

道北地方の針広混交林における トドマツ天然下種更新の実態

水 井 憲 雄*

Natural regeneration of *Abies sachalinensis* MAST.
in mixed forest of coniferous and broad leaf species,
in northern Hokkaido

Norio MIZUI*

はじめに

道北地方の森林は過去における山火事や過伐によって林相が悪化し、人工造林が進められてきたものの気象条件がきびしいために成林しにくいところが多い(青柳, 1976; 菊地ら, 1979)。このような地域の森林造成には現存する林分を有効に活用することが望ましい。後継樹を確保する一つの方法として天然下種更新が期待される。

トドマツ後継樹の確保を天然力に求める場合、まず、その林分にすでに生育している幼稚樹の実態を把握し、本数、分布状態、稚樹齢などが後継樹として十分であると判断されれば、それらの育成を考慮した施業が主体になる。しかし、不十分な場合は稚苗発生を促し、さらに発生した稚苗の定着をはからなければならない。

トドマツの天然下種更新については古くから多くの調査・研究があり、柳沢(1971)によってまとめられている。しかしながら、多くの林分では地表かき起しなどを行っても稚苗が発生しなかったり、発生したとしてもいつのまにか消失するなど、なかなか定着するにいたらない。天然下種更新は稚苗発生から定着までに未解決な点が多くいまだに技術として確立されていない。天然下種更新を技術化するための課題として、天然下種更新にかかわる諸因子を詳しく解析し、それを基礎として更新に有利な環境の造成があげられる。

ここでは、道北地方の天然生針広混交林二箇所において、すでに生育している稚樹の実態を調べ後継樹としての適否を検討した。また、天然下種更新の稚苗発生を左右する種子落下量と発芽床について検討した。

調査地の提供を快くお引受け下さった西尾木材株式会社、菊地直義社長に、また、調査にご協力をいただいた道有林美深林務署音威子府支署、宗谷支庁南部地区林業指導事務所の方々に深く感謝の意を表する、なお、当场道北支場ならびに造林科の方々には貴重なご助言をいただいた。深く感謝の意を表する。

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido 079 01

調査地の概況と調査方法

調査地 I は道有林美深林務署音威子府支署管内の 217 林班で、通称、物満内川流域といわれ、地すべりや崩壊の危険性が高いため積極的な施業の行われていない（江口ら，1970）天然性針広混交林である。1975 年に 50 m × 50m の調査区画を南西斜面に 2 個（A，B）設定した。区画内の樹高 2m 以上の立木について毎木調査を行った。樹高 2m 未満のトドマツの分布状態，樹齢，樹高などの調査は，区画内に設定した 10m × 50m の帯状区で行った。また，1975 年から 1979 年まで 1m × 1m のシードトラップを 8 個設置して種子落下量を調べた。各年とも 8 月上旬から 11 月上旬まで，シードトラップに落下した種子の粒数とその品質を調べた。

1977 年から 1979 年までは人工下種試験を行った。その方法は，下種時期が春（5 月）と秋（10 月）に各 2 回，地表処理として林床植物の刈り払い区と地表かき起し区を設けた。下種量は 1 m² 当り 0（下種対照区），500，1,000，2,000，4,000 粒の 5 区とし，1 区当りの面積は各区 1.5 m² である。下種地の地表面の相対日射量をベラニ式球型積算日射計によって測定した。

調査地 は，枝幸郡浜頓別町仁達内の西尾木材株式会社所有の天然生針広混交林である。標高は 130m，土壌は B_D 型である。南東および北西斜面に 30m × 50m 区画を各 1 個設定した（A，B）。樹高 2m 以上の立木について毎木調査を行った。樹高 2m 未満のトドマツの調査は A，B 区画とも 10m × 50m の帯状区で行った。調査項目は調査地 I と同じである。苗齢が 2 年生以上で苗高 10cm 未満のトドマツ本数は，A 区画の帯状区を 10m × 10m 区画 5 個に分割し，1 区画につき 2 m² を調べた。種子の落下量調査は 1979 年のみ行った。林内 10 箇所 1 m × 1m のシードトラップを設置し，落下粒数と品質を調べた。また，10m × 50m の帯状区を 5m × 5m の小区画に分割し，この小区画ごとにササの優占度を判定した。さらに，この小区画の中央部における地上高 2m 付近の相対照度をアントラセン法によって測定した。測定点は 40 点である。

