

アカマツ人工林におけるアカマツ当年生実生の個体群動態

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	陶山, 佳久 中村, 徹
巻/号	70巻12号
掲載ページ	p. 510-517
発行年月	1988年12月

論 文

アカマツ人工林におけるアカマツ当年生実生の個体群動態*

陶山佳久**・中村 徹**

陶山佳久・中村 徹：アカマツ人工林におけるアカマツ当年生実生の個体群動態 日林誌 70 : 510~517, 1988 アカマツ林の遷移に関する基礎的情報を得ることを目的として、林内相対照度の違う3林分内(7, 15, 27%)に発生したアカマツ当年生実生の発生、発育、死亡過程を調査した。発生は4月下旬に始まり、2~3週間後には発生頻度がピークに達し、7月下旬には終了した。年間総発生本数は54,100~99,400本/haに達した。林床の相対照度が低い2調査区では9月下旬までに全個体が死亡し、相対照度が最も高い調査区では21%が冬期まで生存した。死亡要因はおもに動物害、苗木枯病害、乾燥害および被陰によるものであった。林内のアカマツ実生は被陰により発育を妨げられ、発育初期段階で死亡する割合が大きく、動物害と苗木枯病害は、実生が初生葉を展開するまでに発生する重大な死亡要因であった。一方、乾燥害によって死亡したとみなされた個体数は少なかった。

SUYAMA, Yoshihisa and NAKAMURA, Toru: The population dynamics of *Pinus densiflora* seedlings in artificial stands J. Jpn. For. Soc. 70 : 510~517, 1988 The process of emergence, growth, and mortality of first-year seedlings of *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. were studied under three different relative light intensities on the forest floor (7, 15, and 27%). Seedlings emerged from late April to July, and the emergence was greatest in early May. The number of seedlings emerging ranged from 54,100 to 99,400 per ha. The survival rates on the forest floor for 7, 15, and 27% relative light intensities were 0, 0, and 21%, respectively. The seedling mortality resulted from predation, damping-off, drought, shading, and so on. Seedling growth was inhibited by shading, and mortality occurred mainly in the early growth stages. Predation and damping-off were the greatest causes of mortality in the initial-growth stages of first-year seedlings, while seedlings dying from drought were few.

I. はじめに

アカマツはわが国で広く造林が行われた樹種であり、アカマツ平地林ではその材から落葉落枝、林床植生にいたるまで盛んに採取、利用が行われてきた。しかし、昭和30年代以降には化学肥料の普及や燃料革命等によってアカマツ林の価値が低下し、放置されるアカマツ林が増加した。このように下刈り、落葉かきという人為の植生遷移に対する抑制力が消失することにより、新たな系列の森林群落の遷移が進行すると考えられる。しかしながら、このような人為の加わった森林群落からの遷移の実態とその機構にはなお不明な点が多い。著者らは、このような遷移に関する研究の第一歩として、まず遷移の開始期、すなわち放置開始初年度におけるアカマツの更新状況に着目し、アカマツ当年生実生の動態を調査した。

アカマツの稚樹に関しては、天然更新技術の研究

(2, 4)などによって様々な知見が得られており、またアカマツ稚樹の消長に関する研究(1, 3)もいくつか見られる。しかしながら、現存する森林群落としてのアカマツ林を対象とし、個体追跡法によってアカマツ実生の個体群動態を明らかにした例は少なく(7)、基礎的な情報を欠いている。

本研究では、アカマツ林の遷移に関する基礎的情報を得ることを目的とし、アカマツ林内に発生したアカマツ当年生実生の発生、発育、死亡過程を個体追跡法により観察、記録した。

本研究を進めるにあたり、御指導、御協力をいただいた筑波大学農林学系大庭喜八郎教授ならびに育林学研究室の皆さんに深く謝意を表す。

II. 調査地および調査方法

1. 調査地

調査は茨城県南部に位置する筑波研究学園都市内の

* 本報告の要旨は第98回日本林学会大会(1987)で発表した。

** 筑波大学農林学系 Inst. of Agric. and For., Univ. of Tsukuba, Ibaraki 305

筑波大学構内アカマツ人工林の3林分で行った。調査地域の年平均気温は12.7°C、年降水量は1,021 mm (1986年)であった。

調査した3林分の概況を表-1に示した。ただし林内相対照度は、早春の地表面において測定したものである。このうちC区は、幅約20mの細長い林分内に設置しており、側方からの光により、とくに林床の明るい調査区になっている。またこれらのアカマツ林は、いずれも毎年秋には下刈り、落葉かきが行われ、農用林としても利用されているのが現状である。そのため調査開始時の林床植生は貧弱で、落葉層も極めて薄い。

