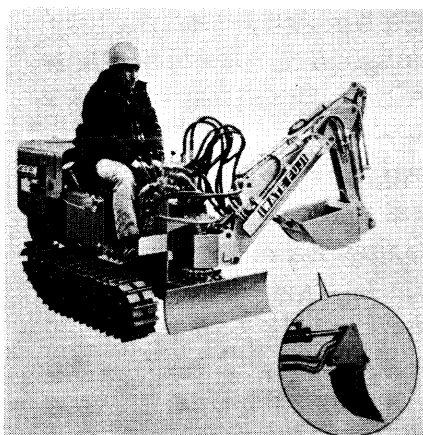


写真-3-17 岩手富士産業 K・K 製  
CT-10H形バックホートラクタ  
(約1.15 t)

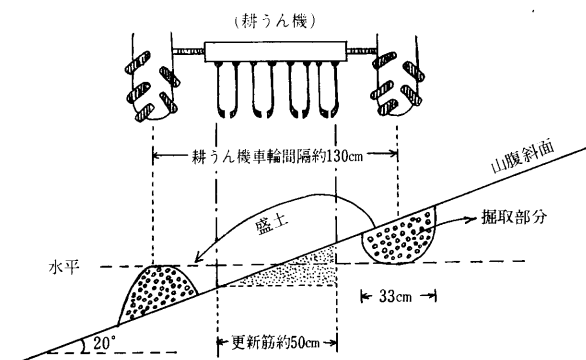


図-3-25 急斜面の耕うん作業方法の模式図  
(バケットつき小型トラクタと耕うん機  
による連携作業の場合)

じめに山腹斜面の上部をバケツで掘取り、その掘取った土を山腹斜面の下部へ盛土する。その盛土する位置は、耕うん機の手輪間隔（約1.3m）にほぼ一致させ、しかも掘削底面と盛土上部とがほぼ水平になるように配慮する。その作業終了後、耕うん機によって耕うんするというバケツつき小型トラクタと耕うん機の連携作業によって施行する方法である。

なお、この連携作業の現地作業およびその結果の更新成績・作業工期・作業経費などの検討については、今後の研究段階にゆずることとする。

### iii 補播の施行方法

補播という育林手段は、実質的には人工播種することであり、その施行目的は、更新面において落下種子数の少ない部分へ必要最少限の稚苗発生密度ha当り10万本が確保できる程度にミズナラ種子を補充することであるが、この補播施行後には種子覆土という育林手段が施行されることを考慮すると、補充種子の播種方法は地表面に散布することで充分であり、またそれらの補充種子には当年秋に結実したものをを用いれば、天然下種されたものと全く同一条件であるため、翌年春の稚苗発生・発育には更新技術上の観点からはさしつかえないといえる。

したがって、補播の施行上検討すべきことは、補充程度の基準・施行時期・施行工期であると考えられる。これらの検討にあたっては、従来の基礎研究のうち種子採集ないしは種子数調査をとまなう研究にもとづいて推定しうるものと判断されるから、補播に関する現地試験は行なわなかった。

#### (1) 補播用種子

各項目を検討するのにさきだち、下種地拵との関連性を考慮して、補播用種子について検討してみよう。補播を施行するにあたっては、当然のことながらそれに用いるミズナラ種子を採集しなければならないが、それには多くの労力を必要とする。そこで、なるべく補播用種子採集の省力化をはからねばならないが、その方法として、下種地拵において更新筋と交互に設定されるところの放置筋上の種子を活用することが得策であるといえる。

すなわち、放置筋には文字どおりミズナラ稚苗の発生を期待しないところであるから、その放置筋上に落下している種子を活用し、現実の施行にあたっては、それらの落下種子を原則として隣接する更新筋へ人力によって移しかえることになる。したがって、他の林地から種子を採集し、それを運搬した後に人工播種するよりも採集工期は相当縮少できるものと推定される。

このような施行方法をとった場合は、第3章第1節の林分結実量のところで明らかにしたように、豊作年のミズナラ伐期林分にはha当り29~38万個のミズナラ種子がその林面に散布されるが、それらの種子が更新筋のみに集中される結果となる。すなわち、更新筋のみを対象とすると、落下種子の定着密度は、更新筋幅0.5mで放置筋幅も0.5mの場合は2倍となり、更新筋幅0.5mに対して放置筋幅1.0mの場合には3倍になるから、少ない労力によって、密立更新樹を確保するのに効果的であると考えられる。したがって、下種地拵において更新筋と放置筋とを交互に設定したことは、補播の施行に対して合理的な関連性をもつものである。

もちろん、放置筋上の落下種子を更新筋にすべて移しかえてもなおかつ必要最少限の稚苗発生密度を確保することが困難と判断される場合は、さらに他の林地から補播用種子を



採集して更新筋上へ人工播種しなければならないが、ここでは、原則として補播の施行方法は、放置筋上の落下種子を人力により更新筋上に移しかえるものとし、以下この施行方法を前提として検討をすすめることにする。

### (2) 補充程度の基準

補充程度の基準は、第3章第1節の生長推移のところでも明らかにしたように、更新面全域を対象としてha当り10万本（すなわち  $m^2$ 当り10本）のミズナラ稚苗が発生するのに十分な定着種子数を確保することである。なお、後述するように、更新筋の幅を50cmとした場合は、放置筋の幅を1mにするのが妥当であると認められるから、ここではこの両者の幅を前提として検討する。

更新面全域を対象として  $m^2$ 当り10本の稚苗発生を確保するためには、更新筋上のみを対象とすると、更新筋上の  $m^2$  当りに30本の稚苗発生を確保しなければならないことになる。ところで、第3章第1節の発芽のところでも明らかにしたように、伐期林分の林面へ落下するミズナラ種子の稚苗発生率は、基準的には45%であるから、この発生率を考慮すると、補播終了直後の更新筋上には  $m^2$  当り67個が定着していなければならない。しかし、補播終了後から翌春の稚苗発生までの過程においては、諸要因によって発生率が低下する場合があるから、現実的な基準発生率は、安全率を見込んで10%低下させ、35%を前提とすべきであろう。この場合は、更新筋上の  $m^2$ 当りには85個の種子が着していなければならない。

以上の推定結果から、実際に補播を施行する場合の基準としては、更新筋上の  $1m^2$  に85個の定着密度を最少限とすることが適当であり、これ以下の定着密度の更新筋には、これに達する程度に、原則として隣接する放置筋（補助的には他の林地）からミズナラ種子を補充すべきであると認められる。

### (3) 施行功程

ここでは、放置筋上の落下種子を隣接する更新筋上に移しかえる作業のみを対象とする。ただし、隣接する更新筋には  $m^2$ 当り85個以上あり、他の更新筋にはそれ以下である場合、一旦それらの種子を採取し、その少ない更新筋に移しかえるような過不足調整の作業も含めるものとする。

前述したようにこれらの作業を実際に相当広い面積を対象として実施しなかったが、基礎研究の結果から判断すると、放置筋は地床植物が刈払われており、おおむね作業は容易であるとみなされるから、基準的にはha当り8人工を要するものと推定される。

### (4) 施行時期

補播は、その施行目的から、種子落下後、発芽能力のある種子が最も多く林面に定着している時期に施行すべきであることはいうまでもない。ところで、第3章第1節の林分結実量・発芽・種子散布のところでも明らかにしたように、9月20日以前に落下するミズナラ種子は、更新成績にあまり大きく影響しないと推察されるから、9月下旬～10月上旬のミズナラ種子を対象にして補播の施行時期を判定することになろう。

そこで、実際に林地に定着してゆく種子数の推移を示した図-3・8をみると、調査間隔が10日で比較的長いからの確かな判断は困難であるが、10月7日までは定着数は増加しており、それ以後は減少している。一方、図-3・4に示した落下率の観点からは、10月1～10日までには全結実量の25%が落下するにすぎず、しかも10月上旬の後期に至ると落下量はごく少

量になることは、従来における現実の調査観察によっても首肯される。

以上の検討結果から、原則として、10月上旬の前半期が補播施行の適期であると判断される。もちろん、年次によっては、種子の落下率ないしは林地への定着推移にはいく分変動があると推測されるから、この10月上旬の前半期という時期は、あくまでも基準を示すものであって、実際の施行段階においては、この点について充分考慮しなければならない。

#### iv 種子覆土試験

種子覆土という育林手段は、落下種子を鉱物質土壌に確実に着床させるとともに、鳥獣の食害を防止するため、それらを地中に埋没させることを施行目的とするものである。その施行方法としては、下種地拵で用いた耕うん機によって落下種子を地中に耕し入れる方法と、人力によってスコップ・クワ類を用いて覆土する2方法が考えられる。しかしながら、後方で施行するには多くの労働力を要することは容易に予想されるから、工期の面から考えて、前者の機械化作業の方が合理的であると判断される。一方、前者については、稚苗発生率の低下の危険性が予想される。

そこで、この耕うん機による耕うん覆土方法が、果して現実に施行しうるものかどうかを究明するために現地試験を行ない、ミズナラ種子の覆土率・稚苗発生率・発生稚苗の伸長量などについて、スコップを用いた人力覆土方法と比較しながら分析・検討してみることにする。

##### (1) 試験方法

##### 1) 試験地の設定方法

本試験地は、九州大学北海道演習林第11林班の疎開地を対象として設定し、面積は10m×20m(0.02ha)で、その中に図-3・26に示すように、9本のベルトを3本ずつ設定して1繰返し区とし、各繰返し区においては、後述するような3種の方法が施行できるようにしたものである。

この疎開地は、外部から全くミズナラ種子が飛散する可能性がない条件下にあり、地床植物はエゾミヤコザサが優占し、ヤマドリゼンマイが散生しているところであったが、1970年6月上旬にそれらを全刈して、下種地拵の終了後における更新筋と同一地床条件にするため、各ベルトとも、耕うん機によって4回ずつ耕うんして鉱物質土壌をやわらかくして十分に裸出させた。

##### 2) 播種方法

種子は、1969年秋に結実したものを、地表面下約50cmに埋蔵し、1970年6月上旬に掘出したものを用いた。それらの種子はすでに平均1~2cm程度初生根が伸長している状態にあった。こ

のような種子を7本のベルトの地表面にそれぞれ300個ずつ(1ベルト面積は0.5m×6.0m=3.0m<sup>2</sup>であるから、1m<sup>2</sup>当り100個)播種した。

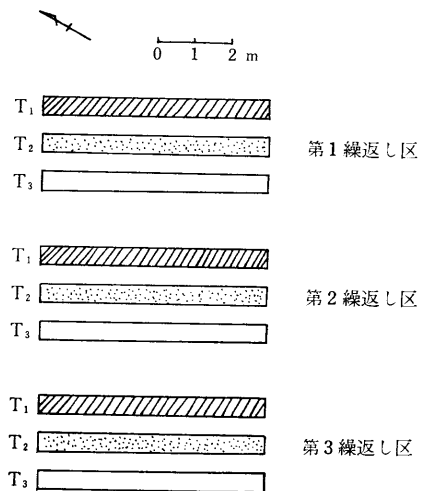


図-3・26 種子覆土試験地の設定状況

## 3) 種子覆土の施行方法

各ベルトに播種した直後（したがって鳥獣の食害による種子数の減少はない）に、各ブロックともつぎのような方法で種子覆土（T）を施行した。なお、耕うん機は下種地拵に使用した機種と同一である。

Ti：耕うん機による2回耕うん覆土：耕うん爪の回転数を低下させて、なるべく徐行しながら同一ベルトを2回耕うんした。

Te：耕うん機による1回耕うん覆土：耕うん爪の回転数を低下させて、なるべく徐行しながら同一ベルトを1回耕うんした。

Ts：スコップによる人力覆土：ベルトの片側に寄せてあらかじめ播種しておき、すべての種子が完全に覆土されるように、スコップを用いて土をかけ、全くかくはんしなかった。

## 4) 調査方法

種子覆土終了直後（したがって覆土後においても裸出していた種子数が鳥獣の食害によって減少することはない）に、各ベルトの裸出種子数を調査した。この調査においては、大部分は地中に埋没しているが、一部は地表に裸出しているものもあったが、一見してミズナラ種子と判別できる程度に裸出しているものは裸出種子に含めるものとし、ごくわずかに裸出しているにすぎないものは覆土された種子とみなした。

つぎに、稚苗発生が終了し、さらに夏期を経過してすでに生長が休止したと認められる同年10月下旬に、各ベルトごとに稚苗発生本数を調査するとともに、苗高を毎苗測定して平均苗高を算出した。

## (2) 試験結果および分析

## 1) 種子覆土率

各ベルトの播種数300個に対する覆土種子数の比率すなわち種子覆土率（%）を算出して示すと表-3-23 のとおりであり、この種子覆土率を表-3-24 に示すように角変換（逆正弦変換）した後、その変換値にもとづいて完全無作為配置法により分散分析すると、表-3-25に示すように処理項は有意であることがわかった。そこで、さらに各処理区の平均値間の差の有意性を検定したところ、表-3-26 に示すような結果を得た。

表-3-23 種子覆土率 (%)

処 理 (T)	繰 返 し			平 均
	1	2	3	
Ti	95.0	91.3	93.3	93.2
Te	92.6	92.3	95.0	93.3
Ts	100.0	100.0	100.0	100.0
平 均	95.9	94.5	96.1	—

表-3-24 種子覆土率の角変換値

処 理 (T)	繰 返 し			平 均
	1	2	3	
Ti	77.1	72.8	75.0	75.0
Te	74.2	73.9	77.1	75.1
Ts	90.0	90.0	90.0	90.0
平 均	80.4	78.9	80.7	—

表-3-25 種子覆土率の分散分析

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
処 理	449.02	2	224.51	87.02** > F <sub>0.01</sub> = 10.92
誤 差	15.49	6	2.58	
全 体	464.51	8		

表-3-26 種子覆土率の各処理区間の有意差検定

T <sub>i</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> -75.0	T <sub>1</sub> -75.1
T <sub>3</sub>	90.0	15.0**	14.9**
T <sub>2</sub>	75.1	0.1	
T <sub>1</sub>	75.0		

$$LSD_{0.05} = \sqrt{2.58/2} \times \sqrt{2} \times t_{0.05} = 3.9$$

$$LSD_{0.01} = \sqrt{2.58/2} \times \sqrt{2} \times t_{0.01} = 6.0$$

による耕うんによって種子覆土を施行した場合の覆土率は約93%で、残りの約7%は裸出したままになるといえる。

なお、現実の作業状況の観察によれば、耕うん機の側方板と後方の土はね防止用のゴムラベルによって、種子がベルト（すなわち更新筋）の側方および後方に飛散するという現象は全くみられなかった。

## 2) 稚苗発生率

まずはじめに、覆土された種子数のみを対象として稚苗発生率(%)を算出すると表-3-27のとおりであり、この発生率を覆土率の場合と同様にして角変換し分散分析すると、表-3-28に示すように処理項は有意でないことがわかった。したがって、すでに伸長していた初生根がほとんど損傷されないと推測される場所のスコップによる人力覆土を施行した場合に比較して、耕うん機による耕うん覆土を施行しても、耕うん回数が1回および2回の場合には発生率には差はないから、耕うん爪によってかくはんしても稚苗発生にはほとんど支障はないといえる。

表-3.27 覆土種子の稚苗発生率 (%)

処 理 (T)	繰 返 し			平 均
	1	2	3	
T <sub>1</sub>	81.7	79.9	75.0	78.9
T <sub>2</sub>	73.3	80.8	82.4	78.8
T <sub>3</sub>	84.0	80.6	90.0	84.9
平 均	79.7	80.4	82.5	—

表-3-28 覆土種子の稚苗発生率の分散分析

要 因	平方和	自 由 度	平方平均	分 散 比
処 理	42.32	2	21.16	1.95 < F <sub>0.05</sub> = 5.14
誤 差	65.02	6	10.84	
全 体	107.34	8		

つぎに、播種したすべての種子数に対する発生率(%)を算出すると表-3-29のとおりであり、この発生率を角変換し分散分析すると表-3-30に示すように処理項には有意差がないことがわかった。したがって、表-3-29に示すように、耕うん機による耕うん覆土を施行した場合には、耕うん回数による差はほとんどなく約74%で、スコップによる人力覆土の場合の約85%に比較して約10%低下しているが、その差は有意でないということになる。

表-3-29 全播種種子の稚苗発生率 (%)

処 理 (T)	繰 返 し			平 均
	1	2	3	
T <sub>1</sub>	77.6	73.0	70.0	73.5
T <sub>2</sub>	68.0	74.6	78.3	73.6
T <sub>3</sub>	84.0	80.6	90.0	84.9
平 均	76.5	76.1	79.4	—

この検定結果から、耕うん機による耕うん覆土を施行する場合には、スコップによる人力覆土を施行した場合に対して覆土率には差はあるが、耕うん回数が1回と2回の場合ではその差は認められないことがわかる。すなわち、表-3-23によれば耕うん回数にかかわらず、耕うん機

表-3.30 全播種種子の稚苗発生率の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
処理	133.39	2	66.70	$5.06 < F_{0.05} = 5.14$
誤差	79.14	6	13.19	
全体	212.53	8		

## 3) 発生稚苗の伸長量

各ベルトの毎苗測定による発生稚苗の平均苗高を示すと表-3.31のとおりであり、この結果にもとづいて完全無作為配置法により分散分析すると表-3.32に示すとおりであって、いずれの処理区においても約15cmに伸長しており、処理項は有意でないことがわかる。

したがって、発生率の場合と同様に、す

表-3.31 発生稚苗の平均苗高 (cm)

処理 (T)	繰返			平均
	1	2	3	
T <sub>1</sub>	14.7	14.6	15.3	14.9
T <sub>2</sub>	16.5	13.1	14.6	14.7
T <sub>3</sub>	15.0	15.1	13.7	14.6
平均	15.4	14.3	14.5	—

表-3.32 平均苗高の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
処理	0.11	2	0.06	$0.05 < F_{0.05} = 5.14$
誤差	7.31	6	1.22	
全体	7.42	8		

に伸長していた初生根がほとんど損傷されないと推測されるところのスコップによる人力覆土を施行した場合に比較して、耕うん機による耕うん覆土を施行しても、耕うん回数が1回および2回の場合には発生稚苗の伸長量には差はないから、耕うん爪によってかくはんしても発生後の伸長にはほとんど支障はないといえる。

## (3) 考察

## 1) 種子覆土の施行方法

以上の分析結果から判断すると、耕うん機によって同一更新筋を1回ないしは2回耕うんすることによっても、更新筋に定着している種子数の大部分にあたる約93%が覆土されるとともに、稚苗発生率はある程度低下する傾向はあるが、その低下率は大きくなく、発生後のミズナラ稚苗の伸長にはさしつかえないから、種子覆土の施行方法として、技術的には、耕うん機による耕うん覆土を採用できる可能性は充分にあると認められる。

一方、作業工程の面から考えると、耕うん機による耕うん覆土は、スコップによる人力覆土に比較するとはるかに軽労働であって、しかも能率的であることは明らかである。また、同一更新筋を2回耕うんしても、稚苗発生率および発生後の稚苗伸長量とも、1回耕うんの場合に対してほとんど差異は認められないから、耕うん回数は施行工程を向上させるため1回にすべきである。

