

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

水井憲雄* 菊沢喜八郎* 浅井達弘*

Studies on the natural regeneration of artificial Todo-fir
(*Abies sachalinensis*) Stand ()

Germination and mortality of seedlings during four years
Norio MIZUI,* Kihachiro KIKUZAWA* and Tatsuhiro ASAI*

はじめに

トドマツ人工林の高齢化にともなって次代の林分造成方法が問題とされている。主伐時における皆伐一再造林は、気象条件などからみて多くの危険が予想される。できる限り現存林分を活用した方法が望ましい。その方法を天然下種更新にもとめるならば、主伐時までには十分な後継樹を確保する必要がある。そのためには、間伐を実施する時点から更新を促す配慮が必要であり、さらに発生した稚苗をたくみに育てなければならない。

トドマツ天然生林の更新については多くの事が調べられてきた(柳沢 1971)。人工林を取扱った報告では、山本ら(1968)が根室市別当賀の稚苗発生良好な49年生人工林において、林内照度の調節と稚苗消長を調べ人工林から天然林への誘導を試みた。さらに、高橋ら(1976)は同じ林分において8年間の稚苗消長を調べ、林内更新のための施業体系を検討した。甲斐(1970)は名寄林務署管内の40年生林分において、間伐後の稚苗の消長や林内照度の変化にともなう稚苗伸長量を調べた。これらの報告では、いずれも稚苗の消失率が高く、林内照度の減衰にともない稚苗伸長量が低下することを指摘している。また、札幌・帯広両営林局管内においても人工林から天然林への誘導が検討されている(1977, 1972)。しかしながら、人工林は歴史が浅いため、種子の結実から稚苗の生長にいたる天然下種更新の一連の過程に不明な点が多い。

筆者らは、トドマツ人工林の更新方法を確立するため、1974年から固定調査地を設定し、天然下種更新の初期段階の問題について調査を進めてきた。ここでは、4年間の稚苗消長経過について報告する。なお、この報告の一部は、すでに日林北支講(水井ら1976, 菊沢ら1978)、日林論(菊沢ら1977)に報告した。

試験地設定などにご協力をいただいた道有林業務課試験係、同岩見沢林務署の各位に厚くお礼申しあげる。

固定調査地の概況と調査方法

調査地は、1974年に道有林岩見沢経営区67林班51小班に設定した。この林分は、1935年に3,000

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

本/haの密度で植栽され、面積は4.8haである。標高が約300m、地形は尾根筋の南向と北向の緩斜面からなり、その中央が一部平坦である。周囲は広葉樹二次林、トドマツおよびカラマツの若い造林地となっている。間伐は岩見沢林務署の記録によると、1963年、1968年、1972年に実施された。

調査は、林分内に設定した標準地(1ブロックの大きさ、50m×50m)3箇所について行った。林分推移を把握するため隔年で毎木調査を行い、林分密度・材積・胸高断面積を求めた。

稚苗の発生・消失調査は、各ブロックに幅2m、長さ50mの帯状区を設定して行った。この帯状区を長さ5mのプロット10個に分割し、さらに各プロットを長さ1mと4mのサブプロットに分け、前者を掘取り調査区、後者を継続調査区とした。

掘取り区の稚苗は、1974年に全て掘り取って苗齢を調べ、継続調査区については発生している全稚苗に標識をつけ消失経過と苗高を記録した。その後、新たに発生した稚苗も同様に扱い、一部のプロットでは発生当年の生育段階を調べた。

種子の落下量は、1974年から1978年まで、各年の秋季(約100日間)に1m×1mのシードトラップを1ブロックにつき4個設置し、これに落下した粒数とその品質を調べた。

林内照度は東芝5号照度計を用い、各ブロックの帯状区の地表面と地上高1.5m付近各200点を各年の7月に測定した。

結 果

1. 上層木の推移と林内照度

1974年の毎木調査によると、この林分における上層木の密度は3ブロック平均727本/haとなる(表-1)が、この中にはミズナラ、ハリギリなどの広葉樹もわずかに含まれる。トドマツの平均樹高は14mであった。