結 果

立木の本数分布

調査地 I（物満内地区）の主な上層木は，トドマツ，ダケカンバ，ミズナラなどで，中，下層にはトドマツ，イタヤカエデの多い針広混交林である。過去に択伐されたらしく林内には大径木の伐根があり，これにともなって比較的大きな孔状地ができている。全樹種の立木本数は，樹高 2m 以上が 1,466 本 / ha となるが，オオカメノキ，ツノハシバミなどの低木も含まれる。蓄積は 190m³ / ha であった。全樹種およびトドマツの樹高階別本数分布を図 - 1 に示した。これによると，全樹種でもトドマツのみでも中，上層木が著しく少ないことが判る。トドマツの混交率は約 20% であるが，樹高が 10m を越え胸高直径 20cm 以上のものは 46 本 / ha であり，胸高直径 30cm 以上は 24 本 / ha と少ない。また，胸高直径 10cm 未満の小径木が 80% を占めることから，胸高断面積合計も少なく 20 m² / ha であった。林分の疎密度は疎である。したがって，林床にはチシマザサ，クマイザサが優占し，ササ丈 1.5m ~ 2.5m のものが 1 m² 当り 40 本 ~ 70 本の密度で生育している。トドマツ上層木の樹齢を生長錐によって調べた結果，胸高直径 10cm は 40 ~ 60 年生，約 20cm は 70 ~ 110 年生，約 30cm は 80 ~ 110 年生であった。

調査地（浜頓別地区）の上層木はトドマツが最も多く，その他はダケカンバ，ハリギリ，シナノキなどであった。中，下層にはそれらの樹種以外にエゾマツ，イタヤカエデ，ホオノキなどが生育している。図 - 2 に樹高階別本数分布を示した。A ブロックは全樹種でもトドマツのみでもわずかに下層木が多い傾向を示した。しかし，中，上層とに大きな差はみられず，ほぼ複層林とみなすことができる。一方，B ブロックでは下層木が多かった。トドマツは中層木が少ない傾向を示し，ほぼ二段林の林相である。トドマツの混交率はかなり高く，61%

