

米野々演習林のモミ・ツガ天然生二次林における
当年生稚樹の消長

市河三英*・荻野和彦**

Appearance and disappearance of first-year seedlings
of a natural Fir-Hemlock secondary forest
in the Komenono Forest

San'ei ICHIKAWA and Kazuhiko OGINO

Summary: In order to analyze the regeneration process of a natural Fir-Hemlock secondary forest, the appearance and disappearance of 1st-year seedlings were investigated. The study site was established in a natural Fir-Hemlock secondary forest of the Ehime University Forest in Komenono, Matsuyama, Ehime Prefecture, Japan. Two research quadrates each were set up at the upper part of the slope and the lower part of the slope. All the seedlings which germinated were marked individually. The number of survivors and germinated seeds were recorded from May, 1985 to April, 1986. The number of the germinating seeds was 47.7 No./m² and 39.8% were identified as 12 genera and 9 species of woody plants. The germination was in full flush in May and continued to August. Each species germinated in specific environmental conditions. The germination of *Zanthoxylum alianthoides* and *Mallotus japonicus* were restricted to lighter conditions, over 4.4% of relative light intensity, while seedlings of *Carpinus* spp., *Cornus* spp., *Abies firma* and *Acer* spp., germinated evenly in the forest. The survivorship rate of all seedlings at April 1986 were 10.6%, and that of *A. firma*, *Acer* spp., *Carpinus* spp., *Z. alianthoides* and *M. japonicus* were 29.1%, 40.0%, 29.1%, 2.0% and 0% respectively. The number of survivors was affected by the environmental condition of the site. The instantaneous death rate of the seedlings was high from May to early September and low from later September to March. The factor of death may be divided into two main reasons, the factor which influences every 1st year seedling and the factor which is specific to the species. The former included soil erosion, surface soil flow and drought, and the latter was light condition.

* 連合農学研究科 生物資源生産学専攻 植物生産学講座 Plant Resource Production, Bioresource Production Science, United Graduate School, Ehime University

** 造林学研究室 Laboratory of Silviculture

要 旨 モミ・ツガ天然生林の更新過程について知るために、稚樹の発生段階について調査した。調査地は松山市米野々にある愛媛大学農学部附属演習林内のモミ・ツガ天然生二次林で、急傾斜の斜面中腹部に2カ所、緩傾斜の谷部に2カ所の稚樹調査区(合計面積16m²)を設けた。1985年5月から当年生稚樹の発生数と死亡数の追跡調査をおこない、1986年4月までの記録をとりまとめた。

当年生稚樹の発生数は47.7本/m²であった。木本樹種として同定できたのはそのうち39.8%でモミ、クマシデ属、カエデ属など12属9種であった。発生数は5月が最も多く、8月下旬まで発生は続いた。稚樹の発生は環境によって異なった。シデ類、ミズキ類、モミ、カエデ類には調査区間で大きな差はなく林内で一様に発生した。カラスザンショウ、アカメガシワは相対照度4.4%以上のところで発生した。生存率は種により特徴があった。1986年4月における生存率は全調査区で合計10.6%、モミ22.9%、シデ類29.1%、カエデ類40.0%、カラスザンショウ2.0%、アカメガシワ0%であった。また立地条件でも大きな差がみられ、斜面中腹部では0.8%、谷部では22.4%であった。

死亡率は5月から9月の春期と夏期に高く、秋期と冬期は低かった。死亡要因にはすべての稚樹に作用する要因と、樹種によって作用の強さが異なる要因とがあった。降雨による表土の侵食、移動、乾燥はすべての稚樹に関する要因で、急傾斜地ではこれが大きく働いた。光環境は樹種によって作用する強さが異なるとみられ、これにより各光環境ごとに生育できる樹種が選択されていた。

I はじめに

高縄半島中部に位置する愛媛大学農学部附属演習林のモミ・ツガ林は、近年まで薪炭林として利用されてきた林分で、現在も遷移過程にある天然生二次林である。この林分の遷移の方向を予知するためには、更新のしくみを知る必要がある。

更新の第一段階は稚樹の発芽から定着までである。発芽した実生は生長するにしたがって、乾燥や病害などさまざまな死亡要因によって個体数を減らしていく。特に発芽後1ないし2年間の死亡率はそれ以降に比べて極端に高い⁴⁾。Waters (1966)¹²⁾はこの段階を実生の発生期とし、実生の生長期、幼樹期と区別している。実生発生の段階について、どのような種類の稚樹がいつどこで発生し、どのような環境条件で定着できるかを知ることが、森林の更新過程を解明するための一つのがかりとして重要である。

モミ・ツガ林の更新過程を扱った研究には、四国のツガ林を扱った鈴木(1982)⁹⁾や九州のモミ・ツガ林を扱った中尾(1985)⁷⁾がある。いずれも、ある時間断面における年齢分布を、発展段階の異なるいくつかの場所でとらえることによって更新に関する解析をおこなっている。実生発生の段階における個体群の消長を経時的に調査したものは少ない(沐木・荒上, 1973)¹³⁾。本論文は当年生稚樹の発生と死亡の過程を調査した結果をとりまとめたものである。

現地調査を実施するにあたって愛媛大学農学部附属演習林の教職員各位には調査の便宜を計っていただくとともに、貴重な気象記録をご提供いただいた。農学部造林学研究室の二宮生夫助教、辻田昭夫助手にはデータの解析や論文作成にあたってご指導をいただいた。富田英司、宮森武夫両氏をはじめ同研究室の大学院生および学生諸氏には調査にご協力いただいた。ここに記してお礼申しあげる。