したがって、ミズナラの構造材林造成における種子覆土は、すでに明らかにした下種地拵によって同一更新筋が耕うん機によって少なくとも4回耕うんされていることを前提とした場合、その後に施行される補播の終了後に、同一更新筋を耕うん機によって、耕うん

爪の回転数をなるべく低下させ、しかも徐行しながら一回耕うんする方法が最も適切であると考えられる。

## 2) 施行時期

10月上旬の前半期に施行される補播によって、更新筋上に種子が集中的に定着された状態になったとしても、そのまま放置すれば鳥獣の食害によって定着種子数がさらに減少することは明らかであり、補播という育林手段の施行目的が十分に達成されえない結果となる。したがって、種子覆土の施行は補播終了直後が適当であり、現実の施行段階においては、補播と併行させて施行すべきであるといえる。もちろん、両作業の支障にならない程度に、両者の施行工期を考慮して、一定の時間あるいは更新筋の位置間隔をおいておくことはいうまでもない。

## 3) 施行工期

同一更新筋を一回耕うんするのみであり、すでに4回耕うんされているから、下種地拵の場合のように地床植物による耕うん能率の低下もないと予想されるから、基準的には、ha当り1人工程を見込んでおけば充分であると推定される。

## v 更新伐試験

ミズナラの構造材林造成を目的とする更新伐は、さきへのべたように皆伐によって施行すべきであることはいうまでもない。したがって、更新伐の適切な施行方法を明らかにするためには、主としてその施行時期を検討すべきである。

その施行時期については、基準的には、すでに明らかにしたように種子覆土終了後（すなわち10月上旬の後半期）から翌年のミズナラ稚苗の発生前（すなわち5月中旬）までが適切と判断されるが、その期間は冬期は含めて約7カ月間にわたり、比較的長いといえる。したがって、この7カ月間のどの時期が更新伐の施行に適切であるかについてさらに検討する必要がある。

そこで、伐出時期を積雪の有無によって3期に分け、その時期とミズナラ稚苗の発生状態の関係を現地試験によって明らかにし、その試験結果にもとづいて更新伐の施行時期を検討してみることにする。なお、更新伐の施行工期については、一般の皆伐による伐出作業とほとんど同一条件にあるとみなしてふれないことにした。

### (1) 試験方法

#### 1) 試験地の設定方法

本試験地は、九州大学北海道演習林第7林班の推定林令約150年のミズナラ伐期林分を対象として設定したが、その総面積は0.53haで、それは表-3-33に示すような隣接3林分からなっており、後述する3時期の更新伐が施行できるようにした。

表-3-33 更新伐試験地の概況

施行区	面積 (ha)	ha当り本数(本)	平均直径(cm)	傾斜度
T <sub>1</sub> 林分	0.20(50*×40)	346	$\frac{33}{8\sim74}$	10°~17°
T <sub>2</sub> 林分	0.18(60*×30)	245	$\frac{41}{6\sim68}$	5°~13°
T <sub>3</sub> 林分	0.15(60*×25)	247	$\frac{45}{8\sim84}$	0°~5°

注 \* 印: 耕うん進行方向の距離 (m)

なお、3林分に対して、1969年8月下旬に、下種地拵をすでにのべたような方法で施行し、その後において補播および種子覆土は施行しなかった。また、伐採木の試験地外部への搬出は、ブルドーザのウインチによって全幹あるいは全木集材方式で行ない、ブルドーザは直接試験地内に入らないようにした。

## 2) 施行時期

各林分に対する皆伐・搬出・枝条整理の時期はつぎのとおりである。

T<sub>1</sub>: 積雪前(当年11月上旬) 施行

0.20 ha の林分に対して、積雪前の種下落下当年11月上旬に皆伐・搬出を完了し、その後伐採木の枝条整理を施行した。

T<sub>2</sub>: 積雪中(翌年3月上旬) 施行

0.18 ha の林分に対して、積雪中の種子落下翌年3月上旬に皆伐・搬出を完了し、融雪後の4月下旬に伐採木の枝条整理を施行した。

T<sub>3</sub>: 融雪後(翌年4月下旬) 施行

0.15 ha の林分に対して、種子落下翌年融雪後の4月下旬に皆伐・搬出を完了し、その後伐採木の枝条整理を施行した。

## (2) 試験結果および考察

ここでは、施行時期について、上木の保護効果および地床のかん乱状態という観点から、実際の伐出作業の観察結果にもとづいて考察を試みることにする。

### 1) 上木の保護効果と施行時期

ミズナラは、いうまでもなく落葉広葉樹であり、普通、少なくとも10月中旬までに完全に落葉し終り、翌年5月中旬頃から開葉しはじめるから、更新伐の施行時期に相当する10月中旬～翌年5月中旬までの約7カ月間においては、開葉した上層林冠の効果的な保護作用はほとんど期待できない条件下にあるといえる。しかしながら、上木の全く成立していない皆伐跡地に比較すれば、開葉していない林冠によっても、ある程度の保護効果は期待できるものと推察される。したがって、上木の保護効果という観点からは、少なくとも厳寒期をすぎるとは上木を保残しておくことがのぞましく、更新伐は厳寒期をすぎた後に施行すべきであるといえよう。

### 2) 地床のかん乱状態と施行時期

北海道地方においては、前述の7カ月間の間に積雪がみられ、伐出作業ないしはそれによる地床のかん乱程度に重要な関連性がある。

すなわち、積雪期間中に伐出作業を完了した場合は、地床のかん乱程度はきわめて小さいから、種子覆土によってすでに鋳物質上壤中に着床して発根していると想定されるミズナラ種子をかん乱して、稚苗発生率の低下をまねく危険性は小さいといえる。それに対して、積雪前および融雪後に伐出作業を実施した場合は地床はかん乱され、ことに、作業状況を観察していると、写真-3-18 に示すように伐



写真-3-18 伐採木の搬出によって、地床がかん乱された状況  
(点線は更新筋と放置筋の設定方向)

採木の搬出の際に更新筋と放置筋が乱れる場合があり、それにもなると、ミズナラ稚苗の発生状態を翌春観察したところ、更新筋の定着種子が放置筋に移動されて発生状態が不整になる傾向があると認められた。

ところで、下種地拵において、更新筋と放置筋を交互に設定したことは、下種地拵の施行工期の向上、あるいは補播の合理的な施行のみを目的としたものではなく、さらに成林後になるべく整然とした林相を呈さしめるための手段でもある。このような観点からすると、更新筋と放置筋が不整となり、その結果稚苗の発生状態が不整になることは、更新技術上このまじくないといえる。したがって、北海道地方においては、積雪という自然現象を育林技術にたくみに利用し、更新筋と放置筋の乱れることのない積雪期間中に更新伐を施行すべきであると考えられる。

### 3) 適切な施行時期

以上の検討結果を総括すると、厳寒期をすぎるまではなるべく上木を保残するとともに、地床のかく乱を少なくすることがのぞましいと考えられるから、更新伐の適切な施行時期は、原則として積雪期間中のなるべく後期ということになり、具体的には、北海道地方においては、3月上旬～中旬がその時期に相当する。

## vi 枝条整理試験

枝条整理は、すでに明らかにしたように、更新伐終了後の更新面に散在している伐採木の末木枝条を整理する育林手段であるが、その施行方法としては、後述するように下種地拵の施行段階で更新面に交互に設定された放置筋上に整理することが最も適切であると考えられる。

そこで、現地試験を実施して、枝条整理が施行されず、末木枝条が堆積されたままの林面におけるミズナラ稚苗の消長および伸長について明らかにすることにより、枝条整理施行の必要性を実証するとともに、さきに明らかにした更新伐試験地の枝条整理作業状況から、放置筋の幅および施行の時期と工期について検討を試みることにする。

### (1) 試験方法

#### 1) 試験地の設定方法

本試験地は、九州大学北海道演習林第30林班の1967年秋に結実・落下したミズナラ種子によって、翌1968年に天然更新した林地に設定した。このようなミズナラ天然下種更新地の一部に、ミズナラ稚苗が一生育期間を経過した1968年11月初旬、後述するような方法で伐採木の末木枝葉を堆積したプロットと堆積しない裸地プロットを隣接させ、この2プロットを1ブロックとして6ブロック設定した。なお、各ブロックにおけるそれぞれのプロットの大きさは  $2\text{m} \times 3\text{m} (=6\text{m}^2)$  である。

これらの6ブロックは、すべて起伏の少ない一山腹斜面（斜面方位は北東）の中腹部にあって、各ブロックは斜面に沿って約10m間隔に設定されており、生育条件はほぼ同一とみなすことができる。なお、地床植物はエゾミヤコザサ・イトスゲ・アキカラマツなどであるが、これらは全く刈払わなかった。

#### 2) 稚苗の調査方法

プロットを設定するにあたっては、すでに枝条が堆積しているところではなく、裸地になっており、しかも1年生のミズナラ稚苗がすでに発生しているところを選定したもので



あって、枝条の堆積プロットは、当初裸地であったところに人為的に枝条を堆積させることによって設定したものである。

そこで、1968年11月初旬に、後述するような方法で枝条を堆積するまえに、枝条堆積プロットと裸地プロット内にすでに成立している1年生のミズナラ稚苗の本数を調査するとともに、その中から、平均的な稚苗を5本ずつ選定して苗高を測定し、2生育期間経過後の3年生稚苗の生育本数・苗高を調査することにした。なお、5本ずつの抽出稚苗に対しては、2年後の再調査にそなえ、それらの根元にマークテープをくくりつけることによって標示した。

### 3) 枝条の堆積方法

各ブロックの枝条堆積プロットには、 $2\text{m} \times 3\text{m}$ の区画内のほぼ全面にわたって写真-3・19および3・20に示すように、周辺の伐採木の枝条を人力作業によって堆積した。堆積量は、重量・容積などで具体的に規制せず、普通の皆伐跡地において、伐採木の枝条を筋状に整理した場合とほぼ同程度とし、各プロットとも堆積量が均一になるように配慮した。



写真-3・19 枝条堆積プロット（第4ブロック）の枝条堆積状況



写真-3・20 枝条堆積プロット（第5ブロック）の枝条堆積状況

なお、枝条堆積直後においては、その他床には陽光が全く射入しえない状態ではなく、堆積された枝条の間隙から、ある程度の陽光は射入しうる状態にあるとみなされた。

## (2) 試験結果および分析

### 1) 稚苗の消失率

1968年11月初旬および1970年10月下旬の各プロット内におけるミズナラ稚苗の成立本数を示すと表-3・34のとおりである。ただし、1970年の調査においては、頂軸が順調に伸長していない衰勢稚苗もみられたが、それらはすべて残存稚苗に含めることにした。この調査結果を概括的にみると、1968年11月初旬における1年生ミズナラ稚苗の成立本数は、裸地プロットが $6\text{m}^2$ 当り平均16.8本（ $1\text{m}^2$ 当り2.8本、1ha当り28,000本）であるのに対して、枝条堆積プロットでは $6\text{m}^2$ 当り平均13.2本（ $1\text{m}^2$ 当り2.2本、ha当り22,000本）で、当初においては前者の方が成立密度はいく分大きい状態であったが、しかし2生育期間経過後においては、前者が $6\text{m}^2$ 当り平均16.0本でほとんど消失していない（消失率は約5%にすぎない）のに対して、後者は $6\text{m}^2$ 当り平均9.5本に減少し、消失率は28%に達しており、両者の差は大きくなっている。この結果は、1970年10月下旬においても、2年前に堆積された枝条はある程度腐朽はしていたが、堆積状態はほぼ原形のままであり、庇陰状態が維持されてきたため、その庇陰によって稚苗が消失したことによるものと判断される。

表-3-34 稚苗の成立本数 (9m<sup>2</sup> 当り・本)

プロット	調査年	ブ ロ ッ ク						平 均	m <sup>2</sup> 当り 平 均
		1	2	3	4	5	6		
裸 地	1968	9	22	16	20	20	14	16.8	2.8
	1970	9	21	15	18	20	13	16.0	2.7
技 条 堆 積	1968	10	15	11	19	15	9	13.2	2.2
	1970	7	12	7	16	10	5	9.5	1.6

そこで、表-3-34の結果にもとづき、各プロットごとに消失率を算出してみると表-3-35のとおりであり、この算出結果を角変換して乱かい法により分散分析すると表-3-36に示すような結果となり、処理項は有意であるから、枝条が堆積されている林面においては、一旦発生したミズナラ稚苗でも、前述したような理由から、少なくとも2年経過する間に枯死してゆく稚苗が多くなる傾向があると認められる。

表-3-35 稚苗消失率 (%)

プロット	ブ ロ ッ ク						平 均
	1	2	3	4	5	6	
裸 地	0	4.5	6.3	10.0	0	7.1	4.7
枝 条 堆 積	30.0	20.0	36.0	15.8	33.3	44.4	29.9
平 均	15.0	12.3	21.2	12.9	16.7	25.8	—

表-3-36 稚苗消失率の分散分析

要 因	平方和	自 由 度	平方平均	分 散 比
ブロック	225.09	5	45.02	0.68 < F <sub>0.05</sub> = 5.05
処 理 誤 差	1,550.42	1	1,550.42	23.37** > F <sub>0.01</sub> = 16.26
	331.69	5	66.34	
全 体	2,107.20	11		

## 2) 稚苗の伸長量

1968年11月初旬および1970年10月下旬の各プロット内で5本ずつ選定したミズナラ稚苗の平均苗高（ただし、1970年現在では枯死したものがあつたが、残存稚苗のみを対象にして算出した）を示すと表-3-37のとおりであるが、この調査結果にもとづいて、各プロットごとに2年間の伸長量を算出して示すと表-3-38のとおりであつて、両プロットの伸長量には大きな差異はないものとみなされる。そこで、表-3-38の結果を乱かい法によって分散分析すると表-3-39に示すとおりであつて、枝条堆積プロットでも残存稚苗に関する限り、裸地プロットとの伸長量の差は有意でないことがわかる。

しかしながら、枝条堆積プロットの残存稚苗は、抽出稚苗に限らず、その頂軸は大部分が堆積された枝条の表面上に抜きんでていたが、枝条の間隙をぬって生育しているために主軸が彎曲しているものが多くみられた。したがつて、枝条堆積プロットの抽出稚苗の苗高測定は、その彎曲に沿って行なつたので、正確には苗長とみなされるものである。

表-3-37 平均 苗 高 (cm)

プロット	調査年	ブ ロ ッ ク						平 均
		1	2	3	4	5	6	
裸 地	1968	18.1	16.4	19.1	15.3	14.9	15.6	16.6
	1970	61.5	46.6	50.5	45.0	56.3	50.4	51.7
枝条堆積	1968	19.3	18.6	15.8	17.8	15.9	14.9	17.1
	1970	56.3	42.5	57.7	48.8	38.8	56.5	50.1

表-3-38 稚苗の2年間の伸長量 (cm)

プ ロ ッ ト	ブ ロ ッ ク						平 均
	1	2	3	4	5	6	
裸 地	43.4	30.2	31.4	29.7	41.4	34.8	35.2
枝条堆積	37.0	23.9	41.9	31.0	22.9	41.6	33.1
平 均	40.2	27.1	36.7	30.4	32.2	38.2	—

表-3-39 2年間の伸長量の分散分析

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
ブロック	256.18	5	51.24	$0.92 < F_{0.05} = 5.05$
処 理	13.23	1	13.23	$0.24 < F_{0.05} = 6.61$
誤 差	277.31	5	55.46	
全 体	546.72	11		

このように、枝条が堆積された林面で生育過程をたどったミズナラ稚苗は、第1章第3節の樹性のところで前述したように、ミズナラが針葉樹と異なって、生育条件の良好な方向へ容易に主軸を曲げうる樹性をもっているから、苗長の伸長量は大きく低下しないが、その形質は不良化がいちじるしく、育林技術上このまじく生育状態にあるといえる。

### (3) 考 察

#### 1) 枝条整理の必要性とその施行方法

以上の分析・検討結果から判断すると、ミズナラは、ことに陽性樹種のひとつであるから、枝条の堆積によって庇陰されている林面においては、2生育期間以上にわたって堆積されておれば、消失率はこれよりも大きくなるものと推測される。また一方、枝条が堆積されているにもかかわらず残存した稚苗は、枝条の間隙をぬって生育する結果となるから、その形質が不良になることはまぬがれない。

したがって、稚苗発生前までの過程で、下種地拵→補播→種子覆土→更新伐の順に施行される更新手段によって、たとえ多量のミズナラ稚苗が発生したとしても、その更新筋上に更新伐によって伐採された主伐木の末木枝条が堆積されていると、その成立密度が低下しないしは不均一になるとともに、稚苗の形質が不良になるから、伐採木の末木枝条は更新筋上から除去する必要があると考えられる。

つぎに、枝条整理の施行方法としては、下種地拵の施行段階で設定された放置筋上に、

末木枝条を筋置きすることが適切であると認められる。その理由は、このような方法で施行した場合は、原則としてミズナラ稚苗の更新を期待しない放置筋上の大型草本の繁茂がある程度抑制することができると考えられるから、更新筋上のミズナラ稚苗に側方光線が照射されやすく、稚苗の生長に好結果をもたらすとともに、それらの筋状に堆積された末木枝条はいずれは腐朽して林地に有機質を供給することになり、地力の維持増進にも有効であると考えられるからである。

## 2) 放置筋の幅

以上のような方法で伐採木の末木枝条を放置筋に沿って筋状整理する場合は、その放置筋の幅が、末木枝条の量と密接な関連をもつことはいうまでもない。さきに明らかにした更新伐試験地において、前述した方法で実際に枝条整理を施行したが、そのときの放置筋の幅は更新筋と同一の50cmを基準としていた。その整理事業の実況から判断すると、50cm幅内に枝条を筋状整理するためには、その末木枝条を相当小さく切断する必要があり、それでもなおかつ更新筋上に枝条の一部がはみでる場合がかなりあって、施行工期および更新成績の両面からも、さらに放置筋の幅を広くすることが得策であると考えられた。

したがって、更新筋の幅が50cm程度であれば、それに隣接して交互に設定される放置筋の幅は1m程度を基準にすべきであると判断される。ところで、更新筋の幅を50cm、放置筋の幅を1mとした場合は、模式的に更新筋の中央部にミズナラ稚苗が1列に成立すると想定すれば、列間は基準的には1.5mとなるが、ドイツ・デンマークにおけるナラの人工植栽・人工播種における列間が1.3m程度であることを考慮すると、この程度の列間でも広すぎることはないと考えられる。

## 3) 施行の時期および工期

枝条整理は、伐採木の末木枝条を前述のように放置筋に筋状整理するのであるから、放置筋が明らかでないとその施行は不可能である。したがって、積雪期間中の後期（3月上～中旬）に更新伐が施行されて、さらに融雪後林面が裸出した後に枝条整理を施行すべきであることはいうまでもない。また一方、ミズナラ稚苗の発生前（5月中旬まで）に、更新筋から末木枝条を除去することがのぞましいから、基準的には更新伐施行後の4月上旬～5月中旬の間が枝条整理の施行時期に相当するといえる。

つぎに施行工期は、前述の更新伐試験地の枝条整理の作業状況から判断すると、放置筋の幅が50cmの場合では、基準的にはha当たり約14人工を要するものと推定される。したがって、放置筋の幅を1mに広くした場合は、50cmの場合よりも作業能率は向上すると考えられるから、基準的にはha当たり約12人工を要するものと推定される。