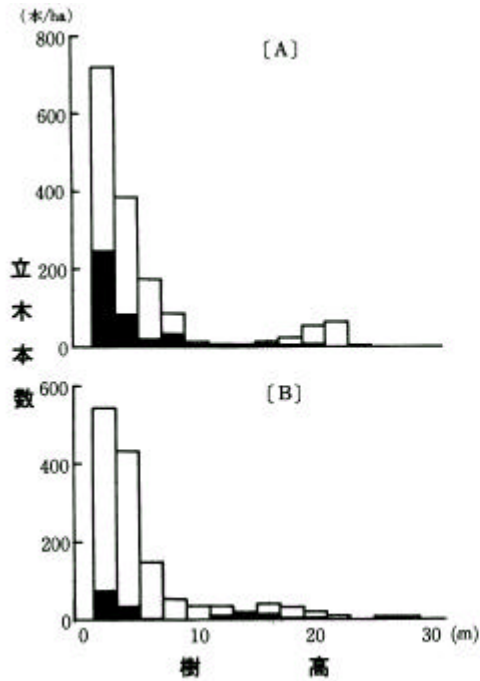


図-1 調査地（物満内）の立木の樹高階別本数分布
 : 全樹種 : トドマツ

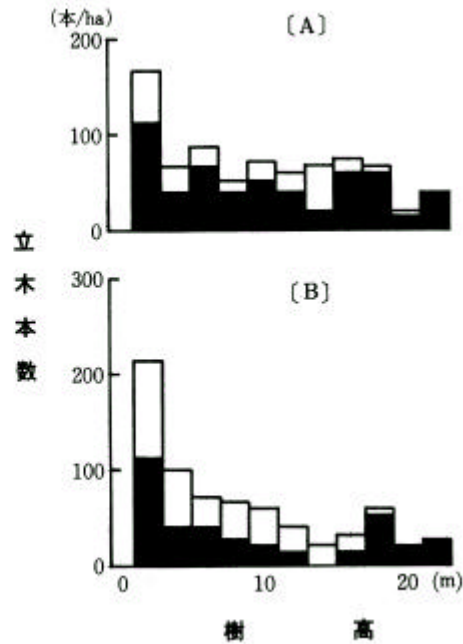


図-2 調査地（浜頓別）の立木の樹高階別本数分布
 : 全樹種 : トドマツ

であった。

全樹種の立木本数は 743 本 / ha であり，調査地 I に比べると約半数であるが，蓄積は 270m³ / ha，胸高断面面積合計が 27 m² / ha で，いずれも調査地 I より大きかった。胸高直径 20cm 以上のトドマツは，177 本 / ha，30 cm 以上は 107 本 / ha であった。林床のササは，トドマツ，エゾマツの占める割合が高いこと，比較的径級の大きなものが生育していることから疎なところが多いが，大きな孔状地ではチシマザサが密生していた。

稚樹本数と分布

調査地 ， の樹高 10cm 以上の稚樹*本数を表 - 1 に示した。調査地 I では A, B ブロックの平均本数が 940 本 / ha であるのに対し，調査地 は，その約 4 倍の 3,830 本 / ha であり大きな違いがあった。調査地 の場合，2 年生以上で苗高が 10cm 未満の稚苗が著しく多く，68,000 本 / ha であった。調査地 I にはこの大きさの稚苗がほとんどみられず，最近の更新本数にも，大きな違いがある。

樹高 10cm から 2m までの稚樹の分布様式を *Id* 指数法 (MORISITA 1959) によって解析し，得られた

表 - 1 トドマツ稚苗本数

調査地	ブロック (本/ha)	稚樹本数 (本/ha)	平均 (本/ha)
物満内	A	500	940
	B	1,380	
浜頓別	A	4,560	3,830
	B	3,100	

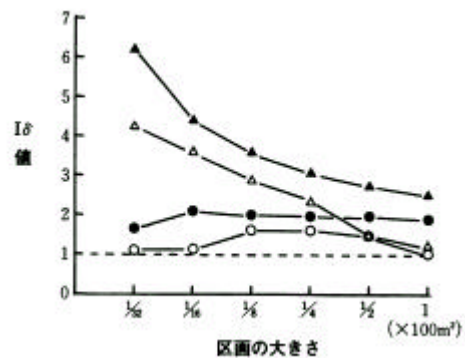


図-3 区画面積と稚樹の *Id* 指数値の関係
 : 調査地 - A, : 調査地 - A
 : 調査地 - B, : 調査地 - B

* : この報告では便宜的に，苗高 10cm 未満を稚苗とし，10cm~2m までを稚樹とする。

I_d 値を図 - 3 に示した。これによると、両調査地の I_d 値はいずれも 1 より大きく、集中分布を示した。しかも、調査地 I の場合、A, B ブロックとも区画面積が小さければ I_d 値が高く、区画面積が大きくなるにつれて 1 に近づく傾向を示した。このような傾向を示す曲線は小さな集中斑をもつ集中分布の曲線と一致する。調査地 I では顕著な集中斑が認められなかった。

つぎに、調査地 I における稚樹の集中斑の大きさを求めた。A ブロックは約 50 m²、B ブロックが約 6 m² であった。ブロック間に違いがみられたが、両ブロックとも集中斑は小さかった。林内には狭い範囲で稚樹が集中分布している。これらの箇所は天然下種更新に有利な箇所と考えられるが、必ずしも孔状地の大きさと一致していない (図 - 4)。