1978年の調査による胸高断面積合計は約33m²/haに達し、4年間で約7m²/haが増加した。材積は300m³/haを越え、年平均生長量は7.4m³/haとなる。

林床植生は、調査地設定年の夏季、すなわち間伐が実施されてから2年後の調査では場所によって異なった。チシマアザミ、ヨブスマソウ、アキタブキなどの大型草本に占められる箇所、マイヅルソウやツタウルシなど比較的小型植生の箇所、クマイザサの箇所、鈴苔類に覆われている箇所などがあつた。しかしながら、林床は年々変化し、1978年にはクマイザサに占められる林床を除いて大型草本になったところが多い。これは間伐による上層疎開が林床に到達する陽光量を増大させたためであろう。

土壌はBD型であり、A層の厚さが9cm前後、落葉層の厚さは0.5~5cmであった。

各ブロックにおける地表面と地上約1.5mの高さの相対照度を図-1に示した。1974年当初の地上約1.5mの相対照度はブロックIが最も高く約27%であった。他のブロックはこれよりやや低いが、大

表1 厘分概況

Table 1. Outlines of sample areas in a Tobo-fir stand.

区 Sample area	本 数 Number of trees(N/ha)			材 積 Stem volume (m ³ /ha)			胸高断面積 Basal area (m ² /ha)		
	1974	1976	1978	1974	1976	1978	1974	1976	1978
	880	872	860	255	304	332	27.6	32.0	34.3
	704	700	688	231	271	300	25.3	28.7	31.0
	596	596	-	233	271	-	25.0	28.2	-
平 均 Aveerge	727	723	774	240	282	316	26.0	29.6	32.7

きな違いはない。地上1.5m付近と地表面との照度の差は、ブロックIとIIIで大きく、ブロックIIでは小さい。このような差異は林床植生、とくに大型草本の有無によってあらわれる。ブロックIのように照度差が大きく、地表面の暗いところは大型草本の繁茂が著しいことを示し、照度差の小さいブロックIIの林床は小型の植生といえる。ブロックIの照度差は比較的大きいにもかかわらず地表面が明るい。

これは、上層が疎であることによって陽斑光が多いことから、地表面の相対照度も高いものと考えられる。しかし、2年後には大型草本が増加したため地表面が暗くなった。地上約1.5mの照度は、各ブロックとも年々低下してきた。そして、地表面との照度差も小さくなる傾向を示す。これは上層木の樹冠閉鎖が進行しているためで、いずれ大型草本は消失すると考えられる。

2. 種子落下量と稚苗の発生

1974年から1978年までの種子落下量を表-2に示した。各年の落下量をみると、最も多かったのは1974年の160粒/m²であるが、1975年は全く落下しなかった。1976年は1974年につぐ多い年であったが、1977年はこの1/3にとどまり、1978年はまた多かった。1年おきに多い年と少ない年をくり返しているようである。また、ブロック間ではブロックIIが他よりも毎年少ない傾向を示した。人工林の落下量は過去のデータに乏しいため、この結果から直ちに豊凶年を断定しにくい。一応1974年は豊作、1975年が凶作といえそうである。トドマツ天然生林の種子落下量は豊作年の場合、2,000粒/m²内外といわれる(柳沢1971)。この林分は豊作年でも天然生林のそれより著しく少なかった。

種子落下量の多少は、結実木の多少に左右されるので、1974年に調査地内の母樹172本について結実状態を調べた。その結果、約30%の66本に球果を確認したが、母樹1本当りの球果数は少なかった。球果は1個から最高120個まで確認できたが、20個以上の結実木は20本、50個以上は5本であった。これらから、1ha当りの結実球果数を算出すると5,370個となる。球果1個の種子粒数は約300粒であったことから、この林分の落下可能種子は161粒/m²となる。これは、実際の落下量とよく一致した。

落下種子に特徴的なことは、著しくシイナの多いことである。5年間の平均充実率は11%にとどまり、発芽率は当然これを下回ることから、この林分ではタネの着地以前に一つの問題がある。