II 調査地と方法

調査地は愛媛県松山市米野々にある愛媛大学農学部附属演習林2林班な小班内のモミ・ツガ天

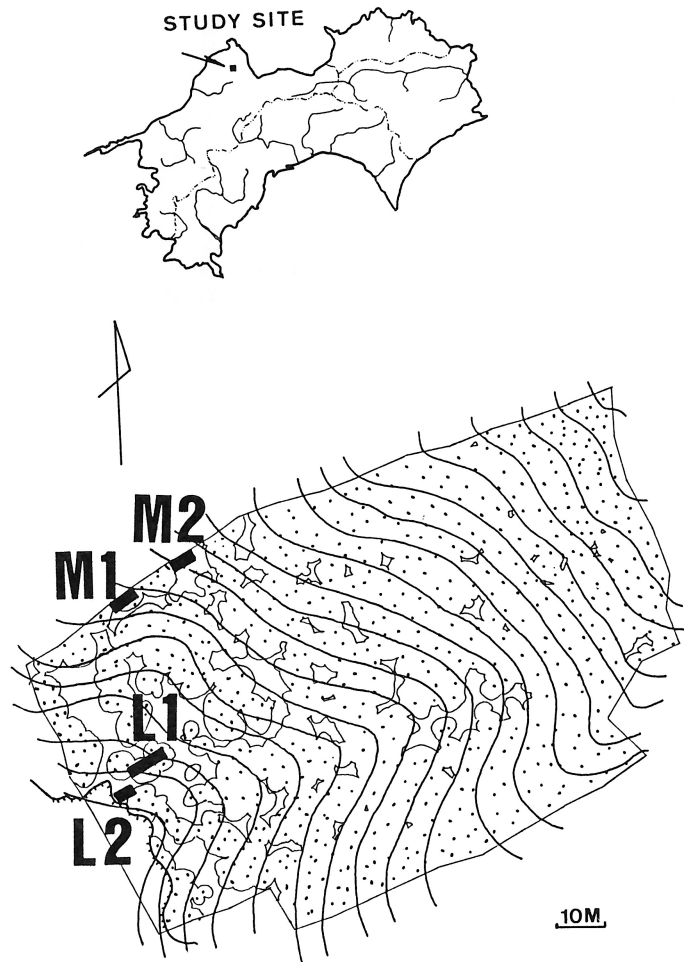
然生林である。(図一1)。1984年に設けた面積0.89haの永久調査地内に稚樹調査区を設けた。永久調査地の標高は750m—850mで、平均傾斜30°と急峻である。調査地から2km離れた米野々森林研究センター(標高400m)で観測された月別降水量と月平均気温を図一2に示す。1970年から1984年までの過去15年間の平均年降水量は1,940mmで、年平均気温は12.3°Cであった。調査をおこなった1985年は年降水量1,683.7mm、年平均気温13.2°Cと平年よりやや高温で、降水量が少ない年であった。調査地の林内において二週間おきに測定した最高気温と最低気温から求めた年平均気温は11.2°Cであった。土壌は主にB_p型で比較的深い。一部に花こう岩が露出している。土壌の物理性は容気量が大きく、保水性に乏しい¹¹⁾。植生はモミ、シデが優占しており、胸高直径4cm以上の樹木の立木密度は2,942本/ha、胸高断面積合計は40.7m²/haであった⁸⁾。

稚樹調査のための調査区は1985年5月16日に永久調査地内4カ所に設置した(図一1)。斜面中腹部のM1は大きさ1×4mで

林冠下であり、林床面における平均相対照度は2.7%である。斜面の走向はほぼ南向き(S2°W)で傾斜は30°である。M2は大きさ1×3mで、M1に近接した小さな林冠ギャップ内にあり、林床面での平均相対照度は4.4%である。走向はほぼ南向き(S2°W)で傾斜は30°である。

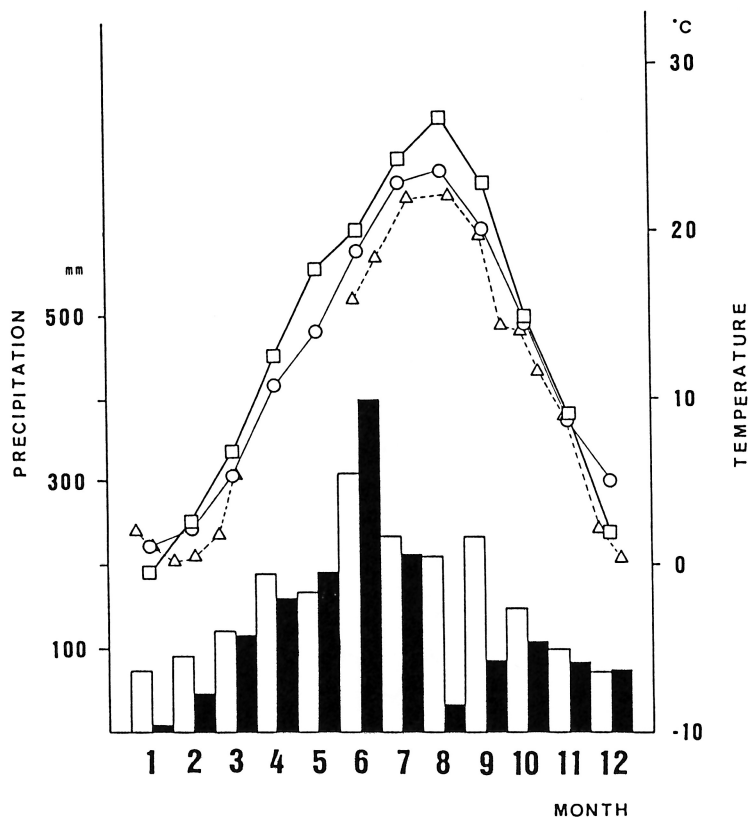
谷部に設置したL1は大きさ1×6mで林冠下であり、相対照度は5.8%、傾斜は18°で南向きである。L2はL1に近接しており、大きさ1×3mで林道わきの林冠ギャップ内にある。相対照度は17.3%、傾斜は5°で南向きである。調査区内に発生する稚樹を個体識別し、樹種、生育段階、および樹高を記録した。その後2週間に一度の間隔で個体数調査をおこない、この間に生じた死亡数、遺体の状態、新たな稚樹発生数、その樹種を記録した。遺体の状態は「消失」、「枯死」、「被食」、「折れ」に分類した。「消失」は個体数が記録した地点からなくなっていたもの、「枯死」は乾燥や病害などにより枯死したもの、「被食」は胚軸に動物によって喰われた跡が