なお本調査区では1985年度の下刈り、落葉かきを最後に人為を差し止め、1986年度から放置されたアカマツ林として調査を行った。

2. 調査方法

1986年春に3つの調査対象林分内の比較的均質な環境下であると考えられる範囲内に、大きさが8m×7mの調査区を1個ずつ設置した。さらに、それぞれの調査区中に1m×8mのサブプロットを1m間隔で4列配置した。つまり、1つの調査区につき32m²を調査面積とした。

当年生実生の調査は1986年5月2日から同年10月31日まで毎週1回定期的に行った。各調査時に各サブプロット内に新しく発生したすべてのアカマツ実生を個体識別し、それらの発育段階および生育状況を記録した。また、すでに個体識別したもののうち、生存個体については発育段階および生育状況を、死亡個体については死亡時の発育段階および死亡要因を記録した。

なお発育段階は、実生の発育過程をつぎの4段階にわけて経時的に記録した。I：種皮を付着し、子葉が未展開の段階。II：子葉を展開した段階。III：初生葉を展開した段階。IV：初生葉を展開し、伸長生長を行っている段階。

また、環境要因測定用として2つの調査区(A, C区)

表-1. 調査区の概要

General description of stands surveyed

Plot	A	B	C
Stand age (years)	24	38	43
Stand density (No./ha)	3,600	1,100	1,800
Mean D. B. H. (cm)	9	19	17
Mean tree height (m)	8	12	14
Mean relative light intensity on the forest floor (%)	7	15	27

の中央に自記地中温度計をそれぞれ設置し、地表面の温度を4月から10月まで継続的に測定した。調査区の降水量データは、調査区に近接している筑波大学農林技術センター演習林本部の気象観測記録をそのまま使用した。

III. 結果および考察

アカマツ当年生実生の発生過程、発育過程、死亡過程のそれぞれについて調査結果をまとめ、考察を加えた。

1. アカマツ当年生実生の発生過程

1) 発生開始時期

調査区ごとの実生の発生頻度と地表面の積算温度および発生期間中の日降水量を図-1に示す。ここで「発生」とは、成長体を含む子葉の部分が地上部に伸長したときを示すこととし、種皮を破って出た幼根が向地性を示した時を表す「発芽」とは区別して用いた。

4月下旬にA, B, Cすべての調査区で実生の発生開始を確認した。このことは図の発生頻度の推移からも推察できる。この時点における5°Cを基準温度とした

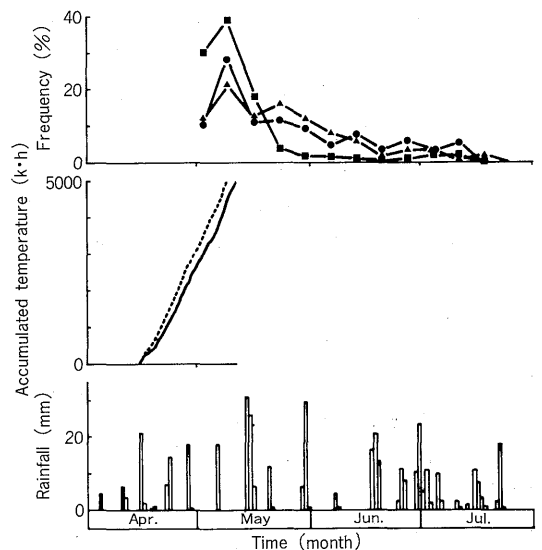


図-1. 実生の発生頻度と地表面の積算温度および発生期間中の日降水量

Patterns of seedling emergence, accumulated temperatures on floors, and rainfall distribution

●, Plot A; ■, Plot B; ▲, Plot C

The base temperature of accumulated temperatures was 5°C.