## vii 補植の施行方法

補植は、実質的には苗木の人工植栽であり、その施行目的は更新当初における必要最少限の稚苗発生密度以下の更新面すなわち更新筋に部分的に苗木を補充することであるが、ミズナラ稚苗の根系が直根性であること、更新当初における更新筋内の稚苗発生状態あるいは地床状態などから技術的に判断して、最近事業化がすすめられているポット造林方式により、ポット付1年生苗木を人工植栽することが適切な施行方法であると考えられる。もちろん、この方式は技術的観点からのみならず、経営的観点からも多くの利点があることはいうまでもない。

このポット造林方式による一年生苗木の補植試験を現実の天然下種更新地を対象として実施しなかったので、ここでは、基礎研究および応用研究の結果にもとづき、現実の天然下種更新地の更新当年の林面を観察することによって、養苗方法および植付方法などについて検討を試みることにする。

### (1) 補充程度の基準

養苗・植付などを検討するのにさきだち、まず補植による苗木の補充程度の基準について具体的に検討しておくことにする。基準的には、種子落下当年の更新面において、ha 当り10万本の稚苗が成立しておればよいのであるが、これまでに施行されてきた育林手段により、ミズナラ稚苗発生の対象は、あくまでも放置筋(幅1m)と交互に設定された更新筋(幅0.5m)上のみであることが原則である。

したがって、全更新面を対象としてha当り10万本( $m^2$ 当り10本)の稚苗を確保するためには、全更新面の1/3にあたる更新筋のみでそれを確保しなければならないから、更新筋の $1m^2$ 当りでは30本の稚苗を必要とする結果となる。この基準にもとづいて、稚苗の成立状態を模式化して検討すると、具体的には、更新筋上の $0.5m \times 2.0m (=1m^2)$ の範囲に、稚苗が2列に整然と発生すると仮定すれば、苗間は約13cm、列間約25cmとなり、3列の場合では苗間約20cm、列間約17cmとなる。しかしながら、現実には更新筋上において、このような整然とした稚苗発生を期待することは困難であるから、補植の施行段階における基準としては、前述の模式的な発生状態によって判断すると、ミズナラ稚苗相互間の間隔が15~25cm以上のところへ、しかも現実的には、そのような発生密度の小さい部分が相当連続しているところへ、ポット付1年生苗木を補充することになる。

### (2) 養苗方法

秋にポットにミズナラ種子を播種し、翌年発生したミズナラ稚苗を7月中旬以降にただちに1年生苗木として山出することを考慮すると、床替は全く不要であるから、養苗は更新面の隣接地ないしは近接地で行なうことが、運搬にともなう作業を節減する点で、得策であると考えられる。すなわち、種子落下期間中(豊作年)の適切な時期に、その隣接地ないしは近接地の土壌をポットに入れ、その中に1個ずつミズナラ種子(もちろん健全種子)を表面下2~3cm程度に播種する。ミズナラ種子は大型であるから、このような作業は容易に実行できる。

つぎに、ミズナラ種子が1個ずつ播種されたポットは、土壌が採取された跡地へならべて、乾燥を防止するためにポット相互間の間隙に土壌をつめておき、さらに鳥獣の食害を防止するため、金網を全面的に被覆しておくことがのぞましい。

以上のような養苗方法によって、ポット内の種子から、播種の翌年5月下旬~7月中旬の間に稚苗が発生し、それがすなわちポット付1年生苗木となるのである。なお、使用するポットについては、1年生稚苗の杭根が写真-3・1に示すように10~15cmに達することを考慮するなるべく深いものが適当であるが、どのようなポットがよいかという試験研究は今後にゆずるものとする。

### (3) 植付の時期および方法

植付は、天然下種によって発生してくる1年生ミズナラ稚苗が完全に開葉し、その成立状態が明らかになるのを待って施行すべきであり、具体的には7月中旬以降である。それ

以降の現実の植付時期は、ポット付苗木であるから技術上の制約はなく、労働力の時期的な配分によって決定すべきであることはいうまでもない。

つぎに、植付方法は、ミズナラ稚苗の成立間隔が狭く、しかも不規則であるから、一般の針葉樹人工植栽地で用いられている造林用クワなどによる方法を採用すべきでないと考えられる。なぜならば、近接稚苗を損傷する場合は多くなると予想されるからである。また一方、植付の対象となる更新筋は、すでに下種地拵で4回、種子覆土で1回、計5回耕うん機によって耕うんされており、しかもポットが埋込める程度の穴を掘ればよいことを考慮すると、クワなどを用いる必要はないともいえる。したがって、植付には、移植コテないしは小型スコップなどを用いて、近接のミズナラ稚苗を損傷しないように植穴を掘り、そこへポット付1年生苗木を埋込むという方法が適切であると考えられる。

#### viii 稚樹刈出試験

ミズナラの構造材林造成を目的とした稚樹刈出は、針葉樹の人工植栽地における下刈に相当する育林手段であるが、ミズナラの天然下種更新地においては、更新樹の成立密度が比較的小さい場合でも、針葉樹の人工植栽地に比較すれば相対的に大きく、その成立状態も不整であるとともに、刈出を実施するにしても密立状態が保持できる方法を採用すべきであるから、人工植栽地を対象とする従来の下刈法をそのままミズナラ天然下種更新地の稚樹刈出法に適用することは合理的とはいえない。

したがって、ミズナラの天然下種更新地に対する稚樹刈出法としてどのような方法が適切であるかを検討しなければならないか、その方法としては、後述するようなアカマツ天然下種更新地に対する稚樹刈出法として好適であることがすでに実証されている筋刈法<sup>10)</sup>が広葉樹のミズナラに対しても適切であると推察される。

そこで、2年生のミズナラ天然下種更新地を対象として、前述のアカマツ天然下種更新地に対する筋刈法と従来針葉樹人工植栽地に対する普通の筋刈法とを現実の林地で比較試験して、ミズナラ稚樹の消長と樹高生長量を明らかにし、その結果にもとづいて前述のアカマツに対する筋刈法がミズナラに対しても適切であることを実証するとともに、その施行工程について検討してみたい。

##### (1) 試験方法

###### 1) 試験地の設定方法

本試験地は、九州大学北海道演習林第30林班のミズナラ天然下種更新地(2年生)に、1969年6月中旬に後述するような方法の筋刈を施行して設定したものである。その総面積は0.27ha(30m×90m)で、それを図-3.27に示すように3プロットに等分して3回繰返しとし、さらに各プロットを2等分して刈出区とし、後述するような2方法の刈出が施行できるようにした。

なお、1969年6月現在のミズナラ稚樹の成立密度はha当り平均24,000本で、2年生としては成立密度が理想密度(5年生でha当り30,000本以上)に対してかなり小さいと考えられ、稚樹刈出の施行が必要とみなされる状態にある。

###### 2) 稚樹刈出方法

これまでに明らかにしてきた一連の更新手段の施行により、現実の稚樹刈出の施行段階においては、更新筋と放置筋が設定されていることを考慮し、各刈出区とも等高線沿いに

それぞれ幅 1 m ずつの更新筋と放置筋を交互に想定し、つぎのような方法の筋刈を行なった。

#### ① 放置筋筋刈

アカマツ天然下種更新地に適用された方法で、更新筋はミズナラ以外の植生があっても原則としてそのまま放置し、放置筋をミズナラ稚樹の有無にかかわらず、刈払機を用いて一律に筋刈する。

#### ② 更新筋筋刈

従来の針葉樹人工植栽地に対する筋刈と同一方法で、更新筋内のミズナラ稚樹のみを保全し、他の植生をカマを用いて人力で刈払い、放置筋は原則としてそのまま放置する。

#### 3) 調査方法

以上のような方法で筋刈を行なえば、各プロットにおけるそれぞれの刈出区では、更新筋が7~8本ずつ設定されることになるが、その中から無作為に3本ずつ更新筋を選定して調査ベルトとした。したがって、1本の調査ベルトは幅 1m、長さ 30m で面積 30m<sup>2</sup> となる。

刈出作業終了直後に、各調査ベルト内のミズナラ稚樹の成立本数を調査するとともに、その中から、平均的な稚樹を10本ずつ選定して樹高を測定した。なお、10本ずつの抽出稚樹に対しては、根元に赤ペンキをぬって標示した。

#### (2) 試験結果および分析

##### 1) 稚樹の消失率

刈出後2生育期間を経過した1970年10月下旬に各刈出区の調査ベルト内の稚樹成立本数を調査し、3本の調査ベルトの平均値として消失率を示すと表-3-40 のとおりである。この結果を角変換して完全無作為配置法により分散分析すると表-3-41 のとおりである。すなわち、処理項には有意差は認められないから、更新筋内のミズナラ稚樹は、その更新筋内にミズナラ以外の植生があっても、その両側が完全に疎開されているから、多量の側方

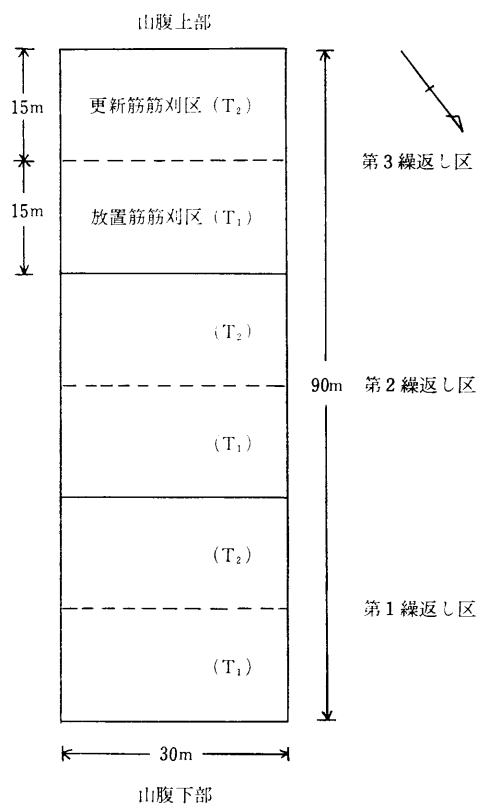


図-3-27 稚樹刈出試験地の設定状況

表-3-40 稚樹の消失率(%)

刈出方法	繰返			平均
	1	2	3	
放置筋筋刈	17.8	12.9	19.9	15.5
更新筋筋刈	12.2	13.0	15.6	13.6
平均	15.0	13.0	15.8	-

光線を受けやすいため、針葉樹の人工植栽地に対して施行される普通の筋刈法に比較してその消失率は大きくならないものと考えられる。

表-3-41 稚樹消失率の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
処理	3.64	1	3.64	1.21 < $F_{0.05} = 7.71$
誤差	12.09	4	3.02	
全体	15.73	5		

## 2) 稚樹の伸長量

刈出後2生育期間を経過した1970年10月下旬に各刈出区の3本の調査ベルト内にある計30本の抽出稚樹の樹高を調査し、その結果を年平均伸長量で示すと表-3-42のとおりである。この結果を完全無作為配置法により分散分析すると表-3-43のとおりであり、処理項には有意差は認められないから、消失率の場合と同様に普通の筋刈法に比較して、放置筋筋刈法を施行した場合においても、ミズナラ稚樹の伸長量が低下する傾向は認められない。

表-3-42 稚樹の年平均伸長量 (cm)

刈出方法	線返し			平均
	1	2	3	
放置筋筋刈	18.5	18.0	20.0	18.8
更新筋筋刈	16.0	18.0	18.0	17.3
平均	17.3	18.0	19.0	—

表-3-43 年平均伸長量の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
処理	3.38	1	3.38	2.79 < $F_{0.05} = 7.71$
誤差	4.83	4	1.21	
全体	8.21	5		

## (3) 考察

## 1) 施行方法

一般に、針葉樹の人工植栽地に対する下刈の目的は、植栽樹周囲の広葉樹萌芽・灌木類・雑草を刈払って、それらの植栽樹に対する被圧効果を除去することにある。したがって、同時にまたそれらの植生の植栽樹に対する側圧効果も除去される結果となる。しかるに、ミズナラ構造材林の造成を目的とする場合は、密立状態を維持してミズナラ稚樹相互間に強度の側圧効果を及ぼし合わせて形質生長の助長をはかることが原則となる。したがって、側圧効果が除去されてしまうところの従来の人工植栽地に対する筋刈法をミズナラの構造材林造成を目的とする更新地にそのまま適用することは合理的ではないといえるから、ミズナラ更新地に対しては、生長の減退および本数の減少を防止しうる程度に被圧効果を除去すると同時に、形質生長を助長するための側圧効果を保持することが可能な稚樹刈出法



が適切ということになる。このように相反するような2条件を満足する刈出法があるとするならば、それはアカマツ天然下種更新地で好結果が得られたところの、ここでいう放置筋筋刈法であると考えられる。

すなわち、ミズナラ稚樹を保育しようとする更新筋内のミズナラ以外の広葉樹萌芽・灌木類・雑草はそのまま保残されるから、ミズナラ稚樹そのものの成立密度が比較的小さくても、それらのミズナラ以外の植生によって、更新筋中央部のミズナラ稚樹は側圧効果を受けることになる。一方、更新筋の両側に隣接する放置筋はすべての植生が除去されるから、両側から相当多量の陽光が更新筋に側方投射される結果となり、ミズナラ稚樹の生長減退および本数減少をもたらす被圧効果は最少限にくい止められるものと考えられる。

今回の試験結果は、稚樹刈出施行後2生育期間を経過した段階のものにすぎないから、さらに今後の生長過程をみなければ的確な判断はできないが、以上のような理論的考察の妥当性はある程度実証されたといえる。すなわち、放置筋筋刈法施行区における更新筋内のミズナラ稚樹の生長減退および本数減少の傾向は、ミズナラ以外の植生が同一更新筋内に生育しているにもかかわらず、更新筋筋刈法施行区における更新筋に比較して大きくない。また、本試験においては、更新筋・放置筋の幅はともに1mであったが、現実にはこれまでの育林手段との関連性を考慮すると、放置筋の幅は同様に1mであるが、更新筋の幅は0.5mとなるから、陽光は更新筋内により多く投射される結果となり、生長減退・本数減少の防止に対しては、より大きな効果が期待される。一方、形質生長の面では、稚樹がまだ4年生であり、さきに示した写真-3・2~3・4にみられるように、主軸はまだ明確であるとともに、枝の発達が充分でないため、両刈出法の効果が稚樹の形態に影響をおよぼす段階に至っていない。しかし、今後の生育過程においては、刈出法の影響が稚樹の形態にあらわされてくるものと推測され、普通の筋刈法施行区における更新筋の稚樹は枝張の発達、あるいは頂軸の傾斜したがって主軸の彎曲程度が放置筋筋刈法施行区におけるものよりも相対的に大きくなるものと予測される。したがって、ここでいう放置筋筋刈法がミズナラ構造材林造成における稚樹刈出法として適切な施行方法であるとしてさしつかえない。

なお、本試験においても必要に応じて一部行なったが、更新筋内においても、将来ミズナラ稚樹を被圧すると推測されるシラカンバ・イタヤカエデ・エンジュなどのミズナラ以外の大きな広葉樹の実生樹および萌芽も同時に除去することがのぞましい。また、刈出の時期および回数などについては、一定すべきではなく、これを必要とする場合のみに限定すべきである。

## 2) 施行工期

放置筋筋刈法を施行する場合は、更新筋内の稚樹の成立間隔が狭く、しかもその成立状態が不整であらっても、放置筋のみを刈払う方法であるから、ミズナラ更新樹を損傷する場合はきわめて少なく、刈出作業は容易である。

その施行工期は、今回の試験結果から判断すると、ha 当り約2人工を要するものと推測されるが、現実には、これまでに施行されてきた育林手段によって、放置筋上には伐採木の末木枝条が堆積されており、また一方放置筋上の植生の繁茂はある程度抑制されるから、それらの相互結果としての現実の更新地の条件下において、さらに、この施行工期は再検討されねばならない。

## ix 除伐試験

更新期に密立状態が維持されて生育過程をたどってきたミズナラ林は、10年生以上に達すると上層木と下層木の林冠構成の分化が明らかに認められ、上層木の中にはミズナラおよびシラカンバなどのミズナラ以外の広葉樹で暴領木ないしは暴領木となる可能性のある立木が発生し、ミズナラ上層木の正常な形質生長を阻害する場合がある。

そこで、そのような林分に対して、それらの暴領木および暴領木となる可能性のある立木、およびそれらの他に特に形質の不良な上層木を伐除した場合に、保残された上層木にどのような影響があるかを検討するため、13~23年生の林分を対象として除伐試験を実施し、主として本数の減少・樹高の生長・枝下高の形成推移を明らかにし、その結果にもとづいて、除伐の施行方法および施行工期などについて検討を試みる。

なお、除伐は、個樹の肥大生長ないしは量的生長を助長することを主目的とした育林手段ではなく、あくまでも林分全体の優良形質養成が主目的であるから、ここでは材積生長にはふれないこととし、胸高直径の生長推移もあわせて検討する程度にとどめたい。

### (1) 試験方法

#### 1) 試験地の設定方法

本試験地は、1963~1964年に九州大学北海道演習林第3および5林班に設定したもので、表-3-44 に示すように6個所(6ブロック)からなり、いずれも尾根筋附近に成林したミズナラ二次林である。設定当時の林令は表-3-44 に示すように13~23年生であるが、各林令における総成立本数は相対的にきわめて多く、ha当り4,800本(23年生)~13,200本(13年生)の範囲にあって、そのうち上層木は約40~60%、平均50.8%を占めており、更新当初は稚苗発生密度が大きく、その後密立一斉林状態が維持されて生育過程をたどったものと推測されるから、これまでに明らかにしてきた一連の育林手段が施行されてきた施業林と想定できる林相を呈している。たとえば、13年生林分の密立状態を示すと写真-3-21 のとおりである。

表-3-44 除伐試験地の概況(設定時現在)

ブ ロ ッ ク	位 置 (林 班)	林 令 (年)	面 積 (ha)				ha当り総 平均本数 (本)	ha当り上 層木平均 本数(本)	平均上層 木占有率 (%)
			総 計	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>			
1	5	13	0.056	0.016	0.018	0.022	13,223	6,538	49.4
2	5	13	0.033	0.014	0.010	0.009	11,939	6,793	56.9
3	3	16	0.043	0.017	0.012	0.014	11,092	4,514	40.7
4	3	17	0.075	0.022	0.020	0.033	6,481	3,979	61.4
5	5	21	0.052	0.019	0.018	0.015	7,833	3,392	43.3
6	5	23	0.317	0.174	0.109	0.034	4,851	2,586	53.3

図 T<sub>1</sub>・T<sub>2</sub>・T<sub>3</sub> は、それぞれ異なった3方法の除伐を実施したプロットを示す。

6個所の試験地は、それぞれ表-3-44 に示したように、無処理の対照区を含めて後述するような3方法の異なった除伐(T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>)を施行しうるに3プロットに分画した。

#### 2) 除伐方法

各ブロック間においては、樹種のいかんにかかわらず、暴領木ないしは暴領木となる可

能性のある立木の発生状態は必ずしも一様でないから、除伐程度を量的に一定に規制することはかなり困難である。しかしながら、現実に除伐木を選定するにあたっては、

- ①暴領木になる可能性のある立木を的確に判定すること。
- ②どの程度のものまでを形質の極度不良木とするかという基準を設けること。

は困難と予想されるから、除伐木選定の一応の基準とするため、現実の林相を調査観察して本数除伐率を定め、それによって除伐程度をある程度量的に規制することにした。

除伐の対象となるものは、前述したように原則として上層木のみであって、下層木は、上層木の樹幹保護樹としての機能を発揮させるため、すべて保残すべきことはいうまでもない。そこで、除伐対象木を上層木に限定し、