各ブロックにおける稚苗数*の推移を図-2に示した。これによると、1974年7月

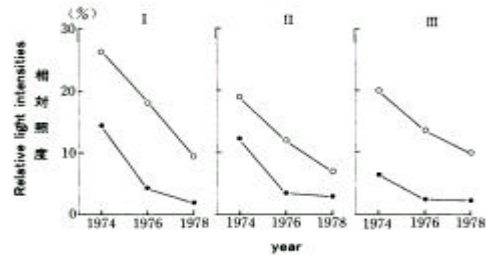


図1 地上高1.5m付近と地表面の相対照度

Fig.1. Relative light intensities at 1.5m above ground and at soil surface.

○ : 地上高1.5m, 1.5m above ground

● : 地表面, soil surface

表2 各年の種子落下量と充実率

Table 2. Quality and amount of seeds fallen in each year.

区	1974	1975	1976	1977	1978	平均
Sample area						Average
(粒/m ²)	210	0	73	41	152	95
	127	0	70	31	57	57
	143	0	265	54	61	105
平均	160	0	136	42	90	86
Average						
充実率(%)						
Percent of full seeds	10	-	17	5	13	11

* : この報告で用いた稚苗とは、発芽まもないメバエから苗高30cmまですべてを含む。

の稚苗生存数はブロック間に大差なく、平均値で示すと 54 本/100m² であった。しかし、この中の約 40%はこの年に発生した稚苗であり、1974 年以前から生存する稚苗は 32 本/100m² と少なかった。生存稚苗を掘り取って(各ブロック 20m²)、苗齢を調べた結果、9 年生まで確認した。つまり、稚苗の発生は約 10 年前(林齢 30 年生)から始まったらしいが、種子の結実量が少ないために発生数も少なかった可能性が高い。

1975 年 5 月、新しい稚苗の発生により稚苗数は増加した。1976 年は減少傾向を示したが、1977 年は再び新しい稚苗の発生により大幅に増加し、540 本/100m²(3 ブロック平均)に達した。しかし、1978 年はまた減少した。1976 年と 1978 年が減少傾向を示すのは、前者の場合、落下種子がなく稚苗発生がなかったためで、後者はこの年の発生数が少なかったことと、前年発生稚苗の消失数がこれを上回ったことによる。このような稚苗発生の多少は、種子落下量の多少と品質の良否に左右されている。つまり、稚苗の発生は落下量の多かった年の翌年に多く、逆に少量であった年の翌年は少ない傾向を示した。また、1976 年の落下種子は比較的充実率が高いことから、翌年の稚苗発生数も多かったものと考えられる。ただし、ブロック II の落下量は他のブロックより少ないにもかかわらず稚苗発生数が多い。これは、発芽に対する林床条件の適否が影響したと考えられる。結局、1978 年 9 月の稚苗生存数は 270 本/100m² となり、増減をくり返しながらも経年的には徐々に増加の傾向を示している。しかし、この値は累積発生数の半分以下であり、消失稚苗の多かったことを示している。

3. 稚苗の生育段階と消失

図-3 は発生年別の稚苗生存数の変化を発生年の夏季の値を 100 として示した。これによると、1975 年の発生稚苗はその年の秋季までに約 20%が消失した。その後、漸次減少し 1978 年 9 月には約 40%になった。1977 年発生稚苗の消失は急速で、翌年にはすでに約 40%しか残らなかった。1978 年発生稚苗の消失はこれよりも速く、発生初年度にすべに 40%にまで減少した。これらの消失経過に共通的なことは、発生後の初期に消失する稚苗の多いことと、冬季よりも夏季にやや多いとである。前者の場合、この時期の稚苗の根は、まだ鈹質土壤に達しない場合が多いなどきわめて不安定な状態にあること、後者は乾燥および草本による抑圧やムレが原因として考えられる。冬季の消失はそれほど多くなかったが、年によって差が認められる。主な消失原因は暗色雪腐病によるものであり、それは、積雪量の多少とも関係するようであった。また、4 年間のなかで発生年が遅くなるにつれ消失が早まる傾向を示すのは、大型草本の繁茂が著しく多くなり林床条件