Solid line, Plot A; Dashed line, Plot C

地表面の積算温度はおよそ 2,000 K・h に達していた。これは、アカマツ種子の発芽には 5°C以上の積算温度にして 1,800~2,500 K・h が必要であるとした報告(8)とほぼ一致する。なお本調査では地表面の最低温度が 5°C以上になった日から積算温度を計算した。一方、降水は 4月から4カ月間頻繁にあり、また降水量のピークは実生の発生頻度にほとんど影響を及ぼしていないようであった。したがって、水分条件は発生開始の制限要因としては働いていなかったと思われる。

以上のことから、アカマツ実生の発生は、著しい乾燥がなければ地表面の 5°C以上の積算温度が 2,000 K・h に達するころ開始すると思われる。

2) 発生期間と発生頻度の推移

4月下旬に始まった実生の発生は、7月下旬にはすべての調査区でほぼ終了した。つまり、本調査地における実生の発生は 4月下旬から7月下旬までの3カ月間にわたった。3調査区とも実生の発生頻度は発生開始後急激に増加し、5月上旬には著しいピークを示した。その後5月中旬には急激に減少し、5月下旬からはゆるやかな減少が続き、7月下旬に発生が終了した。このような発生頻度の推移を環境条件から考察すると以下ようになる。

ある程度の降水によって水分条件は早くから満たされており、また4月下旬から5月上旬にかけて、発生開始の制限要因となっていた温度条件が満たされたため、一斉に発生が開始してピークを形成した。その後、条件の悪い位置に落下した種子、あるいは当年4月に降に落下した種子が順次発芽していったため、発生がしばらく続いたと思われる。7月下旬には梅雨も明け(7月24日から9月1日までに降水のあった日は3日間しかなかった)、水分条件が悪化したことに加え、落下種子もほとんどなくなったために発生が終了したと考えられる。なお、種子の落下についてはシードトラップによる調査で確認した。

ところで、A、C両区に比べてB区では5月上旬の発生頻度のピークが目立って高く、なおかつその後の減少がとくに急激であった。この現象の原因として、

B区では他区と異なった林床環境の変化があったことをあげることができる。つまり、B区の林床では5月初めからツボスミレが急激に調査区一帯の林床を覆い始め、その植被率はすべてのサブプロットで90%以上に達した。(A、C両区における6月下旬の草本層の植被率は50%程度であった。)一方、葉層透過光の照射はアカマツ種子の発芽を完全に阻害するという報告(8)があることから、B区では5月上旬以降、ツボスミレによる被陰がアカマツ種子の発芽を強く抑制したため、ピーク後の発生頻度は急激に低下し、ピークは相対的に高くなったものと考えられる。

3) 発生数

表-2に各調査区における実生の発生数を示す。林冠により被陰された林内においても、54,100~99,400本/haにのぼる実生が発生したことがわかった。

1985年に近接林分で行った同様の調査(7)では、91,600本/haの実生が発生した。これは本調査の結果とほぼ一致する。さて、発生数の多少に関しては①前年度の種子の豊凶、②前年度に行われた落葉採取時の種子の取奪度合などの要因が大きく影響すると考えられるものの、いずれの調査においてもヘクタール当たり数万本に及ぶ多数の実生が発生した。したがって、井上(2)が指摘したように、アカマツ林内においても地被物が除去された林床では、更新上過剰と思われるほどの多数のアカマツ実生が発生することができると考