- ㉔ 樹種のいかんにかかわらず、暴領木と認められるもの（以下暴領木という）。
- ㉕ 樹種のいかんにかかわらず、将来暴領木になる可能性があると判断されるもの（以下準暴領木という）。
- ㉖ ミズナラ以外の広葉樹で形質がきわめて不良なもの、たとえば主幹がいちじるしく彎曲あるいは傾斜するもの（主幹上部が分岐しているものなど、以下異樹種形質不良木という）。
- ㉗ ミズナラのうちで、前述のように形質がきわめて不良なもの（以下ミズナラ形質不良木という）。

の4種とし、各ブロックのプロットごとに、つぎのような3方法の除伐を実施した。

**T<sub>1</sub>**：中度除伐

除伐対象木の㉔を最優先的に除伐するものとし、本数除伐率が上層木本数の約15%に達することを基準として、さらに㉕→㉖→㉗の順に優先的に除伐する。

**T<sub>2</sub>**：弱度除伐

除伐対象木の㉔を優先的に除伐するものとし、本数除伐率が上層木本数の約5%に達することを基準として㉕を除伐し、原則として㉖・㉗は除伐しないようにする。

**T<sub>3</sub>**：無処理（対照区）

なお、**T<sub>1</sub>**および**T<sub>2</sub>**においては、つる類はごく少数しかなかったが、つる切もあわせて実施した。

### 3) 調査方法

①成立本数は、除伐直前・直後および5年経過後に上層木と下層木とに分けて調査した。なお、胸高直径1.5cm以上のものを有効本数とした。

②樹高は、除伐直後に残存上層木のうちから、10本に1本の割合を原則として、ポールを用いて5cm単位で測定し、5年経過後には、除伐直後に測定した同一上層木を同一方法で測定した。ただし、上層林冠の最上部から頂軸が抜きこんでいるものを対象とするとともに、対照区では暴領木・準暴領木およびそれらの周囲の立木を対象にしないように配慮した。

③枝下高は、樹高測定木と同一とし、除伐直後および5年経過後にポールを用いて最下部



写真-3-21 13年生ミズナラ林分  
(第1ブロックT<sub>3</sub>区)の林相

に着生している生枝までの地上高を5cm単位で測定した。なお、不定枝はその後の生育過程で枯死するものと想定し、不定枝までの地上高を枝下高とはしなかった。

④胸高直径は、除伐直前および5年経過後に直径巻尺を用いてmm単位で毎木測定した。

### (3) 試験結果および分析

#### 1) 本 数

前述の無処理を含めて3方法の除伐を実施した結果およびそれぞれ5年経過後の上層木本数を調査した結果を示すと表-3・45 のとおりである。

表-3・45 本 数

ブロック No.	林 令 (年)	除伐区 (T)	本数除伐 率 (%)	除伐直前 (ha当 り・本)	除伐直後 (ha当 り・本)	除伐5年後 (ha当り・ 本)	減 少 率 (%)
1	13	T <sub>1</sub>	16.4	6,900	5,805	4,418	23.9
		T <sub>2</sub>	5.4	6,625	6,267	4,851	22.6
		T <sub>3</sub>	0	6,045	—	3,954	34.5
2	13	T <sub>1</sub>	15.9	7,400	6,223	4,481	28.0
		T <sub>2</sub>	7.8	6,214	5,729	3,690	35.6
		T <sub>3</sub>	0	6,778	—	4,778	29.5
3	16	T <sub>1</sub>	15.5	4,714	3,983	3,322	16.6
		T <sub>2</sub>	8.7	4,833	4,413	3,106	29.6
		T <sub>3</sub>	0	4,000	—	3,040	24.0
4	17	T <sub>1</sub>	16.4	4,409	3,686	2,982	19.1
		T <sub>2</sub>	5.2	3,900	3,697	2,802	24.2
		T <sub>3</sub>	0	3,636	—	2,607	28.3
5	21	T <sub>1</sub>	17.0	3,474	2,883	2,338	18.9
		T <sub>2</sub>	8.7	3,444	3,144	2,543	19.1
		T <sub>3</sub>	0	3,263	—	2,369	27.4
6	23	T <sub>1</sub>	16.8	2,678	2,228	1,887	15.3
		T <sub>2</sub>	8.0	2,697	2,481	1,948	21.5
		T <sub>3</sub>	0	2,382	—	1,617	32.1

まず、本数除伐率についてみると、基準としてはT<sub>1</sub>（中度除伐）区が15%、T<sub>2</sub>（弱度除伐）区が5%になるように除伐木を選定したが、現実にはT<sub>1</sub>区が15.5~17.0%、T<sub>2</sub>区が5.2~8.7%となり、全般的には基準よりもいく分大きくなっているが、この程度の差異は林分構成の複雑性を考慮すればやむを得ないといえよう。また、別の観点からすると、現実の13~23年生の施業林と想定しうるミズナラ幼令林においては、暴領木および準暴領木が全上層木本数の約5~9%、平均約7%を占める程度に発生しており、これらの他に異樹種およびミズナラの形質不良木を加えると、少なくとも全上層木本数の約15~17%、平均約16%を占めているということを示しているともいえる。

つぎに除伐後5年間における上層木の減少率をみると、概括的には本数除伐率が大きくなるにしたがって、減少率は小さくなる傾向はある程度認められるが、ブロック別すなわち林令の高令化にともなう減少率の変化には明確な傾向を見出すことは困難である。そこ

で、表-3-45 の除伐区別・ブロック（林令）別の減少率を乱かい法によって分散分析すると表-3-46 に示すとおりであって、除伐区には有意差が認められるが、ブロックすなわち林令には有意差は認められないから、前述の推察は妥当であることがわかる。さらに、表-3-46 の除伐区間における平均値の差の有意性を検定すると、 $T_1$  (平均 20.3%) と  $T_2$  (平均 24.5%),  $T_2$  と  $T_3$  (平均 30.2%) との間には有意差がなく、 $T_1$  と  $T_3$  の間にのみ有意差が認められた。

表-3-46 本数減少率の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
ブロック(林令)	175.86	5	35.17	$2.54 < F_{0.05} = 3.33$
処 理	298.37	2	149.19	$10.80^{**} > F_{0.01} = 7.56$
誤 差	138.19	10	13.82	
全 体	612.42	17		

以上の分析結果を除伐5年後の林相の観察にもとづいて検討すれば、現実林分の全上層木本数の約7%を占めている暴領木および準暴領木を除伐した程度では、それらの周囲の上層木はほぼうっ閉状態を構成してはいるものの、下層木へ衰勢するものないしは枯死するものは少ないが、それらの周囲以外においては全く疎開が行なわれないため、林分全体としては無処理の場合と上層木の減少程度には大差がないと考えられる。しかし、暴領木および準暴領木のみならず、暴樹種形質不良木およびミズナラ形質不良木を含めて全上層木の約16%を除伐した場合は、林分全体の上層木相互間にある程度の疎開が行なわれるため、上層木の減少程度は無処理の林分よりも小さくなると考えられる。なお、5年後には形質不良木の除伐による上層林冠の疎開はほとんど認められず、うっ閉状態は回復していた。

## 2) 樹 高

除伐直後および5年経過後の樹高調査結果を平均して、5年間の年平均生長量とともに示すと表-3-47 のとおりである。この結果を概括的にみれば、年平均生長量は28~44cmであって、本数除伐率・林令（ブロック）の間には明確な傾向は認められない。そこで、表-3-47 の年平均生長量を乱かい法によって分散分析すると表-3-48 に示すとおりであって、除伐区および林令には有意差は認められない。

表-3-47 樹 高

ブロック No.	林 令 (年)	除 伐 区 (T)	本数除伐率 (%)	除伐直後 (m)	除伐5年後 (m)	年平均生長量 (cm)
1	13	$T_1$	16.4	5.5	6.9	28.0
		$T_2$	5.4	6.3	8.0	34.0
		$T_3$	0	5.7	7.3	32.0
2	13	$T_1$	15.9	5.5	7.5	40.0
		$T_2$	7.8	6.7	8.3	32.0
		$T_3$	0	5.6	7.4	36.0

3	16	T <sub>i</sub>	15.5	8.2	9.8	32.0
		T <sub>e</sub>	8.7	7.4	9.5	42.0
		T <sub>s</sub>	0	7.9	9.6	34.0
4	17	T <sub>i</sub>	16.4	7.9	9.5	32.0
		T <sub>e</sub>	5.2	7.0	8.7	34.0
		T <sub>s</sub>	0	8.0	9.4	28.0
5	21	T <sub>i</sub>	17.0	8.9	10.8	38.0
		T <sub>e</sub>	8.8	8.4	9.8	28.0
		T <sub>s</sub>	0	8.4	10.2	36.0
6	23	T <sub>i</sub>	16.8	9.9	12.1	44.0
		T <sub>e</sub>	8.0	9.7	11.4	34.0
		T <sub>s</sub>	0	9.5	11.3	36.0

表-3.48 年平均樹高生長量の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
ブロック(林令)	111.11	5	22.22	$0.95 < F_{0.05} = 3.33$
処 理 誤 差	13.77	2	6.89	$0.31 < F_{0.05} = 4.10$
誤 差	223.56	10	22.36	
全 体	348.44	17		

すなわち、上層木相互間に約7~16%程度の疎開が行なわれても、暴領木ないしは準暴領木以外の最上層林冠を構成する上層木の平均生長量には差異を生じない。したがって、この程度の本数除伐率の場合は、樹高生長に対する除伐効果は認められないといえる。また、13~23年生の間においては、年平均生長量はほぼ一定で31~38cmの範囲にあり、林令による差異は認められない。この傾向は図-3.19によっても充分首肯される。

### 3) 枝下高

除伐直後および5年経過後の枝下高調査結果を平均して、5年間の年平均枝下高形成量とともに示すと表-3.49のとおりである。この年平均形成量を乱かい法により分散分析すると表-3.50に示すとおりであって、ブロック(林令)および除伐区とも有意差は認められない。

表-3.49 枝下高

ブロック No.	林令 (年)	除伐区 (T)	本数除伐率 (%)	除伐直後 (m)	除伐5年後 (m)	年平均形成量 (cm)
1	13	T <sub>i</sub>	16.4	2.8	4.0	24.0
		T <sub>e</sub>	5.4	3.4	5.0	32.0
		T <sub>s</sub>	0	3.2	4.1	18.0
2	13	T <sub>i</sub>	15.9	2.3	3.4	22.0
		T <sub>e</sub>	7.8	2.9	3.9	20.0
		T <sub>s</sub>	0	2.6	3.9	26.0

3	16	T <sub>i</sub>	15.5	3.7	4.7	20.0
		T <sub>e</sub>	8.7	3.4	5.0	32.0
		T <sub>s</sub>	0	4.1	5.4	26.0
4	17	T <sub>i</sub>	16.4	4.0	5.2	24.0
		T <sub>e</sub>	5.2	3.8	4.9	22.0
		T <sub>s</sub>	0	3.8	5.3	30.0
5	21	T <sub>i</sub>	17.0	5.7	6.8	22.0
		T <sub>e</sub>	8.7	4.9	5.6	18.0
		T <sub>s</sub>	0	4.4	5.8	28.0
6	23	T <sub>i</sub>	16.8	5.5	6.8	26.0
		T <sub>e</sub>	8.0	5.2	6.4	24.0
		T <sub>s</sub>	0	5.3	6.6	26.0

表-3-50 年平均枝下高形成量の分散分析

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
ブロック(林令)	39.33	5	7.87	$0.29 < F_{0.05} = 3.33$
処 理	21.33	2	10.67	$0.40 < F_{0.05} = 4.10$
誤 差	269.34	10	26.93	
全 体	330.00	17		

この結果から、上層木相互間に約7~16%程度の疎開が行なわれても、ミズナラは樹冠上部が拡張する筈型広葉樹であるため、除伐後の比較的早期にうっ閉状態を回復するとともに、下層木は上層木を対象とした本数除伐率に関係なく、それぞれの林令においてはほぼ同程度保残されている結果、T<sub>i</sub>およびT<sub>e</sub>区とも上層木樹冠の最下方の生枝に投射される陽光量には無処理(T<sub>s</sub>)区に比較して大差がないと推測される。そのため、約7~16%程度の本数除伐率の場合には、樹冠最下部に着生している生枝(輪生枝)の枯上り程度には大きな差が認められないものと考えられる。したがって、約16%以下の本数除伐率の場合には、一時的な疎開によって枝下高形成に支障を生じる危険性は小さいといえる。また、13~23年生の間においては、年平均形成量はほぼ一定で22~26cmの範囲にあり、林令による差異は認められない。この傾向は、樹高の場合と同様に、図-3-20によっても充分首肯される。

#### 4) 胸高直径

除伐実施にともなう胸高直径の変化および5年経過後の胸高直径調査結果をそれぞれ平均して、5年の年均胸高直径生長量とともに示すと表-3-51のとおりである。この年平均生長量を乱かい法によって分散分析すると表-3-52のとおりであって、ブロック(林令)および除伐区とも有意差は認められない。

この結果は、無処理(T<sub>s</sub>)区においては、樹冠の発達程度の大きい暴領木・準暴領木がそのまま保残されているから、それらの肥大生長がきわめて大きいため、それら以外の上層木の肥大生長量が小さくても、上層木全体の平均値としては、T<sub>i</sub>およびT<sub>e</sub>との間に大きな差異を生じないことによるものと推察される。

表-3-51 胸 高 直 径

ブロック No.	林 令 (年)	除 伐 区 (T)	本数除伐率 (%)	除伐直前 (cm)	除伐直後 (cm)	除伐5年後 (cm)	年平均生長量 (mm)
1	13	T <sub>1</sub>	16.4	3.1	2.8	4.9	4.2
		T <sub>2</sub>	5.4	4.1	3.9	5.6	3.4
		T <sub>3</sub>	0	3.9	—	6.1	4.4
2	13	T <sub>1</sub>	15.9	3.5	3.3	5.2	3.8
		T <sub>2</sub>	7.8	2.7	2.3	4.0	3.4
		T <sub>3</sub>	0	3.6	—	5.5	3.8
3	16	T <sub>1</sub>	15.5	6.5	5.7	7.4	3.4
		T <sub>2</sub>	8.7	5.3	5.0	6.9	3.6
		T <sub>3</sub>	0	5.2	—	6.6	2.8
4	17	T <sub>1</sub>	16.4	5.8	5.3	7.6	4.6
		T <sub>2</sub>	5.2	5.6	5.4	7.6	4.4
		T <sub>3</sub>	0	5.0	—	6.5	3.0
5	21	T <sub>1</sub>	17.0	7.0	6.6	8.7	4.2
		T <sub>2</sub>	8.7	7.2	7.1	8.8	3.4
		T <sub>3</sub>	0	7.3	—	8.6	2.6
6	23	T <sub>1</sub>	16.8	8.7	8.4	10.4	4.0
		T <sub>2</sub>	8.0	6.5	6.2	8.0	3.6
		T <sub>3</sub>	0	7.3	—	9.5	4.2

表-3-52 年平均直径生長量の分散分析

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
ブロック(林令)	1.54	5	0.31	$1.03 < F_{0.05} = 3.33$
処 理	1.02	2	0.51	$1.70 < F_{0.05} = 4.10$
誤 差	2.98	10	0.30	
全 体	5.54	17		

しかしながら、除伐の主目的は個樹の肥大生長を促進するにあるのではなく、あくまでも林分全体の優良形質を養成することにあるから、全上層木の約16%を除伐した程度では、それほど大きく期待できないことを明らかにしておく程度にとどめたい。

### (3) 考 察

以上の分析・検討によって明らかなように、13~23年生の密立状態を維持している林分に対して、全上層木本数の約16%以内であるような本数除伐率で除伐を行なった場合には、樹高生長および直径生長、したがって材積生長の各量の生長の促進に対する保育効果はあまり大きく期待できないと考えられる。

しかしながら、優良形質の養成という観点からみれば、全上層木本数の約7%を占める暴領木および準暴領木を、あるいはそれらの他に全上層木本数の約9%を占めている異樹種形質不良木およびミズナラ形質不良木をも含めて除伐しても、ミズナラ形質優良木の充



分な枝下高の早期形成に支障を生じる危険性は小さく、またそれらが下層木へ衰退ないしは枯死することを防止する効果がある。ことに、暴領木ないしは準暴領木が成立しているとき、それらの発達した樹冠によって、その周囲の上層木は、強度の側圧を一方方向にうける状態となり、主幹全体が傾斜するかあるいは主幹上部が彎曲して形質不良化をまねき、さらには被圧されて枯死してしまう結果となる。したがって除伐は、上層林冠構成木全体の形質生長の養成に対しては有効な育林手段であると認められる。そこで、以上の分析・検討結果を総括して、除伐の施行方法について考察を試みることにする。

### 1) 除伐木選定方法と除伐率

除伐の対象となる林分は、いうまでもなく長期にわたる林分造成過程の優良形質養成期にあたるから、その目的達成の有効な手段である密立状態の維持はあくまでも基本的原則としなければならない。したがって、一回の除伐率はなるべく最少限にとどめることがのぞましいといえる。そこで、除伐対象木は上層木のみとし、下層木はすべて保残すべきことはいうまでもないが、上層木の中でも、樹種のいかんにかかわらず、すべての暴領木および準暴領木を伐除することは少なくとも必要であるが、形質不良木については、その不良程度がきわめて大きく、しかも周囲の形質優良木に悪影響を与える可能性の大きいものだけに限定すべきであると考えられる。

このような上層木の形質にもとづいて除伐木の選定を行なった場合に、その本数除伐率がどの程度になるかは、林分によって暴領木などの発生状態が一樣でないため、的確に決定することは困難である。また一方、準暴領木あるいは形質不良木とみなすか否かは、除伐の繰返し期間の長短によって左右されることでもある。したがって、前述の選木方法にもとづいて除伐木を判定した場合に、その結果としてどの程度の本数除伐率になるかは、今後の試験研究によって判断しなければならないが、今回の試験結果によって一回の本数除伐率について判断すると、基準的には、少なくとも全上層木の約15%以内にとどめるべきであるといえよう。

なお、現実の施行段階においては、この本数にもとづく量的規制にこだわることなく、あくまでも除伐対象林分の林相、すなわち暴領木・準暴領木・形質不良木の発生程度に即応して除伐木を選定すべきであって、その結果、本数除伐率が15%を超えた場合にのみ、この量的規制の意義が認められるものであると考えるのが合理的である。

### 2) 除伐開始期

除伐開始期は、基本的には、除伐という育林手段の具体的な主目的が前述したように、暴領木および準暴領木の除去にあるから、そのような上層木が発生した段階からであるといえる。しかし、その林令を具体的に決定することは困難と考えられるが、デンマークのナラ林においては10～12年とされている。<sup>65)</sup>

北海道地方のミズナラについても、今回の試験対象林である13年生林分において、すでに暴領木および準暴領木の発生が明らかに認められており、また既往のミズナラ二次林の調査観察結果によっても、13年生以上の林分において暴領木の発生が認められる。したがって、除伐開始期は、基準的には10～15年生に達した頃とみなしてさしつかえない。