調査地 I の林床のササの優占度と稚樹本数の関係を表 - 2 に示した。一般に、植生調査で用いられる優占度は 6 段階に分けられる (佐々木, 1973) ことが多い。ここでは便宜的に優占度を 4 段階に区分した疎密度も示した。優占度と疎密度の関係は、優占度 + をササが無, 1 と 2 を疎, 3 と 4 を中, 5 を密とした。また、表にはアントラセン法 (真辺ら, 1969) によって測定した地上高 2m 付近の相対照度を示した。これはササの疎密度区分に該当した小区画の平均値である。表 - 2 によると、林床はササの疎なところが最も多く、5m × 5m の小区画数で示すと 40 区画中の 19 区画を占めた。つぎに中が 13 区画と多く、密および無の区画はどちらも少なかった。平均相対照度が低い箇所では当然ながらササは生育していない。相対照度が高くなるにつれササは密になった。稚樹本数をみると、ササが密な箇所でも少なく、また、ササがほとんど生育していない箇所でも少なかった。疎および中区分に多く、40 本 / 100 m² ~ 54 本 / 100 m² であった。これらのことは、ササの生育のみが更新を左右するのではないことを示している。図 - 4 に調査地 I の上層木の樹冠投影と稚樹の分布状態を示した。A ブロックでは孔状地に生育している稚樹が多いが、B ブロックではそのような傾向が認められない。むしろ樹冠下に多いといえる。両ブロックの稚樹の生育している箇所は、樹冠投影図からみる限りでは共通していない。稚樹の生存数の多少は、林床をとりまくさまざまな要因が関与していようが、更新を有利にする倒木などは確認されなかった。林床植物の生育状態とそれによって異なる地表面の光環境が稚樹の定着を左右したものと考えられる。

稚樹の年齢構成

図 - 5 と 6 に両調査地の稚樹の年齢別本数分布を示した。稚樹年齢の判定は枝階調査によった。調査地 I の場合 (図 - 5)、各年齢の稚樹は 300 本 / ha 以下で少なかった。稚樹年齢の最高は 55 年生であり、それ以上のものはみられなかった。A ブロックは若齢の稚樹がわずかに多く、年齢の増加につれ稚樹本数は少なくなる傾向を示した。B ブロックでは 20 年生から 35 年生の稚樹が多く、それ以下でも以上でも少なくなった。稚樹は全般に高齢化の傾向にある。稚樹の年齢構成は若齢のものほど多いのが普通であり、A ブロックではそのような傾向が認められた。しかし、B ブロックは 20 年生以上に同じ傾向があるがそれ以下では少なかった。このことは、林相に変化があ

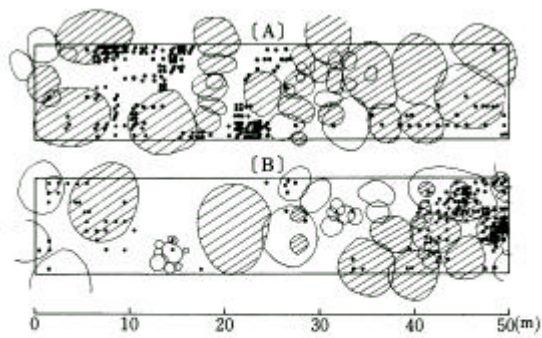


図-4 樹冠投影と稚樹の位置図(調査地II)

● : トドマツ稚樹, ⊙ : トドマツの樹冠,
○ : 広葉樹の樹冠

表 - 2 林床投影と稚樹の位置図 (調査地 I)

ササの優占度 (疎密度)	5m × 5mの 区画数	地上高2m の相対照度 (%)	稚樹本数 (本 / 100 m ²)
+ (無)	3	5.4	12
1・2 (疎)	19	7.5	40
3・4 (中)	13	17.1	54
5 (密)	5	22.3	6