表-2. 実生の発生数
Seedlings emerging

Plot	Per 32 m ²	Per ha
A	173	54,100
B	318	99,400
C	222	69,400

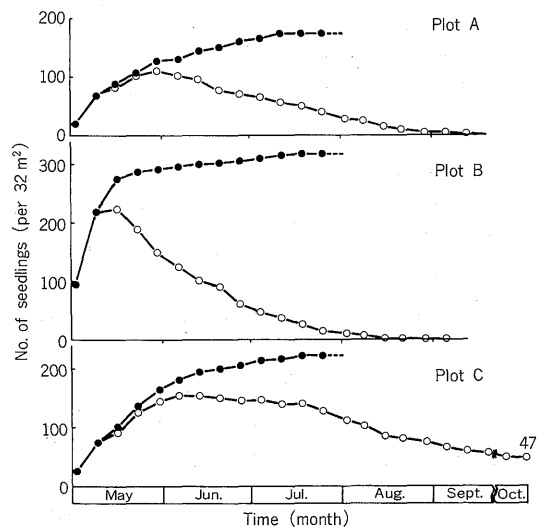


図-2. 実生の累積発生数と生存数の推移
Population flux of seedlings
●, emerged; ○, survived

えられる。

2. アカマツ当年生実生の发育過程

1) 生存期間

図-2に各調査区における実生の累積発生数と生存数の推移を示した。4月下旬頃から発生し始めたアカマツ実生は、発生開始直後から死亡が始まり生存数の減少が生じた。A区では6月上旬から生存数が減少に転じ、9月下旬にはすべての個体が死亡した。B区では5月上旬から死亡が始まり、8月下旬にはすべての個体が死亡した。C区では6月中旬にゆっくりと生存数の減少が始まり、その後も少しずつ減少し続けたが、10月31日現在、32m²のプロット内に47個体が生存していて、その生存率は21%であった。このうち翌春まで生存したのは22個体(10%)であった。またC区においてのみ、1986年以前に発生した前生稚樹の存在が確認された。1986年5月下旬における同調査区内の前生稚樹数は35個体、11月下旬には22個体であった。これらの結果から、林床の相対照度が低いA(7%)、B(15%)両区は、陽樹であるアカマツの実生が発生後1年間生存し続けるために十分な環境ではないといえる。ただし、B区で顕著にみられたように5月上旬頃から林床に草本類が繁茂したため、微小なアカマツ実生にとっての光環境は、それぞれの調査区の相対照度下で、さらに草本層の被陰も加わった状況として考えなければならない。一方、林床の相対照度が最も高いC区(27%)では、発生数の21%の個体が秋まで生存し続け、発生後1年目を以降も生存し続ける個体が存在する。しかしながら井上(2)は、上木の被陰下にある稚樹は、その照度比が0.5~0.8の疎林下であっても普通1~2年生存するにすぎないとしている。本調査地においても、健全な生長を続けている前生稚樹は見あたらぬ。したがって、C区的环境下でもアカマツ実生は数年間は生存できるものの、後継樹として生育するために不十分な環境であるため、天然更新は達成されないと考えられる。

2) 发育経過および生存率の推移

アカマツ実生は発生後約1週間で子葉を展開し、2~3週間で初生葉を展開するという发育経過をたどった。A、B、C区でこの経過に大差はなかった。図-3に各調査区における発生時期別の実生の生存率の推移を示す。各区とも発生時期による生存曲線の違いはなかったが、それぞれの調査区で特徴ある曲線を描いた。

A区では逆S字型の生存曲線を描いた。発生後しば

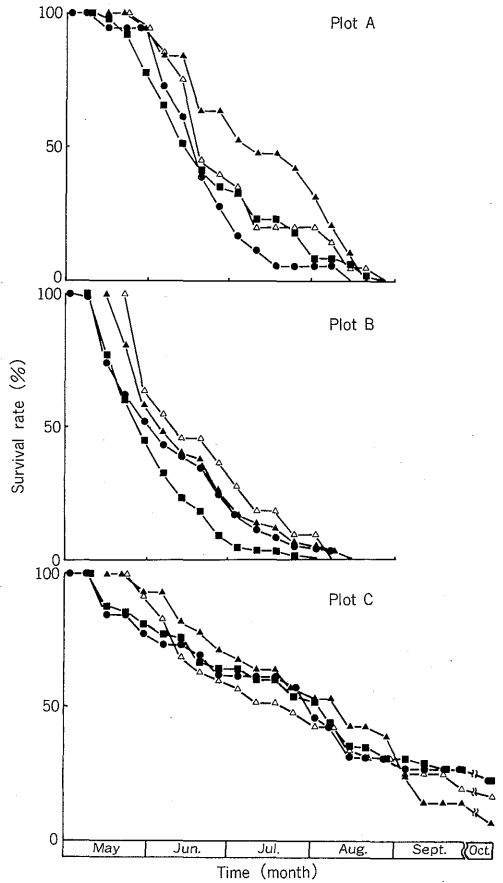


図-3. 実生の生存率の推移

Survivorship curve of first-year seedlings
 date of emergence : ●, May 2; ■, May 9;
 ▲, May 16; △, May 23

らくして6月に入ると急激な生存率の低下が生じ、7月までその状態が続いた。生存数が少なくなるにつれて次第に生存率の減少もゆるやかになり、結局8月下旬には生存個体がなくなった。生存数の減少はおもに生存期間の中期である6~7月に生じた。

B区では逆J字型の生存曲線を示した。生存数の急激な減少が発生直後から生じ、発生後1カ月で生存数は50%以下になった。その後、生存数が少なくなるにつれて生存率の低下もゆるやかになったが、8月中旬には生存個体がなくなった。生存数の減少はおもに生存期間の前期である5~6月にかけて生じた。