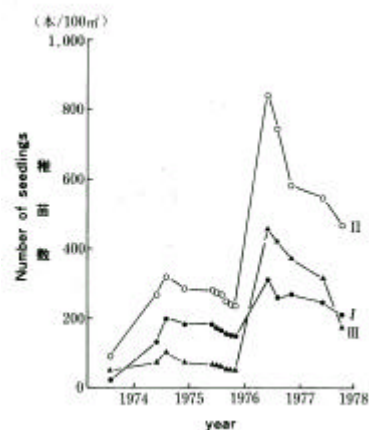


図2 各ブロックにおける稚苗数の推移
Fig.2. Changes in the number of Tobo-fir seedlings in three sample areas. (, &)

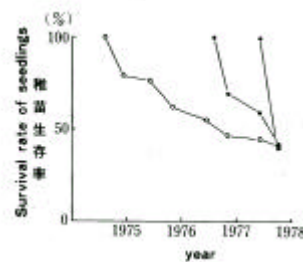


図3 発生年別の稚苗生存率
Fig.3. Survival rate of seedlings germinated in each year.

が悪化したものと考えられる。

つぎに、稚苗の消失が発生初期に多いことを稚苗の生育段階ごとに検討した。一般に、トドマツ種子を苗畑には種すると、図-4 に示すようにまず幼根を伸長させ、種子を地中からもちあげる。つづいて種皮がはなれ、子葉を展開する。さらに普通葉*を展開しながら上胚軸を伸長させて、やがて頂芽を形成する。ところが、1975年に発生した稚苗をこの年の11月に調べてみると、約半数が普通葉を展開せずに頂芽を形成していた。そこで、発芽まもない稚苗の生育段階を二つに分け、子葉を展開した稚苗を子葉段階とし、これより生育の進んだ稚苗を普通葉段階とした。これによって分けた稚苗は翌年の消失に差があらわれた(図-5)。普通葉段階に達した稚苗の1年間の消失率は約13%なのに対し、子葉段階のそれは約39%であった。1977年発生稚苗も同じ傾向を示し、子葉段階の稚苗は消失率が高かった。

生育段階の違いは当然、発芽時期にも起因している。すなわち、5月発芽の稚苗は11月までに66%が普通葉段階に達したのに対し、7月発芽の稚苗は43%にとどまった。つまり、発芽時期の早い稚苗ほど生育段階が進む傾向にある。しかし、5月発芽の稚苗でも約1/3が子葉段階にとどまることは、発芽時期だけがこれを左右しているのではなく、別な要因の干与が考えられる。それは、照射強度とのかねあいが強いらしく、人工的にひ陰を強める仏子葉段階にとどまる稚苗が増加する(水井1979)。

4. 照度による林床区分と稚苗の発生・消失

1974年測定の上高1.5m付近と地表面の相対照度をもとに、各プロットの林床を類型化し、各類型毎に稚苗の発生と消失を調べた。図-6はブロックIについて、樹冠投影を上段に、相対照度を中段に、最下段には類型化による林床タイプを示したものである。これによると、地表面および地上1.5mの相対照度は上層樹冠の疎密によって異なり、稚苗発生数にも差が認められる。林床類型化の基準は、図-6(b)に破線で示したように地上約1.5mの相対照度を20%、地表面を10%で区分し、それぞれこれより高いプロットと低いプロットに分類した。この方法によると、林床は次に示すようにA、B、C、Dの4つのタイプに分けられる。Aタイプは地上1.5m付近が明るく(相対照度20%以上)、地表面の暗い(同10%以下)ところで、その照度差は大きい。この林床には大型草本が繁茂していることを意味する。Bは地上1.5m付近の相対照度が20%以上、地表面が10%以上でAと同様に上層樹冠の疎なところであり、大型草本は少ないか、あるいは小型の植生である。C、Dの上層樹冠はほぼ閉鎖され、地上1.5m付近の相対照度が20%以下

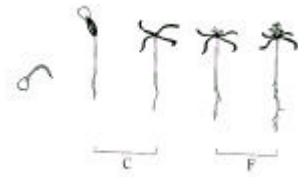


図4 発芽後初期の稚苗の生育パターン

Fig.4. Developmental pattern of seedlings.