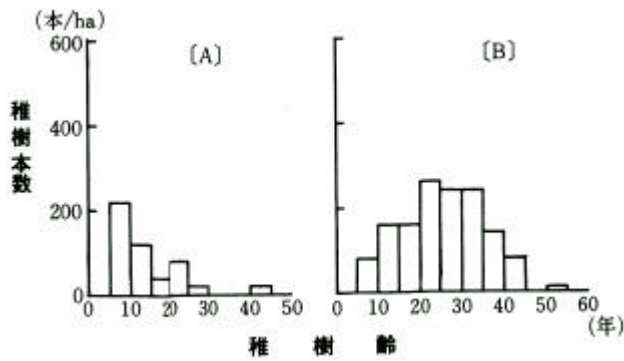


図-5 調査地 の稚樹の年齢別本数分布

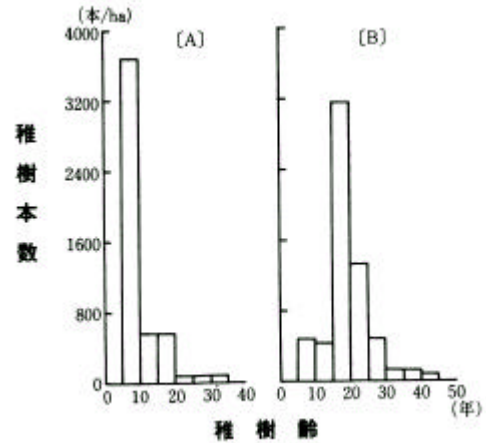


図-6 調査地 の稚樹の年齢別本数分布

ったことを意味している。択伐による上層疎開が稚苗発生に不利な林床をつくったものと考えられる。

調査地 の本数分布は、年齢によって大きく異なった。Aブロックでは10年生以下の稚樹が著しく多い(図-6) 苗高10cm以上を対象としたので5年生以下の稚樹は図示されていないが、これらを含めると70,000本/haを越える。しかし、11~15年生の稚樹は6年生~10年生につれて少なくなった。一方、Bブロックは16年生~20年生までの稚樹が最大を示し、それ以上ではAブロックと同じく、少なくなった。また、このブロックは調査地IのBブロックと同じように15年生以下の稚樹が少ない。やはり、林相に変化があったものと考えられる。両調査地に共通的なことは、40年生以上の稚樹は著しく少なくなり、55年生以上はみられなかった。庇陰下における生存限界であると考えられる。

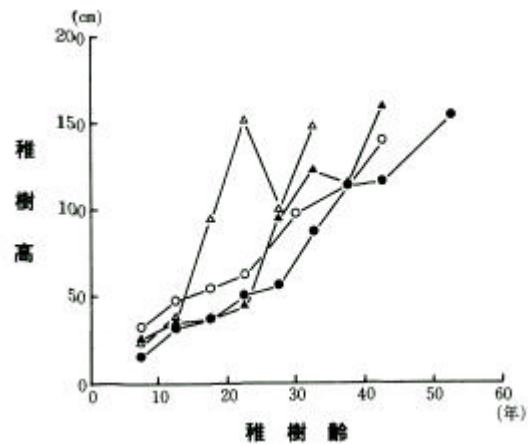


図-7 稚樹年齢と平均稚樹高の関係

○ : 調査地 - A, △ : 調査地 - A
● : 調査地 - B, ○ : 調査地 - B

稚樹の生長はかんまんであった(図-7) とくに、稚樹高40~60cmに達するまでが著しく、20数年を要していた。その後の伸長量は、わずかながら大きくなる傾向を示した。これは光条件とのかねあいによるもので樹高が高くなるにつれてササの隙間を通す陽光を活用できるようになるからであろう。

表-3 トドマツ種子落下量と充実率

調査地	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
天然生林	物満内	*	9	7	124	23	117	*
		*	*	*	34	5	32	*
人工林	浜頓別	*	*	*	*	*	1,767	*
		*	*	*	*	*	47	*
人工林	名寄	*	*	*	*	*	565	2
		*	*	*	*	*	43	0
人工林	三笠	160	0	136	42	90	193	3
		10	*	17	5	13	15	0

* : 未調査 上段 : 種子落下粒数 (粒) 下段 : 充実率 (%)

種子落下量と稚苗発生

両調査地の種子落下量と充実率を表 - 3 に示した。なお、表には人工林の資料を加えた。調査地 の種子落下量は豊作年と思われる 1977 年、1979 年でも 100 粒 / m² をわずかに越えた程度で少なかった。一方、調査地 は、1979 年のみの結果であるが 1,767 粒 / m² の落下があり、調査地 I の約 15 倍であった。充実率は全調査地、調査期間のなかで最も高い 47% を示し、種子の品質も良好である。1979 年は全道的に豊作年のようで、名寄や三笠の人工林でも落下量が多かった。天然生林、人工林を問わず共通的なこととして豊作年は連続しないこと、豊作年ほど種子の充実率は高い傾向がうかがえる。調査地 の落下種子について発芽検定を行った結果、発芽率は 24% であった。つまり、1,767 粒のうち 424 粒が発芽する。したがって、林地においても発芽に適切な条件であれば数 100 本の稚苗発生を得ることが可能である。