C区ではほぼ直線的な生存率の推移を示した。発生直後から8月下旬までほぼ一定の割合で生存率が低下し、9月以降の生存率の減少は少なかった。

このような生存率の推移に関する考察は次節で行う。

3. アカマツ当年生実生の死亡過程

1) 死亡要因

A, B 両区では, 1986年4月から発生したすべての実生が9月中旬までに死亡し, C区では10月末までに発生数の約80%が死亡した。これらの実生の死亡時にはいくつかの特徴的な死亡状況が見られ, それらの状況からおもな死亡要因として①動物害, ②乾燥害, ③苗立枯病害の3要因を推定することができた。本調査では, 実生の死亡要因をこれら3要因および「その他」にしぼり, この中からそれぞれの死亡個体に対して最も致命的に働いたと考えられる要因を記録し, まとめた。図-4に全死亡個体に対する死亡要因別死亡割合を示した。

動物害を受けた個体には, 子葉がなくなり胚軸のみが残っているもの, すべての子葉が途中からなくなったもの, 一部の子葉が途中からなくなったもの, 初生葉がなくなったものの4つのタイプが認められた。これらのうち, その後発育段階が進まずに死亡した個体は動物害により死亡したとみなした。なお生存期間のいずれかに動物害を受けた個体数の割合は, A区で73%, B区で46%, C区で60%もの値を示した。しかし図-4から明らかなように, 動物害で死亡した個体数は全死亡個体の20~28%にとどまった。捕食者の種類については2種類の昆虫(いずれも鱗翅目の幼虫)を確認した。その他にはその被食状況などから鳥類が考えられる(1)が, 本調査では明らかにすることができなかった。

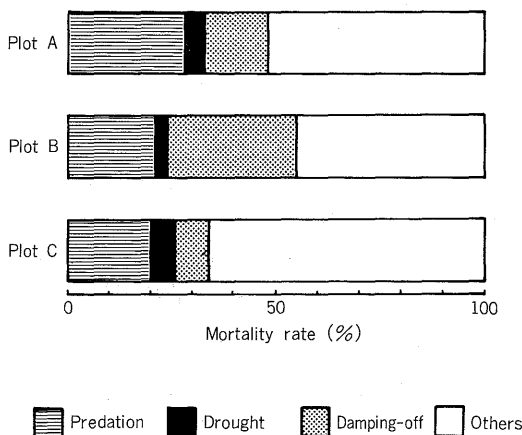


図-4. 全死亡個体に対する死亡要因別死亡割合

Mortality rate for each mortality factor of first-year seedlings on each plot

乾燥害による死亡個体には, 水分を失い萎縮した状態で倒伏しているタイプのものが認められた。乾燥害による死亡は全死亡個体の3~6%と少なかったが, 中ではC区が最も多かった。

苗立枯病害による死亡個体は, 地際付近の茎部がくびれて糸のように細くなり倒伏したタイプのものとし, これは苗立枯病の倒伏型として区分されている(6)のものである。苗立枯病の発生は調査区によって大差があり, 全死亡個体に対する死亡割合はB区で31%と最も高く, 次にA区の16%, C区の8%と少なくなつた。

以上の3要因の条件にあてはまらなかったものは「その他」としてまとめた。このうち大半は茶褐色を呈していわゆる枯死したもので, 調査時に致命的な単一の死亡要因を断定することができなかったものである。

地上部に多少なりとも動物害を受けた実生は, A区においては全発生数の73%にものぼり, また同要因により死亡した個体数も全死亡個体の20%以上を占めた。このことは林内のアカマツ実生にとって動物害がいかに大きな問題であるかを示している。一方, 動物害を受けた個体のうち, それが原因で死亡した個体数の割合はA区で38%, B区で47%, C区で26%であった。発育期間中の光条件が最も悪化したB区でこの割合が最も高く, 光条件の良いC区で低い値を示した。つまり, 陽光を十分に得ることができない実生は旺盛な発育を妨げられ, いったん動物害などの損傷を受けるとそれが大きなダメージとなり, ついには死亡する率が高くなると考えられる。