残っているもの、「折れ」は胚軸が折れたものである。調査は1986年現在なお継続しているが、本報告では1986年4月9日までにおこなった21回の記録をとりまとめた。



図一1 調査地概要

Fig.1 The study site



図一 2 調査地付近の月別降水量と月平均気温

Fig.2 Monthly precipitation and temperature at near the site

White: Monthly mean precipitation from 1970 to 1984 at the research center of the university forest in Komenono, Matsuyama.

Black: Monthly precipitation from May 1985 to April 1986

○: Monthly mean temperature from 1970 to 1984

□: Monthly mean temperature from May 1985 to April 1986

△: Temperature at the site

III 結 果

1. 当年生稚樹の発生密度と生存率

1985年5月15日から1986年4月9日までに4つの稚樹調査区(面積16m²)で発生した稚樹総数は763個体であった。木本種として種または属のレベルで同定できたものは約40%の305個体で、12属9種であった。その内訳はシデ類(*Carpinus* spp.) 117本, モミ(*Abies firma*) 35本, カエデ類(*Acer* spp.) 35本, カラスザンショウ(*Zanthoxylum alianthoides*) 51本, アカメガシワ(*Mallotus japonicus*) 15本, ミズキ類(*Cornus* spp.) 21本, コバンノキ(*Phyllanthus flexuosus*) 11本, エゴノキ(*Styrax japonica*) 8本, ヤマフジ(*Wisteria brachybotrys*) 5本, ウリノキ(*Alangium platanifolium*) 2本, ミツバウツギ(*Staphylea bumalda*) 5本であった。同定できなかった個体のなかには、草本種も含まれる。シデ類にはイヌシデ(*Carpinus tschonoskii*)とアカシデ(*C. laxiflora*)が、ミズキ類にはミズキ(*Cornus controversa*)とクマノミズキ(*C. brachypoda*)が、カエデ類にはウリハダカエデ(*Acer rufinerve*), ヤマモミジ(*A. palmatum* var. *matsumurae*), コハウチワカエデ(*A. sieboldianum*), エンコウカエデ(*A. mono forma dissectum*)がそれぞれ含ま

表一 1 当年生稚樹の発生数と生存率

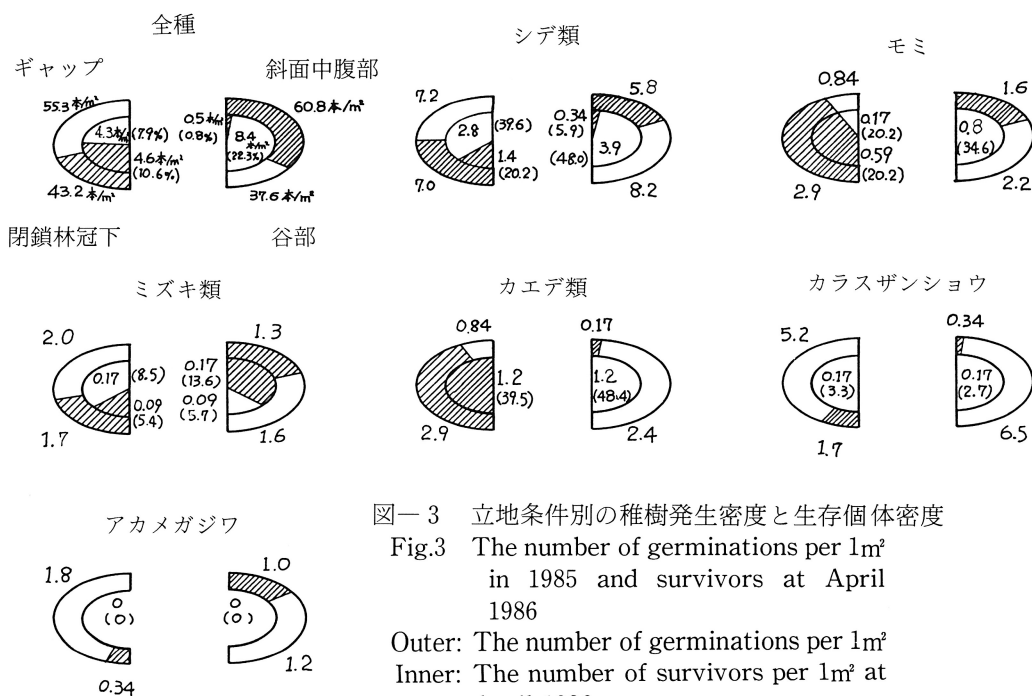
Table 1 The number of germination per 1m² and survivorship rate