### 3) 除伐の繰返し年

デンマークのナラ林における除伐の繰返し年はきわめて短期間で、普通2～3年とされ

ている。<sup>38)</sup> これは、形質不良の上層木をきわめて徐々に伐除してゆくことを示している。しかるに、北海道地方においては、現状ないしは近い将来において、このような除伐の集約施行は困難であり、現実にはある程度強度に除伐して繰返し年を長くせざるを得ないであろう。

今回の試験においては、全上層木本数の15~17%を除伐したが、5年経過後では枝下高形成に大きな支障は認められず、また残存上層木から暴領木および準暴領木が再び発生する傾向はほとんど認められなかった。したがって、少なくとも5年以内のうちに、暴領木ないしは準暴領木の除去という育林技術上の必要性から、第2回目の除伐が施行されるということはほとんどないと考えてさしつかえない。

以上の試験結果にもとづき、北海道地方の林業経営の集約度を考慮して判断すると、第2回目の除伐施行の必要性が生じたとしても、それは第1回目から5年以上経過後であり、しかも現実的にもその程度の繰返し年にならざるを得ないと考えられる。

#### 4) 除伐の施行回数

以上のように、5年以内には暴領木ないしは準暴領木の発生する危険性は少ないが、5年以上経過後においては、そのような傾向がみられるかどうかについては今後の研究にまつほかない。しかし、第3章第1節の生長推移のところでのべたように、間伐開始期は基準的には35年生であるから、それまでには第1回目の除伐施行時期の10~15年生からは20~25年を要する。したがって、この20~25年間に少なくとも1~2回の除伐を適切な繰返し年で施行する必要性が生じる可能性があると予測される。

もちろん、施行回数と施行繰返し年の間には密接な関係があり、さらに後述するように枝打との関連性もあるから、枝打の施行回数と施行繰返し年をも含めて、その適切な施行方式は今後の研究にまつほかないが、現段階においては、10~15年生の間に第1回目の除伐を施行し、その後間伐開始期の5年前すなわち30年生前後までの間に、5年以上の繰返し年で1~2回(計2~3回)の除伐を施行することを原則としておくべきであろう。

#### 5) 除伐の施行工期

以上のように、除伐は1回の施行における本数除伐率が全上層木本数の約15%以内になるように規制され、5年以上の繰返し年で、10~30年生の間に2~3回施行されるのが原則であるが、1~3回の除伐施行の工期は、その回数によってそれぞれ異なるのは当然である。

今回の試験における除伐時の林令は13年、16~17年、21~23年であって、その林令間隔は3~5年であるが、この間隔は同一林分を対象としての第1~3回の除伐繰返し年を意味しているものではない。したがって、施行工期を推測しうるのは、13年生の2林分の施行結果から第1回目の除伐の場合のみとなる。

そこで、13年生の2林分の除伐作業結果から判断すると、10~15年生林分に対する平均的な施行工期は、チェーンソーによる除伐木の伐倒を前提として、基準的にはha当り約3人工を要するものと推定される。ただし、これは全上層木本数の7~16%の本数を除伐する場合であることはいうまでもない。

#### x 枝打試験

肥大生長促進を目的とする上層間伐は、基準的には35年生から開始されるが、その前提

条件のひとつは、主伐候補木ないし準主伐候補木と想定される上層木の平均枝下高が7 m以上形成されていることである。しかるに、この枝下高はあくまでも林分の平均値であって、個樹としては35年生までの間には自然落枝しないとみなされる枝が地上高7 m以下の主幹部分に着生しているものもかなりみられる。

そこで、17～33年生の林内木および孤立木を対象として枝打試験を実施し、5年後の切口の癒合・不定芽の発生・樹高生長・直径生長・ほそりにおよぼす枝打効果が林令および庇陰度とどのような関係にあるかを明らかにして、その結果にもとづいて、枝打の施行について考察を試みることにする。

### (1) 試験方法

#### 1) 供試木の選定

1964 および 1965 年の4月上旬に、九州大学北海道演習林第3, 4, 5林班のミズナラ二次林で、施業林と想定できる程度の密立う閉林分と、きわめて疎立している不良林分とが隣接している（したがって両林分は同一林令）地域を4個所選定して枝打試験を行なった。その林令は、17, 23, 27, 33年生であって、現実に枝打が施行されるべき林令範囲にほぼ相当している。

以上のような林令の異なる4林分の中から、それぞれの林分における平均的な均一性とむ上層木を供試木として表-3-53に示すような方法で80本選定し、そのうち40本については後述するような方法で枝打を行なった。なお、各林令の疎立4林分から選定された供試木のまわりは、それらの供試木の陽光照射量を同一にするため、完全な孤立木状態になるように伐開した。

表-3-53 枝打供試木の選定本数（本）

試験地 No.	林令 (年)	庇陰別	枝打処理別	
			枝打木	無処理木
1	17	林内木 孤立木	5	5
			5	5
2	23	林内木 孤立木	5	5
			5	5
3	27	林内木 孤立木	5	5
			5	5
4	33	林内木 孤立木	5	5
			5	5
—	—	計	40	40

#### 2) 枝打方法

枝打効果は、枝打の実施時期(季節)・枝打用器具・枝打程度によって異なるのはいうまでもないが、ここでは、前述したように、主として枝打効果が枝打対象林(木)の林令(樹令)および庇陰度とどのような関係にあるかを究明することが目的であるため、枝打の時期・器具を同一とし、枝打程度も原則としてほぼ同一としたが、具体的にはつぎのような方法で行なった。

①枝打の実施時期(季節)は、一般に生長休止期が適当とされ、とくに生長休止期においても厳寒期に傷口が凍るおそれのある寒冷地では、その時期をさけるのが安全とされている。<sup>67)</sup> ナラ類については、Roth<sup>14)</sup>が4種を対象として、各季節別に枝打試験を行ない、その結果から傷口の癒合の早いのは生長期のはじめであるとしている。以上の諸説を考慮して、当地方は寒冷地であるからその厳寒期をさけ、ミズナラの生長開始前に相当する4月上旬に枝打を行なった。

②枝打に用いた器具は手鋸であり、枝打高が低い場合は枝打対象木の周囲にはしごをすえつけそれに登って枝を鋸断し、枝打高が高い場合には写真-3-22に示すような「木登り用スパイク金具」<sup>68)</sup>を用いて必要な高さまで登って枝を鋸断した。

③枝打の高さは、それぞれの密立うっ閉林分における上層木の平均枝下高程度とし、各林分内で枝打後の枝下高あるいは樹冠長率などによって枝打程度に差を設けず、ほぼ一定とした。

④枝打の対象とする枝の太さおよび生枯は考慮せず、各林分の平均枝下高程度以下の主幹に着生している枝はすべて枝打した。したがって、ほとんど健全な癒合が不可能と予想される程度の太枝も含まれる結果となった。

⑤枝の切断位置については、図-3-28の模式図に示すように、枝隆が発達していない場合は樹幹に近接して、しかも樹幹面と平行に切断し、枝隆が発達している場合には枝隆の末端のやや内方で樹幹面と平行に切断することが合理的とされている<sup>69)</sup>から、これにしたがうことにした。

### 3) 調査・測定方法

①樹高は、枝打直前においてはポールにより、5年後においては伐倒してメートルテープにより5cm単位で測定した。

②直径は、枝打直前および5年後に地上1.3m高(胸高)および地上3.3m高の2個所を直径巻尺によってmm単位で測定した。

③枝下高は、不定芽を除いた生枝までの地上高を対象とし、枝打直前および直後(ただし、枝打木のみ)においてはポールにより、5年後においては伐倒後メートルテープにより5cm単位で測定した。

④切口の大きさは、平均切口直径(切口の最大直径と最小直径の平均値)で表わすものとし、枝打直後および5年後にmm単位で測定した。なお、5年後における切口の癒合率(%)はつぎの式で表わすことにした。

$$\text{癒合率(\%)} = \frac{(\text{枝打直後の平均切口直径} - \text{5年後の非癒合部分の平均直径})}{\text{枝打直後の平均切口直径}} \times 100$$

⑤不定芽の発生数は、枝打木を対象として枝打5年後に調査した。ただし、枝長20cm以

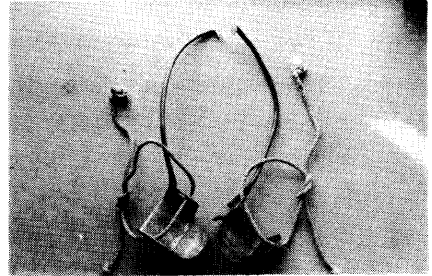


写真-3-22 木登り用スパイク金具  
(九州大学粕屋演習林の作業員高橋好喜氏の考案による)

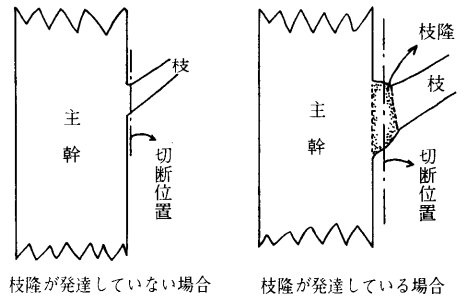


図-3-28 枝の切断位置の模式図

上の生枝のみを対象とした。

⑥ほそりは、地上3.3m高の直径の地上1.3m高の直径に対する比率すなわち2m丸太の末口の元口に対する比率(%)で表わすことにした。

(2) 試験結果および分析

1) 切口の癒合

枝打によって生じた平均切口直径(以下切口径という)は1.0~11.9cmで、その総数は、20cm以上のものを対象とすると400個であり、そのうち枯枝打による切口数は45個である。それらの切口を各要因に分けて示すと表-3-54のとおりである。

表-3-54 枝打5年後における切口の癒合状態(切口数・個)

林令 (年)	庇陰 別	枝の 生枯	切口 総数	切口径 (cm)														
				2.0~4.0			4.1~6.0			6.1~8.0			8.1~10.0			10.1~12.0		
				100%	~50%	49%~	100%	~50%	49%~	100%	~50%	49%~	100%	~50%	49%~	100%	~50%	49%~
17	林内木	生	24	11	1	2	4	2	2	0	0	2						
		枯	4	0	2	1	0	0	1									
	孤立木	生	55	11	8	2	14	6	7	1	5	1						
		枯	3	0	0	2	0	0	1									
23	林内木	生	32	12	4	3	4	3	3	1	0	1						
		枯	7	0	0	4	0	1	2									
	孤立木	生	61	7	6	5	10	11	7	2	6	3	0	1	3			
		枯	6	0	1	3	0	0	2									
27	林内木	生	31	3	1	1	6	8	4	0	3	3	0	1	1			
		枯	8	0	0	4	0	0	4									
	孤立木	生	55	5	3	5	7	6	7	0	3	8	0	2	4	0	1	4
		枯	3	0	0	2	0	0	1									
33	林内木	生	34	3	1	2	4	5	6	1	1	6	0	0	3	0	0	2
		枯	10	0	1	4	0	0	4	0	0	1						
	孤立木	生	63	3	5	6	4	5	12	1	2	11	0	0	9	0	0	5
		枯	4	0	0	2	0	0	2									
計			400	136			165			63			24			12		

注 表中上欄の100%、~50%、49%~は枝打5年後の癒合率(%)を表わす。

まず切口径別にみると、各林分における平均枝下高以下の枝は、太さにかかわらず、すべて切除したから、枝打後に切口径が8cm以上に達したものが23、27、33年生林分に36個(すべて生枝)あったが、いずれも完全に癒合しておらず、大部分のものが5年後において50%以下の癒合率を示しているにすぎない。したがって、切口径が8cm以上に達する太い生枝を枝打することは、材質を悪化させる危険性が大きいと考えられるから、林令のいかににかかわらず、さしひかえるべきであろう。

しかしながら、切口径8cm以下の生枝の切口においてはかなりの癒合が認められ、しかも切口径6.1~8.0cmでは相対的に切口数は少ないが、各林分の林内木・孤立木に8cm以

下の切口があるから、これらについて以下分析・検討を試みることにする。そこで、癒合率の3段階を考慮せず、林令別・庇陰別・切口径別の平均癒合率を算出すると表-3-55のとおりであり、この結果を要因配置法によって分散分析すると表-3-56のとおりである。

表-3-55 生枝の切口の平均癒合率 (%)

林令 (年)	庇陰別	切 口 径 (cm)			平 均
		2.0~4.0	4.1~6.0	6.1~8.0	
17	林内木	88	74	65	75.7
	孤立木	80	74	61	71.7
23	林内木	82	72	61	71.7
	孤立木	72	68	59	66.3
27	林内木	82	68	49	66.3
	孤立木	65	65	47	59.0
33	林内木	72	64	42	59.3
	孤立木	59	50	38	49.0
	平 均	75.0	66.9	52.8	—

表-3-56 生枝の切口の平均癒合率の分散分析

要 因	平方和	自 由 度	平方平均	分 散 比
切口径(D)	2,028.25	2	1,014.13	131.53**>F <sub>0.01</sub> =10.92
林 令(A)	1,283.12	3	427.71	55.47**>F <sub>0.01</sub> =9.78
庇 陰(S)	273.37	1	273.37	35.46**>F <sub>0.01</sub> =13.74
D×A	73.75	6	12.29	1.59<F <sub>0.05</sub> =4.28
A×S	34.13	3	11.38	1.48<F <sub>0.05</sub> =4.76
S×D	87.75	2	43.88	5.69*>F <sub>0.05</sub> =5.14
D×A×S	46.25	6	7.71	
全 体	3,826.62	23		

この分析結果からは、表-3-55の平均癒合率を考慮すると、つぎのようなことがいえる。

①切口径に有意差が認められることから、切口径によって差異があり、表-3-55から明らかのように、切口径が大きくなるにしたがって癒合率は低下する。ことに、2.0~4.0cmと4.1~6.0cmの間ではその差が約8%であるのに対して、4.1~6.0cmと6.1~8.0cmの間には約14%の差があり、切口径が6.1cm以上に達すると癒合率の低下が大きくなる。

②林令に有意差が認められることから、切口の癒合率は林令によって差異があり、表-3-55から庇陰・切口径を考慮せず、林令別の平均癒合率を算出すると、17年生74%、23年生69%、27年63%、33年生54%であり、明らかに高令化にともなって切口の癒合率は低下する。

③庇陰に有意差が認められることから、切口の癒合率は庇陰によって差異があり、表-3-55から林令・切口径を考慮せず、庇陰別の平均癒合率を算出すると林内木が68%であるのに対して、孤立木は61%であるから、明らかに庇陰は切口の癒合に好結果をもたらすといえる。

④ 切口径と庇陰の交互作用に有意差が認められるが、表-3-55 から林令を考慮せず、林内木と孤立木に対する切口径別の平均癒合率を算出すると表-3-57 のとおりであるから、明らかに切口径が小さい場合は庇陰効果が認められるが、切口径が大きくなるにしたがって、庇陰による癒合の促進効果はあまり大きく期待できないといえる。

表-3-57 庇陰別・切口径別の平均癒合率 (%)

庇陰別	切口径 (cm)		
	2.0~4.0	4.1~6.0	6.1~8.0
林内木	81.0	69.5	54.3
孤立木	69.0	64.3	51.3
差	12.0	5.1	3.0

以上は生枝についての分析・検討であるが、つぎに枯枝についてみると、枯枝打による切口数は計45個であり、全切口数の約10%を占めるにすぎない。最大切口径は6.4cmで33年生林分の林内木にみられたが、その癒合率はわずか7%にとどまっており、6cm以下の癒合率を生枝の場合と同様にして示すと表-3-58 のとおりである。この結果によれば、切口数が少ないので的確な判断はできないが、概括的にみると、生枝打の場合に比較して枯枝打による切口の癒合率は大きく低下している。したがって、林令・庇陰・切口径のいかにかわらず、枯枝打による癒合の促進効果は期待できないといえる。

表-3-58 枯枝の切口の平均癒合率 (%)

林令 (年)	庇陰別	切口径 (cm)		平均
		2.0~4.0	4.1~6.0	
17	林内木	61	44	52.5
	孤立木	19	18	18.5
23	林内木	23	24	23.5
	孤立木	25	10	17.5
27	林内木	31	14	22.5
	孤立木	12	13	12.5
33	林内木	17	12	14.5
	孤立木	4	10	7.0
—	平均	24.0	18.0	—

## 2) 不定芽の発生

不定芽発生の原因としては、樹幹につよい陽光が直射すると休眠芽に刺激を与え、これが誘因になるという説と、樹冠と根系のアンバランスすなわち樹冠の発達が不充分であることが誘因になるという説がある。<sup>15)</sup> また、枝打と不定芽発生との関係については、枝打の程度が強くと、かつ枝打木の大きさ(林令ともいえよう)が増すとともに不定芽発生の程度は顕著になるといわれている。<sup>15)</sup> 要するに、不定芽発生について考慮すべき要因は、少なくとも陽光照射量あるいは庇陰、樹冠の付着率あるいは水平的拡がりなどの樹冠発達程

度，林木の大きさあるいは林令の3点であるといえよう。

本試験においては，同一林分の枝打木に対して，前述したように，ほぼ一定の枝打程度としたため，同一林令における枝打程度と不定芽発生との関係を明らかにすることはできないが，庇陰および林令と不定芽発生との関係については，概括的な傾向を推測することはできる。ただし，各林令の枝打後の樹冠長率は表-3・59に示すように，17年生40%，23年生45%，27年生49%，33年生53%で，各林令間では樹冠長率に差異があるから，各林令とも同一樹冠長率という条件下での比較は不可能である。しかしながら，現実の枝打施行段階においては，各林令とも枝打後の樹冠長率はこの程度にならざるを得ないとも考えられるから，林令間で枝打後の樹冠長率が一定でなくとも，現実的な立場からは林令間の比較検討の意義はあるといえよう。

表-3・59 枝打直前・直後における樹高・枝下高・樹冠長率

林令(年)	庇陰別	枝打木 No.	枝打直前			枝打直後		
			樹高 (m)	枝下高 (m)	樹冠長率 (%)	枝下高 (m)	樹冠長率 (%)	
17	林内木	1	8.55	2.70	68	4.90	43	
		2	8.55	2.80	67	5.00	42	
		3	7.60	2.85	63	4.70	38	
		4	7.95	3.00	62	4.80	40	
		5	7.60	2.70	64	4.75	38	
		平均	8.05	2.81	65	4.83	40	
	孤立木	1	7.60	1.85	76	4.40	42	
		2	7.90	2.15	73	4.80	39	
		3	7.40	2.20	70	4.70	36	
		4	7.50	1.95	74	4.75	37	
		5	8.10	1.50	81	4.85	40	
		平均	7.70	1.93	75	4.70	39	
	平均	7.88	—	—	4.77	40		
	23	林内木	1	9.50	3.25	66	4.80	49
			2	9.55	3.05	71	5.05	47
3			8.30	2.65	68	5.30	44	
4			8.90	3.20	64	4.80	46	
5			9.15	2.80	69	5.20	43	
平均			9.08	2.99	68	5.03	46	
孤立木		1	9.00	1.20	87	5.00	44	
		2	8.65	1.30	85	5.00	42	
		3	8.80	1.10	88	4.60	48	
		4	8.35	1.95	77	4.70	44	
		5	9.05	1.65	82	4.90	46	
		平均	8.77	1.44	84	4.84	45	
平均		8.93	—	—	4.94	45		