C:子葉段階, cotyledon stage

F:普通葉段階, foliage-leaf stage

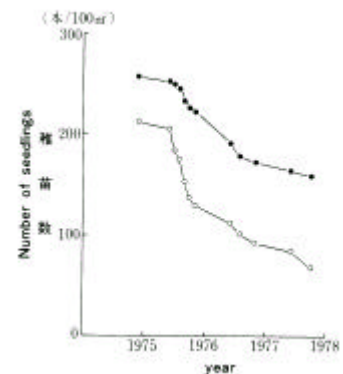


図5 生育段階別の稚苗の生存曲線

Fig.5. Survivorship curves of seedlings in each developmental stage.

:子葉段階, cotyledon stage in November at the year of germination

:普通葉段階, foliage-leaf stage at the same date

*: 子葉に引き続いて生ずる10枚ほどの葉が初生葉、その後展開するのが普通葉である(柴草1976)。ここでは便宜的に、両方とも普通葉とした。

であって林内は暗い。Cの林床は小型の植生がほとんどであるが、ブロックIIの一部のプロットにみられるクマイザサの林床もこれに含まれ、Dはほとんど草本のないところである。これによって、各ブロックの全プロットをそれぞれのタイプに分類すると表-3に示すとおりである。各タイプに属するプロットの地上1.5m付近と地表面の平均相対照度の差を求めると、Aタイプは20%となり最も大きかった。AタイプからDタイプに移るにつれ照度差は小さくなり、Dタイプではわずか2%であった。

1975年の稚苗発生数と消失率を各タイプ別に示したのが図-7である。横軸に各タイプの照度差、縦軸は稚苗発生数を示した。Aタイプ（地表面の相対照度6%、照度差20%）の稚苗発生数は最も少ない26本/100m²なのに対し、Dタイプ（同18%照度差2%）では570本/100m²となり、約20倍であった。Bタイプ（同18%、照度差14%）は地表面が比較的明るいにもかかわらず91本/100m²にとどまった。つまり、地表面の相対照度の高低そのものは稚苗発生にあまり関係していない。むしろ発生数と関係のあるのは照度差であるらしい。すなわち、AタイプからDタイプになるにつれ発生数が増える傾向を示し、照度差とは反比例的な関係にある。このことは、大型草本が稚苗発生に制限的に働くことを明らかにしている。つまり、草本の落葉が種子の着地を困難にし、発芽のための水分供給にも支障となっている事などが考えられる。

一方、発生稚苗の消失に対しても大型草本の悪影響は明らかである。Aタイプにおける発生当年の消失率は38%、翌年まで累積すると62%に達した。これはDタイプの約2倍となり、最も高い消失率を示した。消失率は照度差が小さくなるにつれて低くなる傾向を示し、稚苗発生と逆である。つまり、稚苗発生数の少ないところは消失率が高い。これらの事から、林床の大型草本は稚苗の発生・消失両面に大きな影響をおよぼすことが明らかであり、その結果として、稚苗の発生・生存は照度差の小さい林床に集中的であるといえよう。

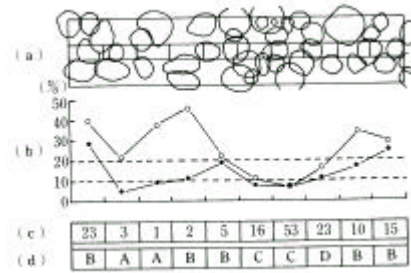


図-6 相対照度による林床分類と発生稚苗（ブロック）

Fig.6. Classification of forest floor, based on the relative light intensities and number of seedlings germinated in 1975(Sample area).