Nb: Total number of germination per 1m² from May 1985 to April 1986

Ns: The number of survivors per 1m² at April 1986

l: Survivorship rate

調査区	M 1 斜面中腹			M 2 斜面中腹			L 1 谷部			L 2 谷部		
	Closed canopy			Canopy gap			Closed canopy			Canopy Gap		
Species	Nb	Ns	l	Nb	Ns	l	Nb	Ns	l	Nb	Ns	l
シデ類	5.25	0	0	6.33	0.67	10.6	8.83	2.83	32.0	8.00	5.00	62.5
モミ	2.50	0	0	0.67	0	0	3.33	1.17	35.1	1.00	0.33	33.0
ミズキ類	0.50	0	0	2.00	0.33	16.5	1.17	0.17	14.5	2.00	0	0
エゴノキ	0.75	0	0	0.67	0	0	0.17	0.17	100.0	0.67	0.33	49.3
カエデ類	2.75	0	0				3.17	2.33	73.5	1.67	0	0
アカメガシワ				2.00	0	0	0.67	0	0	1.67	0	0
カラスザンショウ				0.67	0	0	3.33	0	0	9.67	0.33	3.4
コバンノキ				0.33	0	0	1.67	0	0			
ヤマフジ	1.00	0	0				0.17	0.17	100.0			
ウリノキ							0.33	0.33	100.0			
ハナイカダ												
ミツバウツギ							0.83	0.83	100.0			
other	30.5	0	0	65.7	0	0	19.3	1.17	6.1	7.67	1.67	21.8
total	43.3	0	0	78.3	1.00	1.3	43.0	9.17	21.3	32.3	7.67	23.7



図一 3 立地条件別の稚樹発生密度と生存個体密度

Fig.3 The number of germinations per 1m² in 1985 and survivors at April 1986

Outer: The number of germinations per 1m²
Inner: The number of survivors per 1m² at April 1986

() : Survivorship rate

れると考えられるが、当年生の生育段階では同定が困難であったため1つにまとめた。

4つの調査区のいずれにおいても発芽した種はシデ類、モミ、ミズキ類、エゴノキの4種であった。カエデ類は谷部のL1, L2, 斜面中腹部のM1で発芽した。アカメガシワ、カラスザンショウは谷部のL1, L2, 斜面中腹部のM2で発芽したが、M1では発芽しなかった。

調査区ごとにまとめた発生密度と1986年4月9日における生存密度および生存率を表-1に示す。生存率(1)は1985年の発生数の合計値(Nb)に対する1986年4月9日の生存個体数(Ns)の百分率で求めた。

図-3に立地条件と発生密度および生存密度の関係を示した。立地条件は斜面の中腹部と谷部、閉鎖林冠下とギャップ内とした。斜面中腹部はM1, M2の平均値, 谷部はL1, L2の平均値をとった。ギャップは斜面中腹部のM2と谷部のL2の平均値, 閉鎖林冠下としてM1とL1の平均値をとった。

種類にかかわらず発生したすべての個体をまとめてみると、稚樹の発生数に関しては斜面の中腹部と谷部、ギャップと閉鎖林冠下で大きな差はなく、林分内にほぼ一様に発生したことがわかった。1年後の生存率はギャップと閉鎖林冠下では差はなかったが、斜面中腹部では生存率が0.8%と、谷部の22.3%に比べて著しく低い値を示した。

4つの調査区のいずれかで2本/m²以上発生した6種について種ごとに発生と定着に関する特徴をみてみよう。まず稚樹の発生数について斜面中腹部と谷部を比べてみる。差がみられたのはカラスザンショウとカエデ類で、いずれも谷部のほうが斜面中腹部よりも多かった。シデ類、モミ、ミズキ類、アカメガシワは大きな差はみられなかった。ギャップと閉鎖林冠下を比べると、アカメガシワとカラスザンショウはギャップでの発生が林冠下より多かった。モミとカエデ類は閉鎖林冠下のほうがギャップより多かった。シデ類とミズキ類は差はなく林内で一様に発生することを示した。

生存率について斜面中腹部と谷部を比べると、シデ類、モミ、カエデ類、カラスザンショウは谷部での生存率が中腹部よりも高く、シデ類以外は斜面中腹部での生存率は0%であった。アカメガシワは斜面中腹部と谷部のいずれでも生存できなかった。ミズキ類は斜面中腹部のほうが谷部より高かった。ギャップと閉鎖林冠下を比べると、シデ類とカラスザンショウはギャップでの生存率が閉鎖林冠下よりも高く、カラスザンショウは閉鎖林冠下では生存できなかった。カエデ類は閉鎖林冠下のほうがギャップより高かった。モミとミズキ類は差はみられなかった。

2. 当年生稚樹の消長

当年生稚樹の個体群密度の経時変化を図-4 a, b, c, 5 a, bに示す。縦軸は対数目盛で個体群密度を、横軸は通常目盛で時間を表している。太い線で示した値は当年生稚樹の個体群密度である。右下がりの細線はそれぞれ同時期に発生した稚樹集団の死亡過程を表している。全種をまとめた稚樹の消長をみると(図-4 a, b, c), 稚樹の発生は5月上旬に始まり8月上旬まで続いた。発生密度が最も高いのは5月上旬であった。

斜面中腹部では5月から6月までの期間は死亡数より発生数のほうが多いため稚樹の個体群密度は増加し、6月に最も個体群密度が高くなった。谷部では5月下旬から発生数より死亡数のほうが多いため5月に最も個体群密度が高かった。