27	林内木	1	10.85	3.80	65	5.50	49
		2	11.00	3.80	65	5.50	50
		3	11.45	3.50	69	5.60	51
		4	10.20	3.60	65	5.45	47
		5	10.80	3.10	71	6.00	44
	平均	10.86	3.56	67	5.61	48	
	孤立木	1	9.95	1.60	84	5.50	45
		2	10.80	2.40	78	5.55	49
		3	11.25	2.80	75	5.40	52
		4	11.10	1.50	86	5.35	52
		5	10.45	1.80	83	5.50	47
平均	10.71	2.02	81	5.46	49		
平均	10.79	—	—	5.54	49		
33	林内木	1	14.20	4.60	68	6.80	52
		2	14.15	4.85	66	7.20	49
		3	15.90	5.35	66	7.40	53
		4	16.30	5.50	66	7.40	55
		5	15.55	5.20	69	8.15	48
	平均	15.22	5.10	67	7.39	51	
	孤立木	1	14.70	2.00	86	6.50	56
		2	14.70	1.80	88	7.10	52
		3	14.85	1.90	87	6.85	54
		4	14.20	1.60	88	7.10	50
		5	15.00	2.20	85	6.25	58
平均	14.69	1.90	87	6.76	54		
平均	14.96	—	—	7.08	53		

注 樹冠長率は、樹冠の水平的拡がりおよび枝条の着生密度などを考慮せず、樹冠付着長の全樹高に対する比率(%)とする。

そこで、各枝打木の枝打5年後における不定芽着生本数を示すと表-3-60 のとおりであり、33年生の孤立木の場合は異常な大きい値を示しているが、その他においては、高令化にともなって着生本数が多くなり、また一方孤立木の方が林内木よりも多くなる傾向がある程度認められる。しかしながら、異常な値があるため、この結果について分散分析しても林令および庇陰には有意差が認められなかった。

表-3-60 枝打5年後における不定芽着生数(1立木当たり平均・本)

庇陰別	ブロック(林令)				平均
	17	23	27	33	
林内木	1.6	2.0	4.0	4.8	3.1
孤立木	6.8	5.8	8.4	21.0	10.5
平均	4.2	3.9	6.2	12.9	—

つぎに、以上のような着生本数の傾向に対して、その不定芽の発達程度の観点からみると、どの林令の林分においても、孤立木に着生している不定芽は、林内木の場合に比較して、より旺盛に発達している傾向がみられた。すなわち、孤立木に着生している不定芽は、その後の生育過程において枯死しないと推測されるものが多いのに対して、林内木の場合には、発達程度が悪く、その後うつ閉状態が持続すれば枯死すると推測されるものが多い。

したがって、17～33年生林分を対象として枝打を行なっても、うつ閉林分であれば、不定芽の発生ないしはその発達の危険性は小さいものと判断され、育林技術上大きな支障とはならないといえよう。

### 3) 樹高生長

樹高生長については、現実に枝打が施行されるのはうつ閉林が対象となることを考慮し、ここでは、林内木の場合のみについて比較検討する。そこで、20本ずつの枝打木と無処理木の枝打後5年間における樹高生長量を、林令（ブロックとみなす）および枝打処理別に1本当たりの平均値（5本の平均値）で示すと表-3-61のとおりであり、これを乱かい法によって分散分析すると表-3-62のとおりである。

表-3-61 枝打後5年間の樹高生長量 (m)

処 理 別	ブ ロ ッ ク (林 令)				平 均
	17	23	27	33	
枝 打 木	1.57	1.56	1.53	1.21	1.47
無 処 理 木	1.61	1.73	1.29	1.14	1.44
平 均	1.59	1.65	1.41	1.18	—

表-3-62 樹高生長量の分散分析

要 因	平方和	自 由 度	平方平均	分 散 比
ブロック(林令)	0.269	3	0.090	$6.43 < F_{0.05} = 9.28$
処 理	0.001	1	0.001	$0.07 < F_{0.05} = 10.13$
誤 差	0.042	3	0.014	
全 体	0.312	7		

この結果から、枝打処理には有意差は認められず、また林令には高令化にもなってもわずかに樹高生長量が低下する傾向が表-3-61においてみられるが、その差は有意でないことがわかる。したがって、17～23年生のミズナラうつ閉林を対象として、表-3-59に示した程度の枝打を行なっても、枝打木の樹高生長量がどの林令の林分においても無処理木に比較して低下する危険性は小さいと判断される。

### 4) 直径生長

樹高の場合と同様にして、直径生長量を示すと表-3-63のとおりであり、これを分散分析すると表-3-64のとおりであって、林令（ブロック）および枝打処理には有意差が認められない。

表-3-63 枝打後5年間の直径生長量 (cm)

処 理 別	ブ ロ ッ ク (林 令)				平 均
	17	23	27	33	
枝 打 木	1.1	1.2	1.5	1.5	1.3
無 処 理 木	1.4	1.4	1.3	1.6	1.4
平 均	1.3	1.3	1.4	1.6	—

表-3-64 直径生長量の分散分析

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
ブロック(林令)	0.105	3	0.035	$1.52 < F_{0.05} = 9.28$
処 理 誤 差	0.020	1	0.020	$0.87 < F_{0.05} = 10.13$
全 体	0.070	3	0.023	
全 体	0.195	7		

したがって、樹高の場合と同様、17～33年生のミズナラうっ閉林を対象として表-3-59に示した程度の枝打を行っても、枝打木の直径生長に支障を生じる危険性は小さいと判断される。

## 5) ほそりの変化

樹高の場合と同様にして、地上高1.3mと3.3mの間の2m丸太を対象とするほそりを、枝打直後および枝打5年後に算出し、その5年間の変化率を示すと表-3-65のとおりであり、これを分散分析すると表-3-66のとおりであって、林令(ブロック)および枝打処理には有意差は認められない。

表-3-65 枝打後5年間におけるほそりの変化率

処 理 別	ブ ロ ッ ク (林 令)				平 均
	17	23	27	33	
枝 打 木	1.05	1.04	1.04	1.03	1.04
無 処 理 木	1.08	1.04	1.02	1.00	1.04
平 均	1.07	1.04	1.03	1.02	—

表-3-66 ほそりの変化率の分散分析

要 因	平方和	自由 度	平方平均	分 散 比
ブロック(林令)	0.0026	3	0.0009	$3.00 < F_{0.05} = 9.28$
処 理 誤 差	0.0001	1	0.0001	$0.33 < F_{0.05} = 10.13$
全 体	0.0010	3	0.0003	
全 体	0.0037	7		

したがって、17～33年生のミズナラうっ閉林分を対象として、表-3-59に示した程度の枝打を行っても、枝打木のほそりの増大は期待できないが、また同時にほそりが減少する危険性も小さいと判断される。しかし、この結果は、上部直径すなわち丸太の末口が樹

冠の最下部から比較的遠いので、的確なほそりの変化をあらわしていないとも考えられるが、概括的な傾向を把握するにはさしつかえないといえよう。

### (3) 考 察

以上の分析・検討によって明らかのように、17～33年生のミズナラうっ閉林を対象として、各林分における上層木の平均枝下高以下の主幹部分に着生している生枝を枝打した場合には、樹高生長・直径生長・ほそり、したがって材積生長の各量的生長の促進に対する保有効果は期待できないが、同時にまたこの程度の枝打強度であれば、これらの各量的生長に支障をきたさないものと考えられる。一方、不定芽についても、うっ閉林内であれば、ある程度の発生はみられるが、それが旺盛に発達して不定枝となり、かえって枝下高を低下させる結果をまねく危険性も小さいものと考えられる。したがって、枝打による切口が腐朽し、材質を悪化させる危険性のない条件下においては、ミズナラに対する枝打は無節材の生産に対して有効な育林手段であると認められる。

そこで、以上の分析・検討結果を総括し、切口の癒合という点に着目して、前述の枝打強度を前提とした枝打の施行方法について考察を試みることにする。なお、枝打季節、枝打用器具・枝の鋸断位置については試験方法のところで明らかにしたから、ここではふれないこととし、枝打の施行工程については今後の研究段階にゆずることにする。

#### 1) 枝打の開始期と繰返し年

生枝打による切口は、林令が若いほどその癒合が早くなる傾向が認められるから、なるべく若い林分を対象として枝打を施行すべきであると考えられる。しかし、若い林分でも将来の主伐候補木になると予想される上層木を分別することがまだ困難な段階においては、枝打の対象木は形質優良な上層木の全部ないしは大部分ということにならう。しかるに、その後の生育過程においても、なおはげしい生存競争が持続するから、その結果、この段階で枝打された形質優良な上層木でも、その一部は下層木へ衰退し、あるいは枯死するものと推測される。したがって、この段階で枝打を施行した場合は相当な経済的不利をとまなうから、北海道地方における林業経営の集約度を考慮すると、このような若い林分における枝打の施行は困難であると判断され、現実には主伐候補木がある程度分別できる段階に至ったときに枝打が開始されざるを得ないと考えられる。その開始時期、すなわち主伐候補木がある程度分別できる時期は、第3章第1節の生長推移のところでのべたように25年生前後である。

一方、生枝打による切口は、庇陰程度が強いほどその癒合が早くなる傾向が認められるから、うっ閉林分を対象として枝打し、しかもその後うっ閉状態を少なくとも5年間は維持する必要がある。したがって、35年生で間伐が開始されることが基準であることを考慮すると、最終回の枝打施行時期は間伐開始の5年前すなわち30年生のときであるということになる。このことは、同時に25年生で枝打を開始する場合は、枝打の繰返し年が5年で、しかも施行回数が2回になることを意味する。

したがって、主伐候補木がある程度分別できる段階に至った25年生林分で第1回目の枝打を、その後5年経過して30年生に達した林分で第2回目（最終回）の枝打を施行することが原則となるが、北海道地方の林業経営の集約度を考慮すると、枝打についてはこの程度の施行にとどまらざるを得ないと判断される。

## 2) 枝打の高さ

本試験における枝打の高さは、各林分における上層木の平均枝下高が基準となっており、その枝打程度にもとづいて切口の癒合などのすべての要素が検討され、技術上の適否などが判断されてきた。したがって、枝打の高さは、各林分における上層木の平均枝下高といえる。これを前提とすれば、図-3・19 および 3・20によると、25年生林分の上層木の平均枝下高 6.0m（その樹高 11m，したがって樹冠長率約45%）、30年生林分では6.5m（その樹高12m，したがって樹冠長率約46%）であるから、現実には、第1回目の25年生林分で施行される枝打作業では、主伐候補木と予想される上層木のうち、6.0m以下の主幹部分に着生している枝を切除し、その後5年を経過して30年生林分に達しても前述の上層木における最下方の枝の枯上りがみられず、6.5m以下の主幹部分に枝が着生している場合には、さらに第2回目（最終回）の枝打を施行してそれらの枝を切除することになる。

ところで、目標とする枝下高は7mであることを考慮すると、25年生で7mまで枝打することは樹冠長率が36%に低下して枝打強度が大きくなるからさけるべきであるが、30年生林分で7mまで枝打を行っても樹冠長率は42%であって、6.5mの場合の46%と比較して大差はないといえる。また、30年生林分の上層木の枝下高を想定すると、平均が6.5mであるから、すでに7mに達しているものもかなりあり、一方第1回目の枝打によって、6.0mまで枝打されていることを考慮すると、比較的少数の枝の切除によって、枝下高を7mに到達にさせることはそれほど困難ではないと考えられる。

したがって、第1回目の枝打の高さは6.0mが妥当と考えられるが、第2回目の枝打の高さは平均枝下高よりも0.5m高くし、7mにしうる可能性はあると考えられる。もちろん、その可否については今後の研究をまって判断しなければならないが、現段階においては、目標枝下高形成の完全を期する観点から、一応基準的に7mとしておくことにする。ただし、以上はあくまでも基準的目標であって、後述するように6.0mあるいは7.0m以下の主幹部分に着生している枝の太さによっては、これらの目標よりも低い枝下高にとどめざるを得ない場合があるのは当然ともいえよう。

## 3) 枝の太さの限界

生枝打による切口の癒合は、切口径したがって枝条径が大きくなるほど遅れる傾向があるから、小径級の枝条を対象として枝打を施行すべきであることはいうまでもない。

そこで、健全な癒合が期待できる切口径の限度について検討してみることにするが、ヨーロッパ・アメリカにおけるナラ類の枝打については、3～4年以内に切口が閉鎖すれば健全に癒合すると考えられており、これにもとづく枝条径の限界としては、生長のよくない場合は2cm、生長がよい場合は4cm以内である<sup>70)</sup>とされている。また、生長のよい場合は8cm以内<sup>17)</sup>とされている場合もあり、切口径にして5cm以内<sup>14)</sup>とされている場合もあって必ずしも一定ではない。一方、北海道地方のミズナラの枝打については実例がなく、同じナラ類とはいっても外国産の場合とは異なる面があると推察され、しかも切口の癒合は多くの要因が関連する。したがって、健全な癒合が期待できる切口径の限界を決定する場合には、その前提条件を明らかにしなければならないといえる。

まず枯枝打に限定してみると、すでに明らかにしたように、枯枝打による癒合の促進効果は小さいものと考えられる。一方、現実の23～33年生ミズナラ林の枝下樹幹を観察する

と写真-3-23 に示すように自然落枝による傷口が癒合しているものが多くみられる。これは、ミズナラが、枝が枯死しはじめるとその基部に保護層を形成し、その保護層形成後に枯枝が腐朽して写真-3-24 および3-25 に示すように基部から折れる樹性をもっている<sup>71)</sup>ためであるとみなされる。したがって、高令期に達してから下方の太枝が枯死し、そこから腐朽が侵入する例は多くみられるが、幼令期における枯枝落下後の傷口は、なかには写真-3-26 に示すように枯枝の枝片が付着しており、そのため腐朽が侵入する場合もなくはないが、比較的容易に癒合するものと考えられるから、以上の癒合状態を考慮すると、原則として枯枝打は第1回・第2回ともさしひかえるべきである。

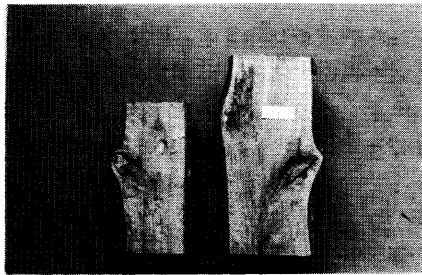


写真-3-23 自然落枝による傷口の癒合状態  
(27年生林分)



写真-3-24 枯枝が、基部から落枝し、癒合がはじまろうとしている状態 (23年生林分)



写真-3-25 枯枝の基部からの落枝後、癒合が半分以上すすんだ状態  
(23年生林分)

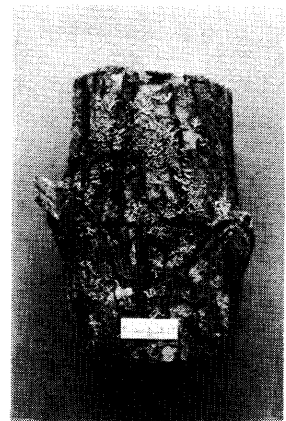


写真-3-26 枝片が傷口に付着している状態 (23年生林分)

ついで、第1回目の生枝打について検討する。すでにのべたように、切口径が8.1cm以上に達する枝の切除はさしひかえるべきであるが、切口径が6.1~8.0cm(枝条径そのものとしては4.5~6.0cm程度)の範囲に達する生枝も、原則としてその切除をさしひかえ

ておくのが妥当と考えられる。すなわち、写真-3-27 に示すように、枝打5年後で健全に癒合する場合もあるが、平均としては、表-3-55 にみられるように約50~60%の癒合率にすぎない。この癒合率が50~60%の切口の状態を示すと写真-3-28 のとおりであり、腐朽の兆候はまだ明確には認められないが、一部は変色しており健全癒合の可能性は小さいものと推測されるからである。切口径が4.1~6.0cm（枝条径としては3.0~4.5cm程度）の範囲のものは、表-3-54によると23年生林分で全切口数の約30%、27年生林分では約60%を占めているから、第1回目枝打の25年生林分では、両者の中間として全切口数の約40~50%を占めるものと推測され、その癒合状態は枝打施行の可否に大きく影響するものと考えられる。この径級範囲における全切口数に対して、表-3-54 から明らかのように、23年生林分では40%、27年生林分では33%の切口が写真-3-27 と同様な状態ですでに健全に癒合しており、まだ切口が閉鎖していないものみの平均癒合率は、23年生で53%（全切口の平均は72%）、27年生では52%（全切口の平均は68%）となっている。それらの閉鎖が完了していない切口はほとんど腐朽ないしは変色していないことが調査の結果明らかになっている。以上の本試験における結果とヨーロッパ・アメリカの例、さらに林令が25年生で生長状態がミズナラとしては旺盛な時期に相当していることをあわせて考慮すると、切口径が4.1~6.0cm に達する枝を切除することは原則としてさしつかえないものと推測される。したがって、4.0cm以下の切口径に達する枝についてもその切除はさしつかえないといえる。



写真-3-27 生枝打による切口の健全癒合状態  
 (a) 23年生林分で、切口径 6.9cm  
 (b) 33年生林分で、切口径 6.3cm



写真-3-28 癒合率50~60%の切口の  
 状態（27年生林分、切口径6.7  
 cm、白い部分が変色している）

さらに、第2回目の生枝打について検討する。第2回目における枝打対象木は、第1回目の枝打対象木とほぼ同一になるから、すでに原則として地上高6mまで枝打されていることになる。したがって、切除の対象になる枝は主幹の地上高6.0~7.0mの高い位置にあって、その切除枝数も表3-54 に示した27および33年生林分の場合よりも相当少なくなるとともに、現実の枝条着生状態を観察すると、切口径も4.1~6.0cmの範囲のものが大部分を占めるものと推測される。この径級範囲のものは、林令がいく分高くなっても、地上高が高く樹冠の最下部に近いいため癒合には適した条件下にあるから、表-3-55 に示した27年

生68%, 33年生64%の平均癒合率よりも相対的に大きくなるものと考えられる。したがって、第2回目の枝打で4.1~6.0cmの切口径に達する枝を切除することは原則としてさしつかえなく、当然4.0cm以下のものも同様である。しかし、6.1~8.0cmの切口径に達する枝の切除はさしひかえておくのが妥当であろう。

以上の枝打対象となる枝の径級限界に関する考察結果を総括すると、第1回目の25年生林分の枝打施行においては6.0m以下、第2回目の30年生林分においては7.0m以下の主幹部分に着生している枝を切除することを原則とするが、第1および第2回目とも、6cm以上の切口径(約4.5cm以上の枝条径)に達する生枝およびすべての枯枝はその切除をさしひかえるべきであり、切除の対象となる枝は切口径が6cm以下の生枝のみということになる。

#### 4) 枝打と除伐の関連性

前述したように生枝打による切口の癒合は庇陰程度が大きいほど早められる傾向が認められるから、完全なうっ閉状態の林分を対象として枝打を施行し、しかもその後うっ閉状態を少なくとも5年間は維持すべきである。したがって、10~30年生の間に原則として1~3回施行される除伐は一時的な上層林冠の疎開をとまなうから、その施行時期は前述の枝打の施行時期を考慮して充分検討しなければならない。