乾燥害と判断された死亡割合は少なかったことから, 直接的な乾燥のみによって死亡する個体は実際にはかなり少ないと思われ, 多くは動物害などの複合的要因によって死亡したと思われる。なぜならば, 本調査区では落葉かきにより落葉層が極めて薄くなっているため実生の根が容易に鉱質土壌層に入り, また直射光にもさらされない林内であるため, 実生にとって致命的な乾燥状態は発生しにくかったと思われるからである。逆に地被物の多い林床では乾燥害は重要な死亡要因になるという(2, 4)。

B区では苗立枯病害による死亡が非常に高い割合を占めた。アカマツ実生の死亡要因として病害菌は重要視されており(5), 本調査地においてもかなりの割合を占める死亡要因となっていることがわかった。さらに, 日照不足の実生は軟弱となり病虫害にもかかりや

すいと考えられ、ツボスミレによる被陰の激しかったB区で最も病害による死亡が多く、光条件に恵まれたC区で少ないという結果になった。

アカマツのような陽樹では上木の被陰下に後継更新樹の育成を期待することは極めて困難であり(2)、十分な陽光を得られないA、B区内では秋までにすべての実生が死亡した。被陰がどのように実生の発育を阻害するのかという追究は行わなかったが、林床の相対照度が低い両調査区では被陰が大きな影響を及ぼしたと考えられ、生存率の低下を招く結果となった。林冠層によって林床が被陰されることは言うまでもないが、微小なアカマツ当年生実生にとっては草本層による被陰がより大きな問題となる。本調査地では前年度まで林床の草刈りが行われていたため、アカマツ実生が発生し始める4月下旬頃は草本層が非常に少なかった。しかしB区では前述したように5月初めからツボスミレが急速に繁茂し始めたため、アカマツ実生が最も被陰された調査区になり、著しい発育阻害を受けた。したがって、被陰はアカマツ当年生実生の重大な死亡要因であると考えることができる。

以上のように、アカマツ当年生実生の主な死亡要因は動物害、乾燥害、苗立枯病害および被陰によるものだった。さらに、被陰により実生は軟弱になり、動物害や病菌害が生じた場合、それらの要因により死亡する確率が高くなると考えられる。また、落葉層の除去

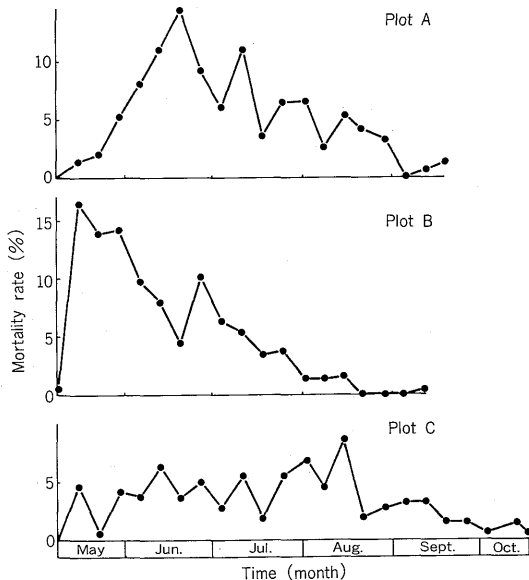


図-5. 当年生実生の死亡率の推移
Changes of mortality rates of first-year seedlings

により、本調査地では乾燥害が生じにくくなったと考えられる。

2) 死亡率の経時変化

図-5に死亡率の推移を示す。A区では6~7月に、B区では5月中に死亡率が高い。C区では5%付近を中心に上下しながら死亡が続き、8月下旬からは死亡率は非常に低くなっている。これらの傾向は図-3で示した生存曲線でも述べた。

図-6に実生の死亡要因別死亡割合の経時変化を示す。まず乾燥害は2期に分かれて発生している。この発生の谷間になっている6月下旬から7月中旬は降雨がとくに頻繁にあった梅雨期にあたり、乾燥害が発生しにくかったと思われる。しかしそのほかの時期はとくに降雨との対応はみられない。一方、動物害と苗立枯病害は生存期間後期には発生していない。また、これらの経時変化には各区に目立った違いはない。動物害に関しては摂食昆虫の生活史との関係などにより季節的偏りがあると考えられるが、実際には5月から7月までほぼ同じように発生している。苗立枯病害につ