稚樹個体群の死亡過程をみると斜面中腹部のM1, 2では5月上旬から11月まで個体数減少が続き、特に7月上旬から9月までの期間は高い死亡率を示している。9月以降の秋期と冬期には死亡率が低くなる。谷部では7月上旬から9月下旬までの期間に減少がみられたが死亡率は斜面中腹部より低かった。秋期と冬期の死亡率はここでも低い。

L1で発生した5種について樹種の特徴をみる(図-5 a, b)。シデ類とモミは7月上旬から9月下旬までの期間に個体群密度を低下させ、秋期から冬期にかけて密度は安定していた。カエ

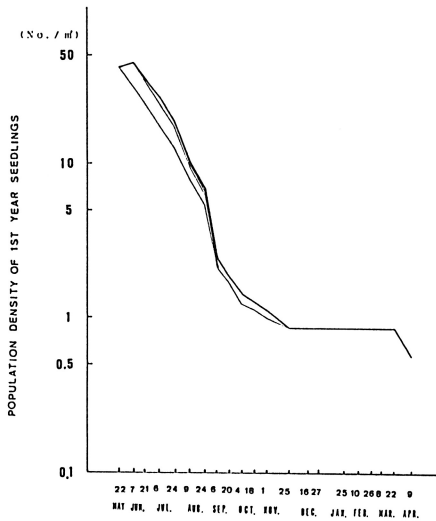


図-4 a 当年生稚樹の個体群密度の季節変動 (斜面中腹部)
 Fig.4a Seasonal fluctuation of population density of 1st year seedlings (upper part of the slope)

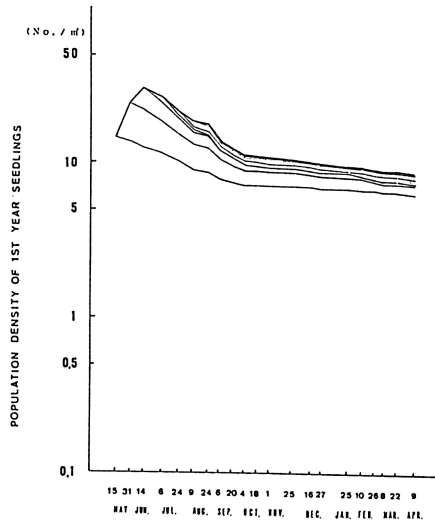


図-4 b 当年生稚樹の個体群密度の季節変動 (谷部)
 Fig.4b Seasonal fluctuation of population density of 1st year seedlings (lower part of the slope)

デ類は7月下旬まで発生が続き、その期間の死亡率が低いために個体群密度は大きな季節変動を示さなかった。カラスザンショウとコバンノキは稚樹の発生時期が5月下旬から7月でモミやシデ類に比べて遅かった。これらの種は9月以降の秋期、冬期にも死亡するものがあり、そのために個体群密度は低くなっている。

3. 死亡要因

各調査期間ごとに1m²あたり10日あたりの死亡個体数と遺体の状態を図-6 a, b, c, dに示す。斜面の中腹部と谷部で死亡数の大きく異なる5月から7月6日までの期間で遺体の状態を比較すると、中腹部では消失91.9%、枯死6.1%、被食0.5%、折れ1.5%であったのに対し、谷部ではそれぞれ76.5%、12.9%、4.7%、5.9%で、斜面中腹部で消失の割合が高いことを示した。図-2に示した1985年の降雨量を見ると、6月14日から7月6日の期間には

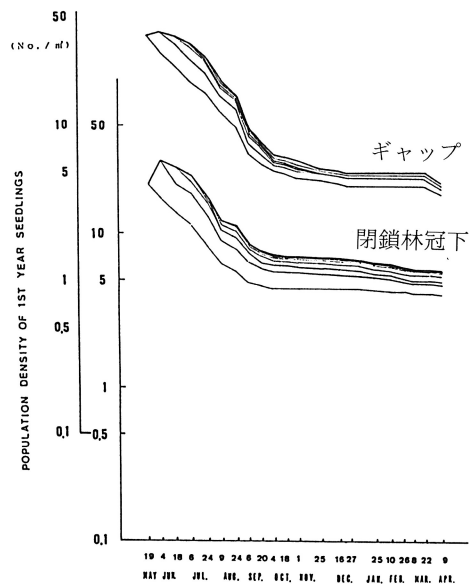


図-4 c 当年生稚樹の個体群密度の季節変動 (ギャップおよび閉鎖林冠下)
 Fig.4c Seasonal fluctuation of population density of 1st year seedlings (Gap site and under the canopy)

多量の降雨が記録されている。観察結果によると、傾斜の急な斜面中腹部では降雨による土壌表面の侵食により、根系の未発達な当年生稚樹が流出した(図-7)。傾斜の比較的ゆるやかな谷部ではこのような流出個体が少なかった。この期間は急傾斜地での降雨による表土の侵食が主な死亡要因となっていた。

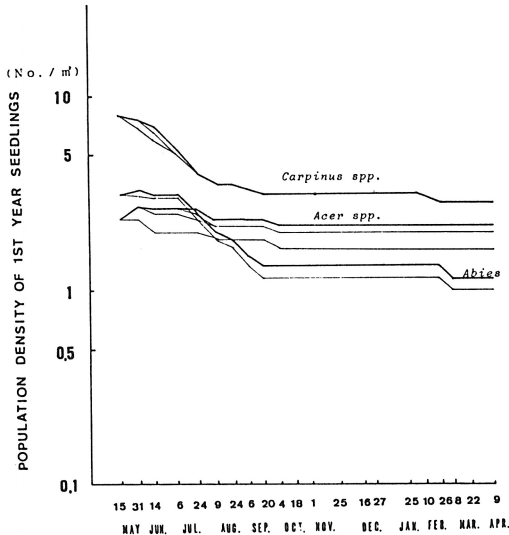


図-5a 樹種別当年生稚樹の個体群密度の季節変動(モミ, シデ類, カエデ類)
Fig.5a Seasonal fluctuation of population density of 1st year seedlings (*Abies firma*, *Carpinus* spp., *Acer* spp.)