ところで、除伐も優良形質養成の手段として有効な機能を果すものであるが、無節材の生産という構造材林造成のひとつの基本的原則に対しては、枝打という育林手段は直接的な効果が期待され、しかも枝下高が間伐開始期判定の重要な要因のひとつであることを考慮すると、優良形質養成過程においては、除伐よりもむしろ枝打を重視し、かつ除伐の適切な施行よりもむしろ枝打の適切な施行を優先させることが合理的と判断される。このような観点から、枝打を25年生および30年生で施行することを前提として、その条件下における最も適切な除伐の施行時期を検討することにする。

第1回目の枝打が25年生で施行されるから、その時点ではうっ閉状態が構成されておらねばならない。したがって、それ以前に除伐が施行されたとしても、除伐による一時的な疎開がうっ閉状態に回復するには、さきにのべたように、少なくとも5年を要するため、20年生以前でなければならない。また一方、25~30年生の間においては除伐をさけるべきであるといえる。しかし、その間において、間伐の適切な施行に支障をきたすと予測される程度の暴領木ないしは準暴領木が発生した場合には、これを完全に伐除することは枝打による切口の癒合に支障をきたすから、巻枯しという手段によって徐々に枯死させ、極端な疎開をさけるべきである。したがって、25~30年生の間における除伐は、原則として暴領木ないしは準暴領木の巻枯しという方法のみに限定することが合理的であると判断される。また、20年生以前に施行される除伐も、その後の強度の疎開が得策でないことを考慮し、あらかじめ除伐率を大きくしておく必要もあろう。

以上の検討結果を除伐という観点から総括すると、基準的には、15年生までに第1回目、その後5年以上経過した20年生で第2回目(強度除伐)を施行し、第3回目の施行が必要になった場合は25~30年生の中間にあたる27~28年生で弱度除伐(原則として暴領木ないしは準暴領木の巻枯しのみ)に限定することが、適切な除伐の施行方法ということになる。

#### xi 間伐試験

いままでに明らかにしてきた一連の育林手段の施行によって、要するに35年生前後の林



分に至ると、主伐候補木は判然とし、それらの枝下高はほとんどすべてが7 m以上に達していることになる。そこで、以後は枝下高をさらに長くすることを原則として考慮せず、第3章第1節の生長推移のところでのべたように、35年生から150年生までの115年間の長期にわたって、年平均直径生長量3.6mm（年輪幅1.8mm）を持續させ、主伐木の平均胸高直径を約55cmにすることを主目標として肥大生長の促進をはかることになる。

このような肥大生長の促進をはかるためには、適切な繰返し年と強度で高令期に至るまで上層間伐を施行しなければならないが、たとえばデンマークにおける広葉樹林の基準的な間伐繰返し年はつぎのとおりである。すなわち、

間伐対象林分の林令が20～29年のとき、	間伐繰返し年は2年
“ 30～39年のとき、	“ 3年
⋮	⋮
“ 90～99年のとき、	“ 9年

というように、間伐対象林分の林令の10位の数字が間伐の繰返し年になっている。<sup>66)</sup> したがって、間伐は高令期に至っても施行され、主伐期まで少なくとも15回前後は繰返されることを示している。もちろん、間伐の繰返し年は樹種あるいは目標とする肥大生長量（年輪幅）によっても左右されるのは当然であって、北海道産のミズナラに、基準として35～150年の間に年平均3.6mmの直径生長を持續させるためには、どの程度の繰返し年と強度が適切であるかということに関する研究例はなく、またこの試験研究にはきわめて長期間を要する。そこで、前述したような間伐繰返し年とその強度の究明は今後の研究段階にゆずり、ここでは間伐開始期における間伐方法のみを対象とする。すなわち、間伐開始期に相当する33～37年生のミズナラ二次林を対象として上層間伐試験を行ない、保残された上層木の5年間における本数の減少・材積生長・直径生長・樹高生長の推移を明らかにして、その結果にもとづき、間伐開始期における適切な間伐強度・施行工期について検討する。

また間伐は、優良林分造成を目的とした育林手段であるとともに、伐期に至るまでの前収入をあげる収穫手段でもあるといえる。したがって、間伐の検討においては、林分の保育的側面とともに、収穫的側面についてもふれるべきであるが、後者についての検討は今後の研究段階にゆずるものとする。

## (1) 試験方法

### 1) 試験地の設定方法

本試験地は、1963年に九州大学北海道演習林第1, 3, 8林班に設定したもので、表-3-67

表-3-67 間伐試験地の概況（設定時現在）

プロックNo	林令(年)	位置(林班)	面積 (ha)			総成立本数 (ha当り・本)	上層木本数 (ha当り・本)	上層木占有率 (%)	上層木枝下高 (m)	
			総計	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>					T <sub>3</sub>
1	33	3	0.403	0.224	0.125	0.054	2,040	1,036	50.7	7.2
2	35	1	0.256	0.070	0.086	0.100	2,042	1,351	66.1	7.4
3	37	8	0.403	0.107	0.176	0.120	1,956	1,255	64.1	7.2

注 T<sub>1</sub>・T<sub>2</sub>・T<sub>3</sub> は、それぞれ異なった3方法の間伐を実施したプロットを示す。

に示すように3個所（ブロック）からなり、いずれも尾根筋附近に成林したミズナラ二次林である。これらの林分は、いままでのべてきた育林手段は全く施行されていないため、わずかに暴領木が点在してはいるが、試験地設定時になるべくそれらはずしたから、ほぼ一連の育林手段が施行されてきた施業林と想定しうる林相を呈している。

3個所（ブロック）の試験地は、それぞれ表-3・67に示すように、無処理を含めて後述するような3方法の間伐方法（Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ）を施行しうるように3プロットに分画した。

## 2) 樹型級区分

広葉樹の構造材林造成を目的とした間伐は、上層木相互間の間伐を意味する上層間伐を適用すべきであることはすでにのべたとおりであり、主伐期における主伐木の適当な本数とその適切な配置間隔を充分考慮して、主伐候補木および準主伐候補木の肥大生長が促進されるとともに、中・下層木がそれらに対する樹幹保護樹としての機能を果たすように間伐木の選定を行なうべきである。

したがって、間伐木の選定は、主伐候補木および準主伐候補木に着目した定性間伐となるから、一定の樹型級区分を前提としなければならない。広葉樹構造材林を対象とした樹型級区分としては、デンマーク式・フランス式・河田式（フランス式を改訂したもの）・近藤式（デンマーク式を改訂したもの）がある。<sup>72)</sup>しかるに、北海道産のミズナラに外国の樹型級区分をそのまま適用することはもちろん、わが国における標準的な河田式・近藤式の樹型級区分すらもそのまま適用することは合理的ではないといえよう。そこで、間伐開始期にあたる35年生前後のミズナラ二次林の現実林相を観察検討し、多分に主観的な面も含まれるのはやむを得ないとして、もっとも間伐木選定が容易になるように、前述の諸区分を参考にしながら、つぎのような上層木のみを対象とした樹型級区分を行ない、これにもとづいて間伐木の選定を行なった。

- ④暴領木：近い将来暴領木になりそうなものを含む。
- ⑤異樹種：カンパ類・イタヤカエデ・キハダ・オオバヤナギなど。
- ⑥競合不良木：樹冠あるいは樹幹が不良なもの。
- ⑦介在木：樹冠が貧弱で上層林冠のわずかを占有するにすぎないもの。
- ⑧株状木：幹足部から株状になっている萌芽木。
- ⑨優良木：樹形が優良で主伐期あるいはその近くまで保残すべきもの（主伐候補木）。
- ⑩準優良木：樹形は優良木に準じ、林木配置上保残すべきもの（準主伐候補木）。

## 3) 間伐方法

間伐開始期においては、強度の疎開をさけるべきであるから、材積間伐率によって量的規制を行なうこととし、ある一定の材積間伐率に達するまで、前に示した樹型級区分にもとづいて間伐木の選定を行なった。その一定の間伐率を2段階に分け、無処理を含めてつぎのような3方法の間伐を施行した。なお、中・下層木はいずれの間伐法においても保残した。

Ⅰ：中度間伐

④（暴領木）の全部、⑤（異樹種）および⑥（競合不良木）の大部を優先的に間伐し、上層木材積のみを対象として材積間伐率が15%に達することを基準とし、さらに⑦（介在木）→⑧（株状木）の順にそれぞれ一部を周囲の状況から判断して間伐し、⑨（優良木す

なわち主伐候補木)・㊦(準優良木すなわち準主伐候補木)を保残する。

T<sub>2</sub>: 弱度間伐

㊤の全部, ㊦の大部を優先的に間伐し, 上層木材積のみを対象として材積間伐率が10%に達することを基準とし, さらに㊤→㊦の順にそれぞれ一部を周囲の状況から判断して間伐し, ㊦, ㊧, ㊨を保残する。

T<sub>3</sub>: 無処理(対照区)

#### 4) 調査方法

①成立本数は, 上層木と下層木(胸高直径1.5cm以上)とにわけて全立木を間伐直前に調査したが, ここでは上層木のみを検討の対象とする。

②樹高は, 間伐直後に残存上層木のうちから10本に1本の割合を原則としてアルティレベルを用いて10cm単位で測定し, 5年経過後にも同一上層木を測定した。

③胸高直径(以下直径)は, 上層木のみを対象として間伐直前, 5年経過後に直径巻尺を用いてmm単位で毎木測定した。

④材積は, 北海道立木幹材積表<sup>55)</sup>にもとづいて算出した。

### (2) 試験結果および分析

#### 1) 本数

前述の無処理を含めて3方法の間伐を施行した結果および5年後の調査結果を, 5年間における減少率とともに示すと表-3-68のとおりであり, 間伐率を材積で規制したため, 本数間伐率は中度区18.5~22.4%, 弱度区9.9~19.8%で, 間伐強度との関係が不規則になっている。この本数間伐率は, あくまでも上層木のみを対象としたものであり, 下層木をも含めた全立木本数を対象とした場合の本数間伐率は中度区11.7~13.8%, 弱度区5.7~14.0%で, 上層木のみを対象とした場合よりもさらに小さくなるのである。

表-3-68 本数

ブロック No.	林令 (年)	間伐区 (T)	本数間伐率 (%)	間伐直前 (ha当り ・本)	間伐直後 (ha当り ・本)	間伐5年後 (ha当り ・本)	減少率 (%)
1	33	T <sub>1</sub>	21.0	1,080	853	790	7.3
		T <sub>2</sub>	9.9	1,048	944	832	11.9
		T <sub>3</sub>	—	981	—	778	20.8
2	35	T <sub>1</sub>	22.4	1,400	1,086	1,043	3.9
		T <sub>2</sub>	19.8	1,233	988	860	12.9
		T <sub>3</sub>	—	1,420	—	1,150	19.1
3	37	T <sub>1</sub>	18.5	1,215	990	925	6.6
		T <sub>2</sub>	16.5	1,409	1,176	1,068	9.2
		T <sub>3</sub>	—	1,142	—	908	20.4

つぎに, 5年間における上層木減少率は, 無処理区が19.1~20.8%であるのに対して, 中度区3.9~7.3%, 弱度区9.2~12.9%で無処理区に比較すれば相対的に小さいが, 間伐を行なったにもかかわらず, わずかながら上層木から下層木へ衰退ないしは枯死してゆくことがわかる。この結果は, 間伐率が弱度におさえられたため, 上層林冠の疎開が不十分

で、写真-3-29 に示すように 間伐後比較的早期にうっ閉状態が回復し、そのため主として樹冠の貧弱な介在木の樹冠上部が枯死し、あるいは全樹冠が枯死してゆくことによるものである。

## 2) 材 積

間伐の直前・直後および5年後の材積を、5年間にける年平均材積生長量とともに示すと表-3-69 のとおりであり、材積間伐率は中度区が15%を基準にしたのに対して15.3~17.2% (平均約16%)、弱度区が10%を基準にしたのに対して10.5~11.9% (平均約11%) で、ほぼ基準にもとづいた材積間伐率になっている。

この材積間伐率を、本数間伐率に比較してみると、中度区が平均約16%であるのに対して本数では平均約20%、弱度区では平均約11%であるのに対して平均約15%であ

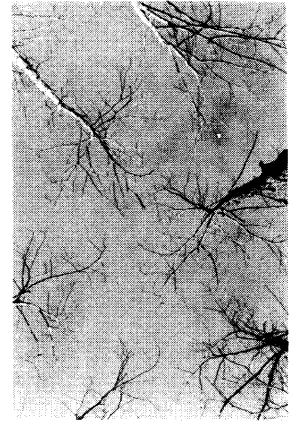


写真-3-29 間伐5年後の林冠  
(35年林分の中度間伐区)

表-3-69 材 積 (ha当り・m<sup>3</sup>)

ブロック No.	林 令 (年)	処 理 区 (T)	材積間伐 率 (%)	間伐直前	間 伐 木	間伐直後	間伐5年後	年平均生長 量
1	33	T <sub>1</sub>	16.0	107.94	17.27	90.67	109.92	3.85
		T <sub>2</sub>	10.5	143.40	15.05	128.35	146.34	3.60
		T <sub>3</sub>	—	134.74	—	—	151.91	3.43
2	35	T <sub>1</sub>	15.3	129.08	19.75	109.33	128.39	3.81
		T <sub>2</sub>	11.9	119.02	14.16	104.86	121.79	3.39
		T <sub>3</sub>	—	134.68	—	—	150.96	3.26
3	37	T <sub>1</sub>	17.2	129.36	22.24	107.12	128.19	4.21
		T <sub>2</sub>	11.1	141.79	15.76	126.03	143.44	3.48
		T <sub>3</sub>	—	134.38	—	—	149.92	3.11

って、本数間伐率と材積間伐率との差は大きくない。これは上層間伐の施行において一般的に認められる傾向であって、そのため、弱度の間伐率においても材積間伐量は比較的大きくなり、しかもその林分における相対的な大径木が主として間伐されるため、収穫手段としても下層間伐に比較して、より大きな収穫成果が期待できることにもなる。たとえば、ドイツの一般ナラ林の収穫表<sup>34)</sup>の150年生林分の主伐材積と総収穫材積を示すと表-3-70のとおりであり、後者は前者の2.4~2.8にも達している。

表-3-70 ドイツナラにおける主伐材積と総収穫材積の比較 (m<sup>3</sup>)

地 位	主伐材積 ①	総収穫材積 ②	②/①
I	366	1,019	2.8
II	304	797	2.6
III	245	594	2.4

注 伐期は150年である。

つぎに、5年間の年平均生長量について乱かい法により分散分析すると表-3-71 のとおりであり、間伐区には有意差が認められる。そこで、各間伐区の平均値間の差の有意性検定を行なうと、T区 (平均3.96m<sup>3</sup>) とT<sub>2</sub>区 (平均3.27m<sup>3</sup>) の間にのみ有意差が認められ、T<sub>3</sub>区 (平均3.49m<sup>3</sup>) と他の2区との間には有意差は認められなかった。この結果から判断すると、さきに示した樹型級区分にもとづき、上層木材積を対象とした材積間伐率が15%に達する程度に間伐すると材積生長量は有意に大きくなるが、10%程度の材積間伐率では材積生長の増大はあまり期待できないといえる。

表-3-71 年平均材積生長量の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
ブロック	0.032	2	0.016	0.46 < F <sub>0.05</sub> = 6.94
処理誤差	0.743	2	0.372	10.63* > F <sub>0.05</sub> = 6.94
誤差	0.139	4	0.035	
全体	0.914	8		

### 3) 直径

間伐の直前・直後および5年後の結果を、5年間における年平均直径生長量とともに示すと表-3-72のとおりであり、年平均生長量について乱かい法により分散分析すると表-3-73のとおりであって、間伐区には有意差は認められない。

表-3-72 胸高直径 (cm)

ブロック No.	林令 (年)	処理区 (T)	間伐直前	間伐直後	間伐5年後	年平均生長量 (mm)
1	33	T <sub>1</sub>	14.1	14.6	16.6	4.0
		T <sub>2</sub>	15.9	15.8	17.7	3.8
		T <sub>3</sub>	15.8	—	17.6	3.6
2	35	T <sub>1</sub>	14.1	13.6	15.6	4.0
		T <sub>2</sub>	13.7	14.3	16.2	3.8
		T <sub>3</sub>	14.3	—	16.0	3.4
3	37	T <sub>1</sub>	14.1	14.4	16.5	4.2
		T <sub>2</sub>	14.0	14.5	16.2	3.4
		T <sub>3</sub>	14.4	—	16.2	3.6

表-3-73 年平均直径生長量の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	分散比
ブロック	0.009	2	0.005	0.13 < F <sub>0.05</sub> = 6.94
処理誤差	0.462	2	0.231	6.08 < F <sub>0.05</sub> = 6.94
誤差	0.151	4	0.038	
全体	0.622	8		

したがって、各間伐区の年平均生長量を算出すると、中度区 4.07mm、弱度区 3.67mm、

無処理区 3.53 mmで、明らかに間伐程度が大きくなるにともなって肥大生長が促進される傾向は認められるが、その各間伐区相互間の差が有意になるに至っていないと認められる。このように直径生長については間伐による促進効果が認められないにもかかわらず、材積生長には促進効果が認められるという結果は、直径の増大にともなう単木材積の増加が相対的に大きいためと考えられる。

一方、現実の林相を観察すると、前述したように、5年後において中度区でもすでにうっ閉状態が回復しており、この程度の間伐強度では上層林冠の疎開が不十分で、保残された上層木の樹冠が旺盛に発達しえないため、1回のみの間伐による肥大生長の促進はあまり大きく期待できないといえよう。

#### 4) 樹 高

間伐の直後、5年後の結果を、5年間の年平均樹高生長量とともに示すと表-3.74 のとおりであり、年平均生長量について乱かい法により分散分析すると表-3.75 のとおりであって、間伐区には有意差は認められない。

表-3.74 樹 高 (m)

ブロック No.	林 令 (年)	処 理 区 (T)	間伐直後	間伐5年後	年平均生長量 (cm)
1	33	T <sub>1</sub>	13.5	15.1	32
		T <sub>2</sub>	14.5	16.1	32
		T <sub>3</sub>	14.8	16.6	36
2	35	T <sub>1</sub>	13.1	15.1	40
		T <sub>2</sub>	13.8	15.1	26
		T <sub>3</sub>	14.1	15.8	34
3	37	T <sub>1</sub>	13.2	14.7	30
		T <sub>2</sub>	13.2	15.1	38
		T <sub>3</sub>	14.6	16.0	28

表-3.75 年平均樹高生長量の分散分析

要 因	平方和	自 由 度	平方平均	分 散 比
ブロック	3.56	2	1.78	$0.04 < F_{0.05} = 6.94$
処 理 誤 差	6.22	2	3.11	$0.08 < F_{0.05} = 6.94$
誤 差	159.11	4	39.78	
全 体	168.89	8		

したがって、各間伐区の年平均生長量を算出すると中度区34.0cm、弱度区32.0cm、無処理区 32.7cmであって、その差はきわめて小さいから、上層木材積の10~15%程度を間伐しても、その間伐によって、樹高生長が促進されことは期待できないと考えられる。

#### (3) 考 察

以上の分析・検討によって明らかのように、33~37年生の間伐開始期に相当するミズナラ林に対して、上層木材積の約15%以内の材積間伐率に達することを基準として間伐を行