- a) 樹冠投影, crown projection diagram
- b) 相対照度, relative light intensities (R.L.)
: 地上高 1.5m, 1.5m high
: 地表面, soil surface
- c) 1975年の発生稚苗数, number of seedlings germinated in 1975
- d) 林床タイプ, types of forest floor

1.5m high soil surface

- A: 地上 1.5m, 20%以上, 地表面 10%以下
R.L. above 20% below 10%
- B: 地上 1.5m, 20%以上, 地表面 10%以上
R.L. above 20% above 10%
- C: 地上 1.5m, 20%以下, 地表面 10%以下
R.L. below 20% below 10%
- D: 地上 1.5m, 20%以上, 地表面 10%以上
R.L. above 20% above 10%

図-3 類型化した林床の相対照度

Table 3. Relative light intensities on four types of forest floor.

	林床のタイプ					
	Types of forest floor					
	A	B	C	D		
プロット数 Number of plots	6	9	10	5		
相対照度(%) Relative light intensity	地上高 1.5m					
	(a) 1.5m high	26	32	14	15	
		地表面				
		(b) soil surface	6	18	7	13
		照度差				
		(c) (a) - (b)	20	14	7	2

5. 稚 苗 の 伸 長

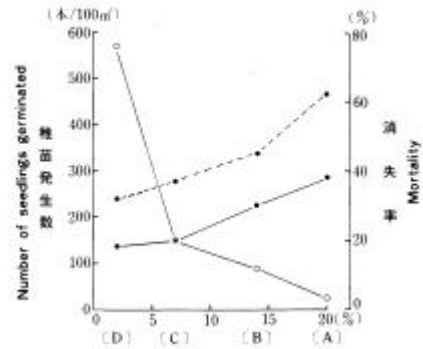
1974年までに発生していた稚苗の苗高は、2~14cmであった。苗高11cmの9年生稚苗を枝階毎に伸長量を調べてみると、発芽してから7年間は約1cmずつ、8年目が1.5cm、9年目が2cmであった。7年生稚苗の苗高は約10cm、4年生では5cmであり、また、1975年発生稚苗の1978年9月における平均苗高は6.5cmであった。いずれも1年間の伸長量に大きな違いがなく、稚苗の伸長は著しく緩慢である。

図-8は1975年発生稚苗の苗高を生育段階別にヒストグラムで示したものである。これによると、普通葉段階に達していた稚苗の1976年における平均苗高は3.9cmなのに対し、子葉段階の稚苗は3.2cmであった。そして、その翌年は普通葉段階4.5cm、子葉段階3.6cmであり、この差は両年とも1%レベルで有意である。一方、1977年発生稚苗の翌年9月における平均苗高は、普通葉段階3.6cm、子葉段階3.1cmであり、この差もやはり有意であった。すなわち、発生後2年目までの苗高は発生当年の生育段階に影響を受けている。やはり有意であった。すなわち、発生後2年目までの苗高は、発生当年の生育段階に影響を受けている。

考 察

人工林において、天然下種更新を技術として確立するためには、種子の結実・着地・発芽、そして、稚苗が後継樹として安定した状態になるまでの一連の過程における問題を詳しく解析しなければならない。

天然下種更新にとって、まず第1の条件は母樹からの種子の供給である。この林分では、およそ10年前から結実していたらしいが、林齢43年生となった時点でも円滑な天然更新に十分な量とはいえない。しかも充実率が低いため発芽可能種子はきわめて少ない。自然条件下における発芽前の種子は樹種によっても異なるが、菌、昆虫、げつ歯類あるいは鳥などによって著しく消失するといわれる(KOZLOWSKI 1971)。前田ら(1970)は、野ネズミによるトマツ種子の食害を調べ44%が食害されたり行



林床タイプと照度差

Types of forest floor(A -D)and difference of relative light intensities

図-7 照度差の違いによる発生稚苗と消失率

Fig.7. Germination rate and mortality of seedlings, based on differences of relative light intensities at 1.5m above ground and at soil surface on forest floor.