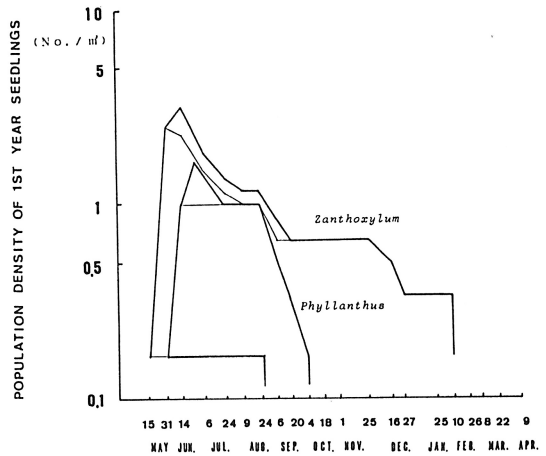


図-5b 樹種別当年生稚樹の個体群密度の季節変動(カラスザンショウ, コバンノキ)
Fig.5b Seasonal fluctuation of population density of 1st year seedlings (*Zanthoxylum alianthoides*, *Phyllanthus flexuosus*)

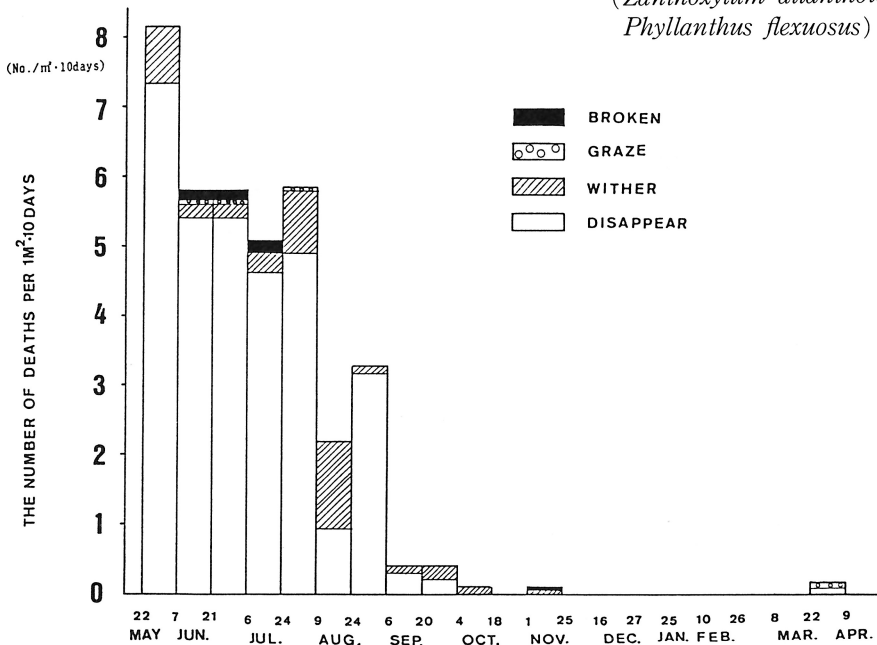


図-6a 単位面積あたりの死亡個体数および死亡要因の季節変化(斜面中腹部)
Fig.6a The number of deaths per $1m^2 \cdot 10days$ (upper part of the slope)

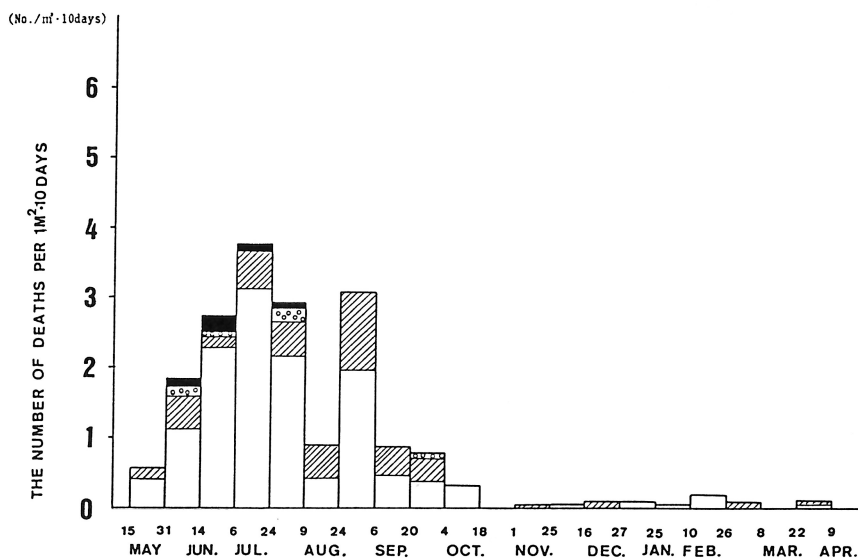


図-6 b 単位面積あたりの死亡個体数および死亡要因の季節変化 (谷部)
 Fig.6b The number of deaths per $1m^2 \cdot 10days$ (lower part of the slope)