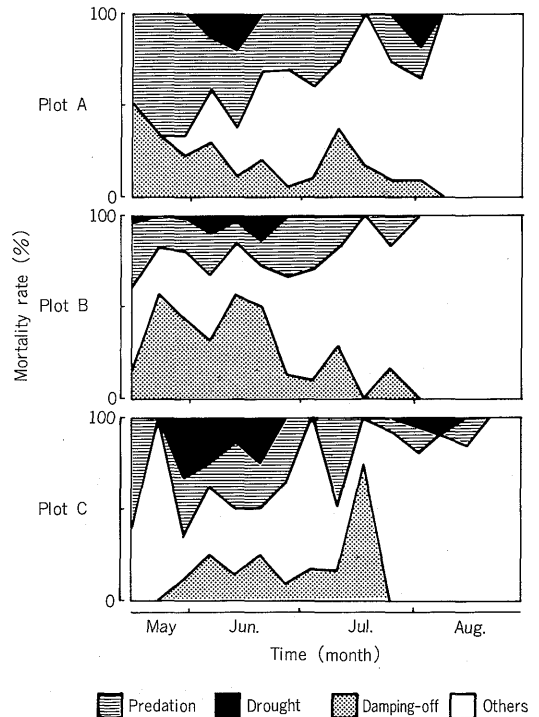


図-6. 当年生実生の死亡要因別死亡割合の経時変化
Transitory changes of mortality rates for each mortality factor of first-year seedlings on each plot

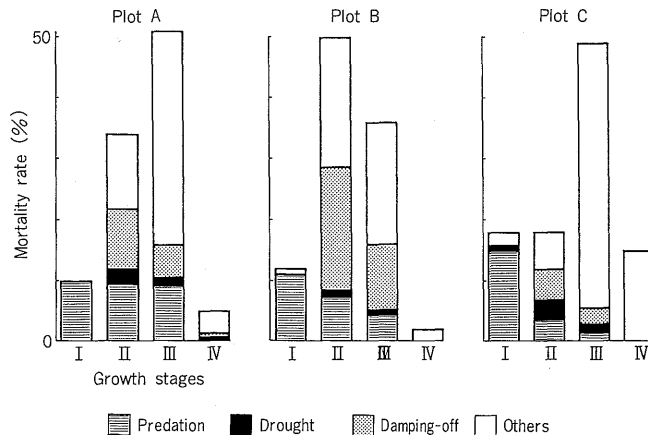


図-7. 全死亡個体に対する発育段階別死亡割合と死亡要因の内訳

Mortality rates of each growth stage and changes of mortality rates by each mortality factor of first-year seedlings on each plot

Growth stages: I, Seedlings with seed coats and undeveloped cotyledons; II, Seedlings with cotyledons; III, Seedlings with developing primary leaves; IV, Seedlings that had developed primary leaves and were elongating

いても同様のことが言える。ここで、前述した死亡率の推移と死亡要因別死亡割合の経時変化との関係を見てみると、両者間に対応がみられないことがわかる。つまり、死亡率の推移は季節的な特定の死亡要因の影響としては説明できないことがわかった。

3) 発育段階別死亡割合

発育段階は前述の通り4段階に区分した。ただし、それぞれの発育段階に要する期間は発育段階が進んだものほど長い。図-7に全死亡個体に対する発育段階別死亡割合と死亡要因の内訳を示す。

まず発育段階別死亡割合に注目すると、調査区により死亡割合の分布が違うことがわかる。A区ではII、IIIの段階で死亡率が高い。B区ではIIの段階で死亡率が高く、次にIIIの段階で高い。C区では死亡割合が比較的発育の進んだ段階に及んでおり、最も高いのはIIIの段階である。別の言い方をすれば、発育の進んだ段階まで生育できた実生の割合は光条件の悪かったB区で最も少なく、光条件の良かったC区で最も多いという結果になった。さらにこのような各調査区における発育段階別死亡割合のピークの違いは図-3の生存率の推移および図-5の死亡率の推移と対応していることがわかる。

次に死亡要因の内訳に注目してみると、どの調査区

においても共通の傾向が見られた。すなわち、Iの段階での死亡はほとんど動物害によっておき、IIの段階では動物害と苗立枯病害による死亡が高い割合を占めた。「その他」の要因が占める割合は発育段階が進むにつれて増加し、IVの段階ではほとんどが「その他」の要因による死亡であった。