: 1975年の発生稚苗数, number of seedling germinated

: 消失率, mortality of seedlings

: 1975

----- : 1975 - 1976

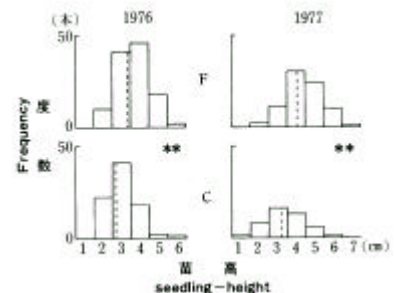


図-8 生育段階別、年度別の苗高の比較

Fig.8 Frequency distributions of seedling-height in each developmental stage.

C : 子葉段階, cotyledon stage

F : 普通葉段階, foliage-leaf stage

** : 危険率1%で有意, significant at 1%level

----- : 平均値, average

方不明になったと報告している。これらの事を考えると、この林分の落下量では稚苗発生数が少ないのも当然である。落下量が少ないこと、品質の悪いことは母樹齢が若いことによるのか（KOZLOWSKI 1971）、あるいは松浦（1977）のいう近親交配によるもので人工林特有の現象なのか明らかでない。それらの要因が母樹齢によるものならば、齢の増加とともにいずれ解決されるし、現在品質の悪いことも結実量の増加によって解消されると思われる。

一般に、自然条件下における更新の良否は森林の位置、土壌、林況、林床植生、あるいは菌や動物など林床をとりまくいろいろな条件によって左右される（前田ら 1970、柳沢 1971、林ら 1975）。この林分では、比較的落下量の少ないブロックでも稚苗発生数が多いこと（ブロック II）、しかも集中的に発生する傾向があることなどは、林床条件、とくに林床植生によるところが大きいようである。すなわち、適度にひ陰されていて林床植生の少ないところは種子の着地が容易であり、発芽に好適な土壤水分も保持されるものと考えられる。

一方、稚苗の消失はいろいろな因子の相互作用によって生じている。生育段階の低い稚苗は翌年の消失率が高い。また、発生した当年の秋までに消失した稚苗も普通葉段階にまで達していなかった可能性が高く、これらの稚苗は地上部にみられず地下部の発達も遅れるため消失要因に対する抵抗性が低いものと思われる。したがって、林床植生による抑圧やムレ、また、気象条件などわずかな環境の変化などに耐えられず枯死してしまう。各地の人工林、天然林の林床において、し発生稚苗を注意深く観察すると、子葉段階で頂芽を形成しているものがかなりの割合を占める。これらが、なかなか後継樹とならないことも以上の消失要因に対する抵抗性が低く、発生初期に消失するためと考えられる。このように、消失は稚苗側の生育度と消失要因の働きかたに左右されるらしい。消失回避のためには、発芽から後継樹として安定するまでの各生育段階における主要な消失要因を見ぎわめ、詳細な解析を行い、それによって適切な補助手段を見出す必要がある。

摘 要

道有林岩見沢経営区三笠地区のトドマツ人工林(1978年現在 43年生)において、天然下種更新機構を明らかにするため、1974年から1978年まで稚苗の消長を調べた。

この林分の種子落下量は 100 粒/m² 前後であり、充実率は 11% と低かった。

稚苗は徐々に増加の傾向にあるが、1978年現在 270 本/100m² であり、途中での消失を考慮すれば後継樹として十分な数ではなかった。

稚苗発生数の最も多かったのは、1977年の 436 本/100m²、1976年は発生がなく、年によって大きく異なった。これは、種子落下量の多少と品質の良否に左右された。

発生当年における稚苗の生育段階は、子葉段階と普通葉段階に分けられた。この違いは翌年の消失と伸長量に影響し、子葉段階にとどまった稚苗は普通葉段階より消失率が高く、苗高も低かった。

稚苗の消失は発生後の初期(1~2年)に多く、冬季より夏季に多い傾向を示した。1975年、1977年および1978年にそれぞれ発生した稚苗は1978年9月までに約60%が消失した。