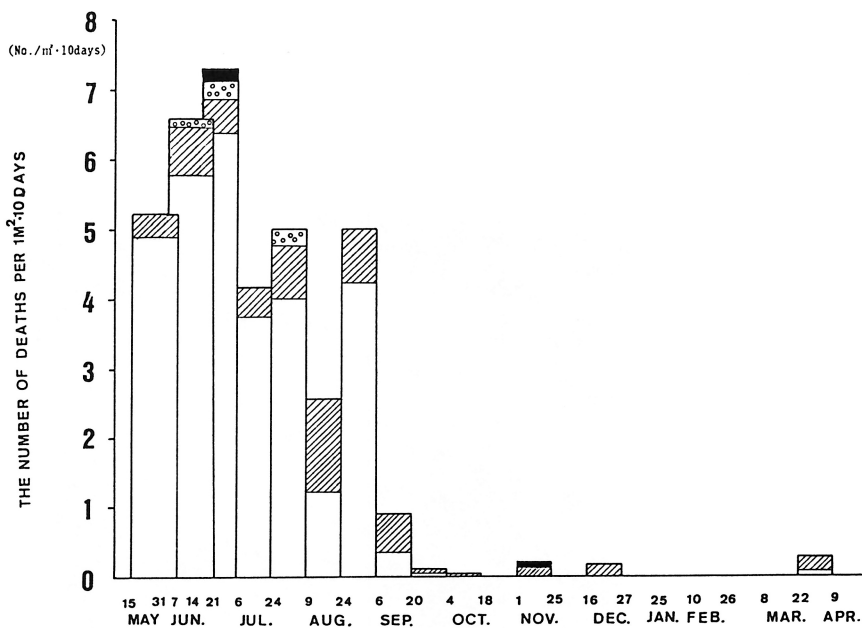


図-6 c 単位面積あたりの死亡個体数および死亡要因の季節変化 (ギャップ)
 Fig.6c The number of deaths per $1m^2 \cdot 10days$ (Gap site)

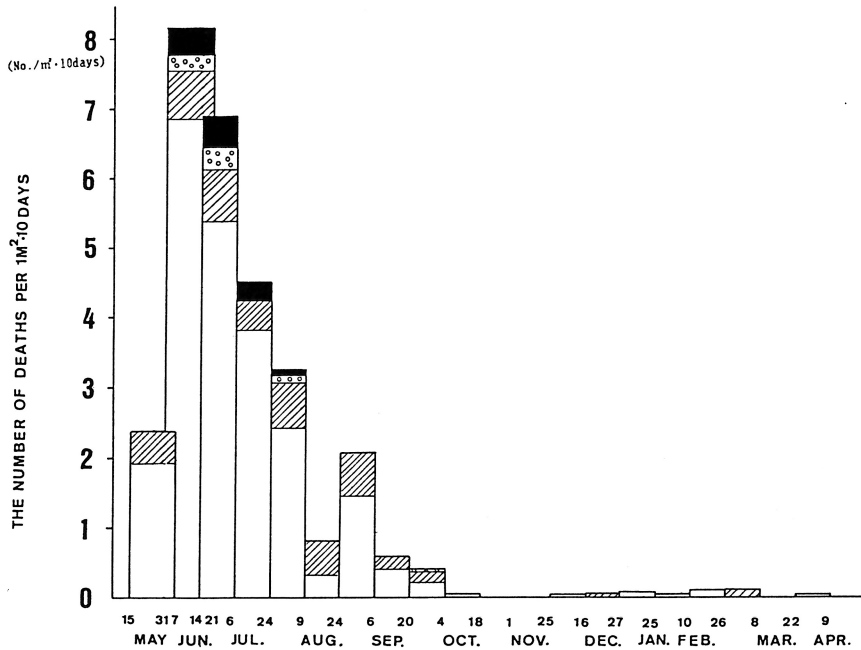


図-6 d 単位面積あたりの死亡個体数および死亡要因の季節変化 (閉鎖林冠下)

Fig.6d The number of deaths per 1m²·10 days (Under the canopy)

7月6日から9月6日までの期間は谷部でも死亡個体が多くなる。遺体の状態の割合は斜面中腹部で消失83%，枯死15.3%，被食0.6%，折れ0%，谷部でそれぞれ65.5%，23.4%，2.1%，2.1%であった。前の期間に比べて枯死の割合が増えている。この期間は雨量が少なく，土壤表面の乾燥状態が続いた。このために両調査区で枯死する個体が多くなった。また表土がマサであるため，急傾斜の斜面中腹部では乾燥が続いたときも表土が流れて稚樹が消失した。L1の一部のように土が堆積するところでは，稚樹の伸長生長より堆積速度がはやい場合は埋没枯死してしまうが，伸長生長のほうが早い場合は生育は可能であった。



図-7 土壤表面が侵食されて根が露出したカエデ稚樹

Fig.7 The seedling of *Acer* sp. the root of which was bared by surface soil erosion.

IV 考 察

愛媛大学演習林のモミ・ツガ天然生二次林における当年生稚樹の消長について、同じ永久調査地で種組成を調査した二宮ら (1985)⁸⁾の結果をふまえてその特徴を考えてみよう。

発生した種類数は木本種として同定できたものだけで12属9種であった。稚樹調査区のある永久調査地にはモミ、シデ類をはじめ64種の樹木が生育している。最も立木密度の高いモミ(435本/ha)、シデ類(388本/ha)、カエデ類(352本/ha)は稚樹の発生数も多かった。アカメガシワ、カラスザンショウは親木の立木密度は10本/ha、21本/haと低いが、埋土種子として多量の種子が林床にあるために稚樹の発生がみられた。^{3),6)}上層木の樹種数に較べて発生した樹種数が少ない理由には、隔年結果の凶作年または若齢などの理由で結実しなかった樹種があること、種子は散布されていても休眠打破されないでいる樹種や発芽条件がみたされないまま死亡した樹種のあることなど複数の原因が考えられる。