種子落下量の多少を左右する母樹本数は、調査地 I と調査地 で大きく異なった。結実が可能な母樹を胸高直径 20 cm 以上にする調査地 I は 46 本 / ha、調査地 は 177 本 / ha であり、胸高直径 30cm 以上は調査地 I が、24 本 / ha、調査地 は 107 本 / ha である。調査地 は調査地 I の約 4 倍の母樹本数となり、このことが種子落下量の多少に大きく影響したものと考えられる。調査地 I では、豊作年でも落下種子の絶対量が少なく、5 年間の調査結果および母樹本数からみて、今後も増加する可能性は少ない。

つぎに、調査地 の種子落下量と稚樹発生本数の関係を図 - 8 に示した。稚樹発生本数の調査箇所はシードトラップの隣接地である。稚樹発生本数は 28 本 / m² ~ 180 本 / m² の範囲で、平均値は 106 本 / m² である。落下種子に対する稚苗発生率は 6% となった。図 - 8 によると、種子落下量の増加につれ稚苗発生本数も多くなる傾向がうかがえるが、統計的有意性は認められなかった。

人工下種による稚苗発生

調査地 I で行った人工下種試験の結果を表 - 4 に示した。下種した種子の充実率は 55%、検定発芽率は 45% である。春下種はあらかじめ種子の低温湿層処理を行ったが、秋下種は行っていない。表に示した稚苗発生本数は下種した年の累積値である。稚苗発生本数は下種時期によって大きく異なった。秋下種の場合は著しく少なく、下種量に対する稚苗発生率は 1% にも満たなかった。しかも、下種量が増加されても稚苗発生本数はほとんど増加していない。地表処理による差も顕著ではなかった。これに対して春下種の場合の稚苗発生本数は、秋下種の 2 倍から 16 倍であり、下種量の増加につれ稚苗発生本数も増加した。また、地表処理による差もわずかに認めら

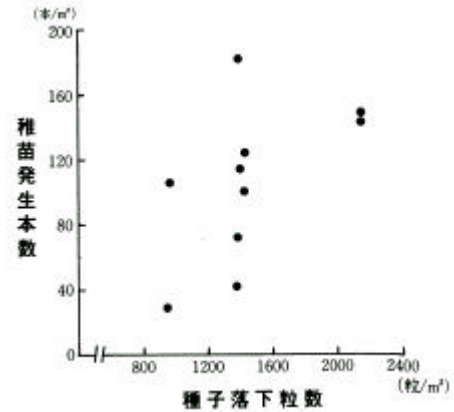


図 - 8 種子落下粒数と稚苗発生本数の関係

表 - 4 人工下種による稚苗発生本数 (調査地)

地表処理	下種時期	下種粒数 (粒 / m ²)				
		0	500	1,000	1,500	2,000
かき起し	春 (5月)	2.2	16.2	19.9	31.5	50.7
	秋 (10月)	2.2	1.4	2.4	2.0	5.2
刈り払い	春 (5月)	1.5	10.4	15.0	27.4	42.7
	秋 (10月)	1.5	4.4	2.0	5.7	3.7

れ、刈り払い区よりかき起し区が高かった。下種量に対する稚苗発生率の平均は1~3%であった。調査地の天然下種による稚苗発生率の1/2か、それよりも低い。このことは、単に地表処理を行っても確実にその成果を得るのは難しく、別な要因が影響していることを示す。

図-9に、地表かき起し区の地表面の相対日射量と春下種による稚苗発生率の関係を示した。相対日射量は開放地の水平面日射量を100としたものである。したがって、相対日射量が高ければ地表面の温度上昇や乾燥が著しく、小さければある程度庇陰されるため、それらは緩和されている。相対日射量が85%の下種地の稚苗発生率は、すべて1%以下であった。これに対して、相対日射量が42%、つまり、地表面の温度や乾燥が比較的緩和されている下種地の稚苗発生率は2~6%の範囲であった。また、発芽当年の秋までの稚苗消失率は相対日射量42%区が18%、85%区が62%であった。地表面の温度上昇や乾燥は稚苗発生に障害となるばかりでなく、発芽当年の稚苗消失率を高める傾向も認められた。