図-8に全死亡個体に対する死亡要因ごとの発育段階別死亡割合を示す。この中で際立った傾向を示したのは動物害と苗立枯病害である。動物害の死亡割合は発育段階が早いほど高く、IVの段階では動物害による死亡は生じない。苗立枯病害による死亡はIIとIIIの段階で発生し、多くはIIの段階で発生した。つまり動物害と苗立枯病害の発生は発育段階によって規定されていることがわかった。これは摂食昆虫や鳥類の嗜好性および苗立枯病の発病期を示している。一方、乾燥害は発育段階のIIで最も多く発生しており、発育段階と根の伸長、水分の要求性などとの関係が考えられる。しかしながら乾燥害の総発生数のごく少数であったので、ここでは考察しない。

以上の結果をまとめると次のようになる。林内のアカマツ実生は被陰により健全な発育を妨げられる。そのため被陰を受ける環境では、動物害や苗立枯病害が生じるとそれらが致命的要因となりやすく、発育段階

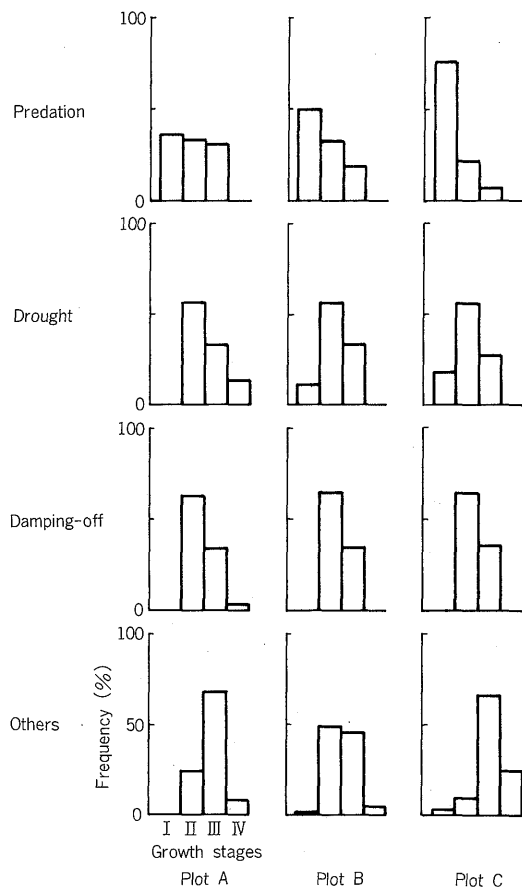


図-8. 全死亡個体に対する死亡要因ごとの生育段階別死亡割合

Mortality rates of each growth stage caused by each mortality factor of first-year seedlings on each plot

Growth stages, same as in Fig. 7.

のより早い時期に死亡する割合が高くなる。林内においても光条件が比較的良ければ生育の進んだ段階まで生育することができるが、光条件が悪ければ、多くは生育段階のIII、すなわち初生葉を展開した段階までに死亡する。

IV. 結 論

放置開始初年度のアカマツ林内では、相当数のアカマツ実生が発生する。しかし、実生は被陰により健全な生育を妨げられ、動物害や苗立枯病害などによりほとんどのものが発生年内に死亡する。したがって、これらのアカマツ林では、放置後もアカマツは更新しない。

引用文献

- (1) 細井 守・松本正美・眞部辰夫：アカマツ稚樹の消失原因及び時期について（第1報）. 59回日林講：103~105, 1951
- (2) 井上由扶：アカマツ林施業. 390 pp, 日本林業技術協会, 東京, 1960
- (3) 石川静一：杉, 赤松, 子苗の発生, 消失及生長と之に及ぼす環境, 主として気象因子とに関する実験的考察. 日林誌 15: 236~271, 1933
- (4) 加藤亮助：アカマツの新しい天然更新技術. 新しい天然更新技術. 253~300, 創文, 1971
- (5) 倉田益二郎：天然更新技術確立のための菌害回避説. 林業技術 377: 10~14, 1973
- (6) 宮崎 紳：苗木育成法. 424 pp, 高陽書院, 東京, 1957
- (7) 中村 徹：筑波地域における森林群落の遷移に関する研究(I)アカマツ林内におけるアカマツ実生稚樹の消長. 97回日林論: 303~304, 1986
- (8) 鷲谷いづみ・佐伯敏郎：アカマツ種子の発芽マイクロサイトの分析. 松枯れとその生態系に及ぼす影響. 文部省「環境科学」研究報告集: 39~58, 1985

(1988年1月6日受理)