実生の発生密度は平均47.7本/m²で、同定できた木本種だけについてみると密度は19.0本/m²であった。発生数は年次によって変動することが考えられるから単純な比較はできないとしても、京都府北部の天然生スギ・落葉広葉樹林で1980年に記録された15本/m²の稚樹発生密度¹⁰⁾に近い数値であった。

立地条件別にみるとモミ、シデ類、カエデ類、エゴノキがいずれの調査区にも発生した。散布種子量が多くて林内にまんべんなく供給されること、林内条件でも十分発芽できる性質をもっているためであると考えられる。アカメガシワ、カラスザンショウはいずれも相対照度4.4%以上の調査区で発生した。これらはいわゆる先駆樹種で林冠が疎開するなどなんらかの攪乱があったところで生育する樹種であるが、林内でも発芽することがわかった。全樹種をまとめた総発生数でみると調査区間に差はなかった。稚樹の定着密度に立地間で差ができるのは発芽した後の稚樹の死亡の差によるものである。

死亡要因には種の特性には無関係に作用する要因と種によって適応できるかどうかが決まる要因とがある。本調査地では前者には表土の侵食や移動、後者には光環境があった。急傾斜地では当年生稚樹の一年間の生存率が0.8%と低く、その要因は主に降雨による表土の侵食と移動および乾燥による枯死であった。このような斜面では当年生稚樹の根系の発達が表土侵食の早さにおいつかないために定着が困難であるものと考えられる。当年生稚樹の定着の成否は発芽した場所の土壤が安定しているかどうかがまず問題になる。乾燥も強く死亡要因として働いた。花こう岩の風化したマサは保水性が低く、表土の流れないところでも乾燥が続くと稚樹は枯死した。

稚樹が根を十分に伸ばすことができ、水分条件の満たされた場所では、光環境が生存率に影響を与える。これは樹種によって特徴がみられた。モミは比較的暗い所でも生存率が高かった。モミは大径木から小径木までこの林分で連続的に存在するため、林内の環境で発生して生育できると考えられていたが、今回の結果はこれを裏付けている。

シデ類は林冠を形成する上層木と薪炭材の伐採後更新したと考えられる第二層があるが、胸高直径4cm以下の幼樹はほとんどない。シデ類の稚樹は明るい所ほど生存率がよかった。特に林道わきの調査区では62.5%と高く、ここでは生育を続けられると考えられる。薪炭材を伐採した後光環境がよくなったと推定できるが、この程度の光環境を生育に必要とするならば現在の林内環境では今後の生長は難しいことになる。

アカメガシワ、カラスザンショウは明るいところだけで発芽した。アカメガシワは相対照度17.3%のL2調査区でも定着できなかった。カラスザンショウもL2でわずかに生存しているだけで今後の生長は期待できない。これらの先駆樹種は比較的大きな攪乱がおこり光環境がよくなったと

ころでないと生存できないと考えられる。

本調査地のモミ・ツガ林では、実生稚樹は林内に広く発生するが、表土がマサの急傾斜地では表面土壌の侵食と移動や乾燥などがすべての稚樹に対して強い死亡要因としてかかることがわかった。四国山地にはこのような急斜面が多く、稚樹の定着を進めようとする場合は土止めなど傾斜地の管理が必要となる。

引用文献

- 1) 藤久正文：愛媛大学農学部附属演習林気象報告(I) 米野々演習林の気象データー(1970—1974), 愛媛大農演報19: 121-153, 1982
- 2) 藤久正文：愛媛大学農学部附属演習林気象報告(II) 米野々演習林の気象データー(1975—1979), 愛媛大農演報22: 61-92, 1984
- 3) 池田隆文：米野々演習林モミ・ツガ天然生林における埋土種子の生態, 愛大農卒論, 1985
- 4) 小見山章・市河三英・石川達芳：御岳山・亜高山帯天然林の動態(XIII) —稚樹群の死亡過程一, 日林中支講33: 169-170, 1985
- 5) KREBS, C. J.: Ecology The experimental analysis of distribution and abundance, sec. 184pp. Harper and Row, Publishers New York, 1978
- 6) 宮森武夫：米野々演習林モミ・ツガ天然生林における埋土種子の発芽過程, 愛大農卒論, 1986
- 7) 中尾登志雄：九州におけるモミ・ツガ林の生態学的研究, 宮崎大学農演報11: 1-162, 1985
- 8) 二宮生夫・富田英司・辻田昭夫・荻野和彦：モミ・ツガ天然生二次林の種組成の多様性と林分構造, 愛媛大学農演報23: 59-76, 1985
- 9) 鈴木英治：ツガ天然林の更新, 鹿児島大理科報告31: 65-128, 1982
- 10) TAMAI, S., SAKAI, T., MATSUSHITA, Y.: Studies on tree dynamics in a mixed forest of *Cryptomeria japonica* and broad leaved trees (I) with special reference to current seedlings of *Cryptomeria japonica* D. Don. Jap. J. Ecol., 35: 433-441, 1985
- 11) 辻田昭夫・猪股重雄・荻野和彦：モミ・ツガ天然生林における森林土壌の物理性と微地形との関係, 愛媛大学農演報23: 77-90, 1985
- 12) WATERS, W. E.: Paper presented at AAAS meeting, Washington, D.C. (伊藤秀三：群落の組成と構造, 146pp, 朝倉書店, 東京, 1977)
- 13) 汰木達郎・荒上和利：モミ, ツガの天然更新に関する研究(I), 九州大学農演報44: 77-123, 1973

(1986年7月31日受理)