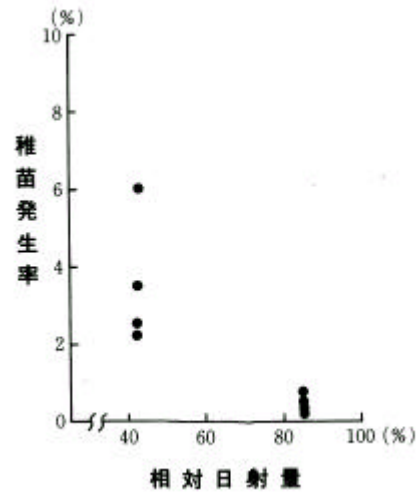


図-9 地表面の相対日射量と人工下種による稚苗発生率関係(調査地)

考 察

天然生林の後継樹をすでに生育している稚樹にもとめる場合、更新本数やその分布状態、稚樹齢などが問題である。更新本数について柳沢(1964)は稚樹高40cmのものが4,500本/ha以上生育していると更新完了林分とみなした。ここで調べた両調査地の更新本数はどちらもこれに満たなかった。とくに、調査地Iの稚樹はA、Bブロックとも著しく少なく、後継樹として不足である。調査地のAブロックは苗高10cm以上を対象にするとその本数に達するが、40cm以上の稚樹はこの1/3であった。Bブロックではさらに少なく、やはり、後継樹として不足である。ただ、調査地は調査地Iと違って苗高10cm以下のものが多い。これらを育成することによって本数的には後継樹を確保できるものと考えられる。

稚樹の齢構成は調査地およびブロック間で多少異なったが、30年生までの稚樹が大半を占めた。渡辺(1970)によると、被圧木が優占木となる可能性は、被圧年数が40年生未満で大きい。被圧時に1cmの直径生長をするのに20年以上を要している場合は自然枯死すると報告している。両調査地の稚樹の根元径は1cmに満たないものが多い。したがって、20年生以上の稚樹には大きな期待をもてないものと考えられる。

両調査地の稚樹の分布は明らかな集中分布を示し、調査地の場合、小さな集中斑を有していた。つまり、更新の良好な箇所は局所的なものであり、更新本数や稚樹齢がそれぞれの林分の後継樹としての条件を備えていても林内均一に確保することはできない。稚樹の定着本数が少なかった箇所を林床のササの優占度からみると、優占度+(ササが無)と5(ササが密)の箇所であった。このことは、地表面の光条件によるところが大きいようである。筆者ら(水井ら,1979)は、トドマツ人工林において発芽当年のトドマツ稚苗の生育段階に違いのあることを確認し、生育段階の遅れた稚苗は翌年以降の消失率が高いことを調べた。また、生育段階の遅れた稚苗が生じるのは、光条件に依存し相対照度の低下につれ多くなる(水井,1981)ことから、調査地において地表面の暗いところの稚苗は発生初期に消失したことが推定される。

以上のことから、天然生林の後継樹をすでに生育している稚樹のみに依存できる林分は、きわめて少ないものと考えられる。

トドマツの天然下種更新が成功するために必要な種子落下量は、期待する稚苗発生本数と稚苗発生率のかけあいできまる。菊沢ら(1980)はトドマツ人工林における林内下種更新のための施業体系をまとめ、下種更新をはかるためには100本/m程度の稚苗発生が必要であると報告している。調査地の稚苗発生本数はこれとほぼ同じであったことから、このために必要な種子落下量は2,000粒/m²前後と逆算できる。ただし、これは稚苗発生率が5~6%の場合であって発生率が低ければさらに多くの種子が必要である。

両調査地の結実母樹を胸高直径30cm以上のものとする、調査地Iは24本/ha、調査地IIは107本/haであった。球果1個当りの種子粒数を300粒とし、種子落下量から母樹1本当りの結実球果数を推定すると、1979年の場合、調査地Iは162個、調査地IIは550個となる。同様に胸高直径20cm以上では調査地Iが84個、調査地IIが332個となり、調査地Iは母樹本数が少ないことに加えて母樹1本当りの結実量も少ないようである。