なった場合には、間伐5年後においてすでに上層林冠のうっ閉状態は回復し、間伐後における残存上層木の樹冠の発達をある程度促進させることはできるとしても、旺盛に発達させることは困難と推測される。したがって、その反面、この程度の間伐は弱度とみなされ、一時的な上層林冠の疎開にともなう不定芽の発生ないしはその後の不定枝への発達も最少限にとどめうるものと推察される。

このような弱度の間伐であるにもかかわらず、5年後においては樹高生長の促進効果は認められなかったが、材積生長の促進効果がすでに認められるとともに、直径生長も促進される傾向がある程度は認められ、今後この程度の間伐が適切な繰返し年で継続施行されてゆけば、直径生長に対する促進効果も認められてくるものと推察される。したがって、上層間伐は、保残された上層木の肥大生長促進に対する有効な育林手段であると認められる。そこで、以上の分析・検討結果を総括して、間伐開始期における間伐強度・施行工期について若干の考察を試みることにする。

### 1) 間伐強度

間伐開始期の林分は、いままでの林分造成過程において優良形質養成を目的として密立状態が維持されてきたため、主伐候補木がすでに判然としてはいるものの、その樹冠の発達状態は不十分である。したがって、間伐開始期において強度に間伐すると不定芽の発生を誘発する危険性が大きいため、間伐程度を小さくし樹冠を徐々に発達させて、不定芽発生の危険がなくなった後に強度の間伐にうつるべきである。

デンマークのナラ林においては、強度の間伐にうつるのは40～60年生になったときで、それまでは中位の間伐であり、また一般に1回の間伐で材積の12～15%をこえることはほとんどない<sup>65)</sup>とされている。一方、本試験において、材積間伐率を上層木材積のみを対象として15%とした中度区では、5年後においてすでに上層林冠はうっ閉状態を回復していることを考慮すると、この程度の間伐は少なくとも強度ではないと考えてさしつかえなからう。しかしながら、材積生長に対する促進効果はすでに認められるとともに、直径生長に対する促進効果は第2回目の間伐施行以後において認められる可能性は大きいと予測される。さらに、年平均直径生長量は表-3・72に示したように4.0～4.2mm（年輪幅としては2.0～2.1mm）で、目標直径生長量3.6mm（年輪幅1.8mm）よりも大きくなっている。もちろん、これは間伐開始林分の一例にすぎないともいえるが、この程度の間伐率でも目標とする肥大生長を持続させることが可能であることを、ある程度示しているものとも考えられる。

以上のデンマークにおける例と本試験についての考察結果から、さきに示したミズナラ林に対する樹型級区分については今後検討の必要はあるとしても、間伐開始期における間伐強度の基準としては、上層木材積のみを対象とした材積間伐率で15%にすることは、保育的側面からは、適切であると考えられる。

もちろん、間伐率は収穫的側面の要因によって左右され強度の間伐が要求されるが、間伐収穫は、あくまでも中間的収穫であり、究極の収穫目標は主伐収穫であるから、主伐収穫を有利に導くための優良林分造成手段としての間伐を重視しなければならない。したがって、合理的な間伐は、保育的側面を優先し、優良林分造成上支障のない範囲内で最も強度に間伐するものであると考えるのが妥当であろう。このような観点から、保育的側面を

優先させ、基準間伐率を前述のような程度におさえるべきであると考えられる。

## 2) 施行工期

間伐開始林分に対して、上層木材積の約15%を基準とする材積間伐率で間伐を施行した場合は、間伐材積は表-3-69によると約17~22m<sup>3</sup>である。また、第3章第1節で示した図-3-22によると、35年生林分における上層木材積はha当り約120m<sup>3</sup>になっている。したがって、このような材積の林分に対して15%を間伐したとすれば、基準的には間伐材積は18m<sup>3</sup>ということになる。そこで、この両結果から判断すると、間伐開始期の林分に対する現実の間伐施行段階においては、基準的にha当り20m<sup>3</sup>程度の間伐材積になるものと推測される。

この程度の間伐材積に対する間伐作業の工期は、写真-3-30に示すような他の40年生ミズナラ二次林2個所で間伐試験を行なった結果<sup>73)</sup>から判断すると、間伐材積1m<sup>3</sup>当り1.0人工程になるものと推定される。したがって、前述したように基準的な間伐材積をha当り20m<sup>3</sup>とすると、間伐開始期の林分における施行工期は、基準的にはha当り20人工を要するものと予測される。

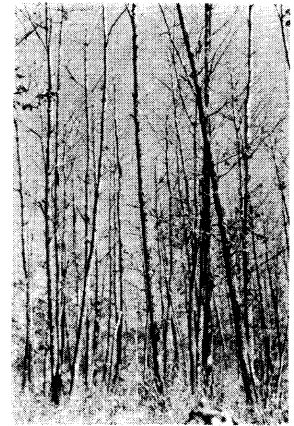


写真-3-30 間伐試験地の間伐3年後の林相

上層木材積間伐率：12.2%  
 ha当り上層木本数：1,100本  
 ha当り上層木材積：115m<sup>3</sup>  
 上層木平均樹高：15m  
 上層木平均胸高直径：15cm

## xii 総括

以上において、ミズナラ構造材林を単位林分に造成しようとする場合、それに必要な育林手段について、現実試験結果にもとづいて明らかにしてきたが、これらの個々の育林手段の研究を総合し、かつそれぞれの関連性を考慮しながら、各育林手段のもっとも適切な施行方法を合理的に組合わせて体系化し、伐採木自身からの落下種子を活用する皆伐天然下種更新作業法によって、単位林分にミズナラ構造材林を造成するのに適応した育林技術を明らかにしてみたい。

ところで、ここに明らかにする育林技術は、ミズナラ構造材林造成の全過程におよぶべきであるが、更新期から35年生の第1回間伐施行期までの部分過程を対象にしたものであって、それ以後150年生までの長期にわたる林分造成過程の育林手段についてはふれていない。しかしながら、その長期間にわたる過程は肥大生長促進期に相当しており、その過程で施行されるべき育林手段は間伐のみであって、間伐そのものの繰返し年およびその強度については十分な検討を要することはいうまでもないが、その長期にわたる過程において、間伐と異質な育林手段との関連性を考慮する必要はほとんどないといえる。したがって、一定の高令期にいたるまで上層間伐が適切な繰返し年と強度で継続施行されること、かつその施行方法は今後の長期にわたる試験研究によって明らかにされるということを前提として、ミズナラ構造材林を単位林分に造成するための育林技術を明らかにするものとする。

前述したように、35年生以後から主伐期までの林分造成過程は、ミズナラ構造材林造成の肥大生長促進期に相当するとすれば、35年生以前の林分造成過程は密立更新樹確保期と



優良形質養成期に相当するといえる。すなわち、下種地拵→補播→種子覆土→更新伐→枝条整理→補植→稚樹刈出までの過程は密立更新樹確保期に相当し、除伐→枝打までの過程が優良形質養成期に相当するものである。したがって、ミズナラ構造材の造成過程は、密立更新樹確保期（5年生まで）→優良形質養成期（35年生まで）→肥大生長促進期（主伐期150年生まで）に3大別され、各過程に属する個々の育林手段は、この大局的な基本的目標を充分配慮して施行されるべきであるといえる。

加うるに、以下に示す育林技術は、あくまでもこれまでに明らかにしてきた基礎研究および応用研究の結果にもとづいた育林の基準にすぎない。したがって、現実の技術施行段階においては、以下に示す基準的育林技術そのものをつねに一律に適用すべきではなく、それぞれの現地に即応するように立地条件・林況などを充分検討し、各育林手段の施行目的が効果的に発揮される範囲内で施行集約度を調整して適用すべきであることはいうまでもない。なお、施行功程(ha当り・1日実働7時間)については、推定可能な育林手段のみにとどめるものとし、他の育林手段の施行功程については今後の研究段階にゆずるものとする。

### (1) 密立更新樹確保期

#### 1) 下種地拵（施行功程：12人工）

150年生前後の伐期に達したミズナラ林を対象として、その林分の結実豊作年の8月下旬～9月上旬（種子落下前）に、単位林分の林面にある支障物を除去した後、小型耕うん機を用いて耕うんすることにより、鉦物質土壌をやわらかくして裸出させる。すなわち、倒木切断、小径立木伐倒・下草刈払を行なって、それらを耕うん不可能な大径木（母樹すなわち主伐木）周囲などに整理した後、等高線沿いに幅50cmの更新筋と幅1mの放置筋を交互に想定し、更新筋のみを対象として、同一更新筋を4回（2往復）耕うんする。

#### 2) 補播（施行功程：8人工）

下種地拵終了後の更新面へ主として9月中旬から10月上旬にかけてミズナラ種子が落下するが、発芽能力のある種子が最も多く定着している10月上旬の前半期に、下種地拵によって設定された1m幅の放置筋上の落下種子を原則として隣接する50cm幅の更新筋の地表面へ移しかえる。その移しかえるときには、更新面全域の更新筋上に $m^2$ 当り85個以上の健全種子がほぼ均一に定着するように配慮する。

#### 3) 種子覆土（施行功程：1人工）

補播作業とほぼ同時に、下種地拵で用いた耕うん機により、更新筋のみを耕うんして更新筋の地表面に定着しているミズナラ種子を地中に耕し入れる。同一更新筋の耕うん回数は1回で、耕うん爪の回転数をなるべく低下させ、しかも徐行しながら耕うんする。

#### 4) 更新伐

10月上旬の前半期に種子覆土が終了してから11月上旬にいたると積雪がみられるが、更新伐はこの積雪を利用して施行する。すなわち、積雪期間中でしかも厳寒期をすぎた翌年の3月上～中旬の間に、更新面上の立木（母樹すなわち主伐木）を皆伐し、同時に更新面外部への搬出も完了する。

#### 5) 枝条整理（施行功程：12人工）

更新伐が終了した後の融雪後すなわち更新筋と放置筋が裸出する4月上旬からミズナラ稚苗の発生前すなわち5月中旬までの間に、更新面に散乱している伐採木の末木枝条を整

理する。すなわち、下種地拵の施行段階で更新筋（幅 50cm）と交互に設定された放置筋（幅1mで、補播によりこの筋上に落下した種子は更新筋にすでに移されている）上に末木枝条を筋状に堆積する。

#### 6) 補植

枝条が除去されている更新筋（幅50cm）上には、5月中旬から7月中旬にかけてミズナラ稚苗が発生する。しかしながら、すでに施行されてきた育林手段にもかかわらず、現実にはミズナラ稚苗の必要最少限の発生密度 ha 当り10万本すなわち更新筋のみを対象とすると m<sup>2</sup> 当り30本に達していない部分が生じる場合がありうる。そのときは、稚苗発生の当年、1年生のポット付苗木を、その密度に達するように人工植栽する。

#### 7) 稚樹刈出（施行工期：2人工）

補植によって、前述の更新当初における稚苗発生密度が確保されておれば、少なくとも4～5年後には稚樹は70～100cm程度の樹高に達してほほう閉状態を構成する。しかし、ミズナラ稚樹が3～4年生に達した段階において、その後1～2年経過して5年生に至ったときha当り約3万本以上の成立密度を確保することが困難と判断された場合は、従来の針葉樹人工植栽地で行なわれている下刈法とは異なった稚樹刈出を施行する。

その施行方法は、ミズナラ稚樹の成立している更新筋（幅50cm）は、ミズナラ以外の植生があってもそのまま放置することを原則とし、伐採木の末木枝条が堆積されている放置筋（幅1m）のみを、ミズナラ稚樹の有無にかかわらず、刈払機を用いて一律に筋刈するものである。

### (2) 優良形質養成期

#### 8) 第1回除伐（施行工期：3人工）

以上の一連の育林手段（更新技術ともいえよう）の施行後から10年生以上の林分に達すると上層木と下層木の林冠構成の分化が明らかに認められ、上層木の中には、ミズナラおよびミズナラ以外の広葉樹で暴領木ないしは準暴領木が発生し、ミズナラの正常な形質生長を阻害する場合がある。

そのような10～15年生林分に対して、上層木中の暴領木→準暴領木→異樹種形質不良木→ミズナラ形質不良木の優先順位で、上層木本数のみを対象とした本数除伐率を15%以内にとどめることを基準として除伐を施行し、下層木は主として上層木の樹幹保護樹としての機能を発揮させるためすべて保残する。

#### 9) 第2回除伐

第1回除伐の施行後から5～10年経過した20年生林分に対して、必要に応じて第2回目の除伐を施行する。第1回目の除伐によって暴領木および準暴領木はほとんどすべてが伐除され、しかも第1回除伐から5～10年の間に再び暴領木ないしは準暴領木が発生する可能性はほとんどないと推定されるから、第2回目の除伐においては、主として形質優良な上層木と競合している形質不良木が伐除の対象になろう。

なお、その除伐程度は、20年生以後においては一時的ではあっても疎開をさせるべきであるから、いく分強度の本数除伐率にせざるを得ないであろう。

#### 10) 第1回枝打

密立状態の維持をあくまでも原則としながら、暴領木・準暴領木・形質不良木が除去さ

れて25年生林分に達すると、主伐候補木および準主伐候補木がほぼ判然とした林相を呈し、それらの上層木の平均枝下高は約6m（そのときの樹高約11m、したがって樹冠長率約45%、胸高直径約8.5cm）に達している。しかし、この枝下高はあくまでも林分の平均値であるから、なかには6m以下の主幹部分に枝が着生しているものもある。

そこで、第1回目の枝打は、25年生林分を対象とし、主伐候補木および準主伐候補木で、しかも6m以下の主幹部分に枝が着生している立木のみ限定して施行し、それらの枝を切除してほとんどすべての主伐候補木および準主伐候補木の枝下高を少なくとも6m以上にするを原則とする。ただし、枯枝および切口径が6.1cm以上（枝条径そのものとしては約4.5cm以上）に達する生枝は、その切除をさしひかえるべきである。したがって、現実には、すべての枝打対象木の枝下高を6m以上にするのが困難な場合もありうる。

なお、施行季節は生長開始直前にあたる3月下旬～4月上旬が適当であり、手鋸を用いて枝の基部を鋸断する。ただし、枝隆が発達していない場合は樹幹に近接して樹幹面と平行に切断し、枝隆が発達している場合は枝隆の末端のやや内方で樹幹面と平行に切断する（したがって、切口径は枝条径そのものよりもいく分大きくなる）。

#### 11) 第3回除伐

20年生で第2回目の除伐が施行されたにもかかわらず、その後5年以上経過する間に、35年生から開始される間伐の適切な施行に支障をきたすと予測される程度の暴領木ないしは準暴領木が発生した場合は第3回目の除伐を施行することを原則とする。ただし、強度の疎開をさけるため、25年生林分を対象とする第1回目の枝打施行後、2～3年を経過した27～28年生林分を対象とし、暴領木ないしは準暴領木のみ限定して巻枯しを行ない、徐々に枯死させるものとする。

#### 12) 第2回枝打

25年生で第1回目の枝打が施行された後5年を経過して30年生林分に至ると、第1回目枝打の対象となった主伐候補木および準主伐候補木の平均枝下高は約6.5m（そのときの樹高約12m、したがって樹冠長率約46%、胸高直径約10.5cm）に達する。そこで、目標枝下高（35年生で7m以上）形成の完全を期する観点から、第1回枝打で対象とされた主伐候補木および準主伐候補木のうち、7m以下の主幹部分に枝が着生しているものを対象として第2回目の枝打を施行し、それらの枝を切除してほとんどすべての主伐候補木および準主伐候補木の枝下高を少なくとも7m（樹冠長率約42%で、さきに示した約46%と大差はない）以上にするを原則とする。

なお、第2回目の枝打においても、施行季節・施行器具・枝の切断位置については第1回目の場合と同様であることはいふまでもないが、枯枝および切口径が6.1cm以上に達する生枝の切除はさしひかえるべきである。したがって、現実には、すべての枝打対象木の枝下高を7m以上にするのは困難な場合もありうる。

#### (3) 肥大生長促進期

#### 13) 第1回間伐（施行工期：20人工）

以上の一連の育林手段の施行により、35年生林分に達すると、主伐候補木および準主伐候補木の枝下高は原則として7m以上（そのときの樹高約13.5m、したがって樹冠長率約48%、胸高直径約13cm）になっているから、その後は枝下高をさらに長くすることを原則

として考慮せず、35年生から150年生前後までの約115年間の長期にわたって、年平均直径生長量3.6mm(年輪幅1.8mm)を一定に持続させ、胸高直径約55cmの主伐木が、はり約150本成立している150年生林分の造成を主目的として肥大生長の促進をはかるため、上層間伐を適当な繰返し年と強度によって継続施行してゆく。

その第1回目の間伐においては、上層木中の暴領木の全部→異樹種および競合不良木の大部分の順に優先的に間伐し、上層木材積のみを対象とした材積間伐率が15%程度に達することを基準として、さらに介在木の一部分→株状木の一部分の順に間伐する。なお、下層木(中層木も含む)は主として主伐候補木および準主伐候補木の樹幹保護樹としての機能を発揮させるため、原則としてすべて保残する。

#### 第4章 基本的作業法の総括的考察

以上の各章は、ミズナラ構造材林造成の育林技術上の基本的要件にもとづき、これに適用すべき作業法に関する理論的研究と、これを裏付けるべき若干の実証的研究(基礎および応用)であるが、本章においては、以上の研究によって得られたところの、現実のミズナラ構造材林造成段階における基本的作業法の内容を総括するとともに、それにもとづいて総括的考察を試みることにする。

##### 1) 基本的作業法における基本組織

ミズナラ構造材林造成を対象とする作業法は、150年生前後の伐期に達した林分を対象として、その林分の結実豊作年秋の種子落下後冬期間内にミズナラ上木を皆伐し、その伐採木自身からの落下種子を活用して、その皆伐跡地に翌春ただちにミズナラ稚苗を発生させ、更新を完了することを基本とすべきである。

この基本組織は、ミズナラ構造材林の造成を目的として、一定の広さをもつ森林を大面積皆伐林・小面積皆伐林などのいかなる単位林分によって森林を組織化する場合においても、さらに林業を経営する場合においても、その単位林分造成の基本となるものであるとともに、その単位林分に一斉林作業・中林作業・保残木作業・二段高林作業などのいかなる育林技術を適用する場合においても、その単位林分における伐採法および更新法の合理的組織の基本となるものである。

##### 2) 基本的作業法の単位林分に対する適用方法の基準

第2章第4節で明らかにした基本的作業法の単位林分に対する適用の基本方式と、第3章第2節の総括で明らかにした単位林分に対する基準的育林技術を総括すると、基本的作業法の単位林分に対する具体的な適用方法の基準は表-4.1に示すとおりである。

なお、伐期に達した林分を選定するにあたっては、ミズナラの結実豊作年が4～5年に1回であることを考慮して、基準伐期令を150年とし、現実には、その前後でそれぞれ5年程度の幅をもたせることを前提とする。

##### 3) 基本的作業法適用による主伐期単位林分の林分構成および収穫材の目標

この目標については、第3章第1節の生長推移のところで検討し、表-3.21に示したとおりである。もちろん、その中には、35年生から主伐期までに施行される間伐によって得られる中間的収穫は含まれてはいないとともに、主伐期においても、構造用素材以外の収穫材も含まれてはいない。