相対照度をもとに林床を類型化し、これと稚苗の発生・消失との関連を調べた結果、林床の大型草本は発生を著しく妨げ、しかも消失を高めていた。

文 献

- 林 敬 太・遠藤克昭 1975 トドマツ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
甲斐武治郎 1970 トドマツ人工林の天然下種更新について(第1報) .昭 45 道林業研究発表論文集 208-214

- 菊沢喜八郎・水井憲雄・浅井達弘・北条貞夫 1977 発生後2年間の トドマツ稚苗の消失経過 . 88 回
 日林論 211-212
 ・ 1978 トドマツの林内更新に関する研究 (II) . 4年間の稚苗の消失経過 .
 日林北支講 27 : 15-17
- KOZOŁOWSKI, T.T. 1971 Growth and development of trees I. 433P. Academic Press, New York and London
- 前田満・五十嵐文吉 1970 トドマツの天然更新と野鼠の害 . 北方林業 22 : 121-124
- 松浦堯 1977 天然更新ができにくいわけ , 遺伝的立場からの解明 . 林 305 : 8-12
- 水井憲雄・菊沢喜八郎・浅井達弘・斎藤満・北条貞夫 1976 トドマツの林内更新に関する研究 (I) ,
 種子の落下量と稚苗の消長 . 日林北支講 25 : 27-30
 1979 トドマツの林内更新に関する研究 (3) 庇陰下におけるメバエの発育段階 . 昭53道林
 業研究発表論文集 (印刷中)
- 帯広営林局 1972 造林実験営林署実験報告 . 194P . 帯広営林局
- 札幌営林局技術開発委員会 1977 森林施業の方法に関する調査 (第9報) 164P . 札幌営林局
- 柴草良悦 1976 トドマツの秋伸びについて . 北海道の林木育種 19 (2) : 17-20
- 高橋幸男・小田島悦・村田義一・山本敏夫 1976 トドマツ人工林から天然林への誘導 (), トドマ
 ツ人工林内更新試験 . 北方林業 28 : 89-93
 ・ 1976 トドマツ人工林から天然林への誘導 (), 林内密度
 管理方法と施業予測体系案 , 北方林業 28 : 132-136
- 山本敏夫・棚田祐蔵 1968 トドマツ人工林から天然林への誘導 (). 北方林業 20 : 110-112
 ・ 1968 トドマツ人工林から天然林への誘導 (II) . 北方林業 20 : 138-141
- 柳沢聡雄ほか 1971 新しい天然更新技術 . 340P . 創文社

Summary

The present paper deals with a natural regeneration of a 43-years-old artificial Todo-firststand . The investigation was carried out from 1974 to 1978.

The seeds fallen in this stand were about 100/m² · years , of which only 11% were full seeds . The seedlings in this stand increase gradually . They were , however , insufficient to progress the regeneration . The numbers of seedlings germinated were 1.8/m² , 4.4/m² and 0.1/m² in 1975 , 1977 and 1978 , respectively . While no seedlings were germinated in 1976 . The number of them in each year depended on the quality and the amount of the fallen seeds .

The developmental stage of seedlings was classified into two types: the cotyledon stage and the foliage-leaf stage . Survival of seedlings in the following year after the germination depends on their developmental stages . The survival ratio and the height of the seedlings in the foliage-leaf stage were both higher than those in the cotyledon stage . The mortality of seedlings occurred mainly in a few years after the germination . The mortality in summer was higher than in winter .

Forest floor was classified into four types according to the relative light intensities at 1.5m high above ground and at soil surface (Table 3) . The germination rate and the mortality of seedlings differed in each forest floor type . They depend especially on the difference of

light intensities between those at 1.5m above ground and soil surface . Germination was promoted by the decrease of the discrepancy in the relative light intensities at the two levels . On the other hand , mortality of seedlings increased with the difference in the relative light intensities.

The germination was prevented by the herbaceous covering on the forest floor . These herbs also affected mortality within a few years after the germination.