つぎに種子が落下してから発芽するまでの問題の一つに種子の死滅や消失がある。調査地Iの人工下種試験では秋下種の稚苗発生本数が著しく少なかった。これは、越冬中の病菌害、とくに暗色雪腐病によって種子は死滅したことが考えられる。この被害は土壌が凍結しない地域に多い(林ら、1975)。調査地Iは最深積雪が2mを越え土壌が凍結しないことから、この害をうけた可能性は高い。しかし、調査地IIでは稚苗発生本数が比較的多く、この害が大きいとは考えにくい。土壌が凍結しなくても林分によって差があるようである。

発芽時期の地表面の高温や乾燥は稚苗の発生に大きな障害となる。大きな孔状地では地表のかき起しを行っても、直射日光による温度上昇や乾燥が著しく、確実に成果を得るのは難しい。天然下種更新によってトドマツの後継樹を確保するためには、有利な環境を造成しなければならない。今後さらに、稚苗の発生と定着の両方に有利な環境条件を究明していきたい。

摘 要

道北地方の天然生針広混交林二箇所(物満内地区、浜頓別地区)において、トドマツ稚樹の生育状況を調べた。また、天然下種更新において稚苗発生を左右する種子落下量と発芽床について検討した。

1. 天然生林における稚樹の分布様式は、*Id* 指数によるといずれの調査地も集中分布を示し、浜頓別地区では小さな集中班をもっていた。
2. 稚樹はササの優占度が最も高い箇所と最も低い箇所少ない傾向を示した。
3. 稚樹齢は30年生未満のものが大半を占め、それ以上になると齢の増加とともに少なくなった。
4. 稚樹の生長はかんまんであった。樹高40~60cmになると伸長量はわずかに大きくなる傾向があった。
5. 種子落下量の多少は母樹本数に依存していた。また、種子落下量が多ければ充実率も高い傾向を示した。
6. 種子落下量に対する稚苗発生率は約6%であった。
7. 人工下種試験では、秋下種の場合の稚苗発生が著しく不良であった。春下種の場合、地表面の高温や乾燥が緩和される箇所で稚苗発生本数が多かった。

文 献

- 青柳正英 1976 宗谷地方の造林 —— 天北地方の造林樹種について —— . 北方林業 28 : 127 131
- 江口 完・古本 忠・石井英男・山根玄一・北条貞夫 1970 物満内天然林の解析と施業法 . 90p 北海道林務部道有林第二課 札幌
- 林 敬太・遠藤克昭 1975 トドマツの天然生稚苗の発生を左右する菌害と乾燥害 . 林試研報 274 : 1 22
- 菊地 健・山根玄一・薄井五郎 1979 天北地方における夏季の卓越風の分布について . 昭和 53 年道林研論 : 53 55
- 菊沢喜八郎・福地 稔・水谷栄一・浅井達弘 1980 トドマツ人工林の天然下種更新 () —— 林内更新のための施業指針 —— . 北林試報 18 : 11 23
- 真辺辰夫・荒木武夫・浅沼晟吾 1969 アントラセンによる日射量の測定 . 日林誌 51 : 164 167
- 水井憲雄・菊沢喜八郎・浅井達弘 1979 トドマツ人工林の天然下種更新 (I) —— 4 年間の稚苗消長について —— . 北林試報 17 : 13 22
- 1981 人工庇陰下におけるトドマツ芽バエの生育段階 . 日林誌 63 : 169 172
- MORISHITA , M . 1959 Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns . Mem . Fac . Sci . , Kyushu Univ . , Ser . E (Biol) 2 : 215 235
- 佐々木好之 1973 生態学講座 4 植物社会学 . 143 p 共立出版 東京
- 渡辺定元 1970 北海道天然生林のサクセッションのパターンについて . 北方林業 22 : 349 356
- 柳沢聰雄 1964 北海道羽幌団地における天然林の伐採前後の成長と更新 . 北方林業会 121 p 札幌
- 1971 トドマツ , エゾマツ , アカエゾマツの新しい天然更新技術 . 新しい天然更新技術 : 1 78 創文 東京